

**PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING*  
PADA PRAKTIKUM TERMOKIMIA BERORIENTASI *GREEN*  
*CHEMISTRY* TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS  
PESERTA DIDIK**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh  
Gelar Sarjana Pendidikan dalam Ilmu Pendidikan Kimia



Oleh: **RAMONA WAHYU NINGRUM**

NIM. 2108076092

**PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2025**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramona Wahyu Ningrum

NIM : 2108076092

Program Studi : Pendidikan Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**Pengaruh Model *Problem Based Learning* pada Praktikum  
Termokimia Berorientasi *Green Chemistry* terhadap  
Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik.**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,  
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 13 Maret 2025



Ramona Wahyu Ningrum

2108076092

# PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang  
Telp.024-7601295 Fax.7615387

## PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Pengaruh Model *Problem Based Learning* pada  
Praktikum Termokimia Berorientasi *Green  
Chemistry* terhadap Keterampilan Berpikir  
Kritis Peserta Didik

Nama : **Ramona Wahyu Ningrum**

NIM : 2108076092

Jurusan : Pendidikan Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqosah oleh Dewan Penguji  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang dan  
dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
sarjana dalam Ilmu Pendidikan Kimia.

Semarang, 30 April 2025

### DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

**Dr. Sri Mulyanti, M.Pd**  
NIP.198702102019032012

Penguji I

**Dr. R. Arizal Firmansyah, S.Pd, M.Si**  
NIP. 197908192009121003

Pembimbing I

**Dr. Sri Mulyanti, M.Pd**  
NIP.198702102019032012

Sekretaris Sidang

**Fachri Hakim, M.Pd.**  
NIP. 199108032023211021

Penguji II

**Wiyik Kartika Sari, M.Pd.**  
NIP. 199302132019032020

Pembimbing II

**Fachri Hakim, M.Pd.**  
NIP. 199108032023211021



## NOTA DINAS

Semarang, 13 Maret 2025

Kepada

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

*Assalamualaikum wr.wb.*

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

Judul : Pengaruh model *Problem Based Learning* pada Praktikum Termokimia Berorientasi *Green Chemistry* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Nama : Ramona Wahyu Ningrum

NIM : 2108076092

Jurusan : Pendidikan Kimia

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

*Wassalamu'alaikum wr.wb.*

Pembimbing I



Dr. Sri Mulyanti, M.Pd

NIP. 198702102019032012

## NOTA DINAS

Semarang, 13 Maret 2025

Kepada

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

*Assalamualaikum wr.wb.*

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

Judul : Pengaruh model *Problem Based Learning* pada Praktikum Termokimia Berorientasi *Green Chemistry* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Nama : Ramona Wahyu Ningrum

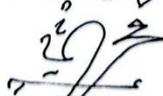
NIM : 2108076092

Jurusan : Pendidikan Kimia

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

*Wassalamu'alaikum wr.wb.*

Pembimbing II



Fachri Hakim, M.Pd

NIP. 199108032023211021

## ABSTRAK

Judul : Pengaruh Model *Problem Based Learning* pada  
Praktikum Termokimia Berorientasi *Green  
Chemistry* terhadap Keterampilan Berpikir  
Kritis Peserta Didik

Penulis : Ramona Wahyu Ningrum

NIM : 2108076092

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Metode yang digunakan adalah *quasi experiment* dengan desain *nonequivalent control group design*. Sampel dipilih melalui *cluster random sampling*, yaitu kelas XI-4 (eksperimen) dan XI-5 (kontrol). Teknik pengumpulan data menggunakan observasi, wawancara, angket, dan tes. Sebelum perlakuan, kedua kelas berdistribusi normal dan homogen. Setelah perlakuan, didapatkan rata-rata hasil keterampilan berpikir kritis pada kelas eksperimen adalah 83,05 lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol dengan rata-rata 63,39. Analisis uji-t menunjukkan signifikansi sebesar 0,000 yang menunjukkan bahwa model PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* memiliki pengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hasil uji *effect size* menunjukkan nilai sebesar 1,465 dan presentase 91,90% yang artinya model PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* memiliki signifikansi yang tinggi. Penerapan model PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* memiliki pengaruh dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

**Kata Kunci** : *Problem Based Learning*, Praktikum, *Green Chemistry*, Termokimia, Berpikir Kritis

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb*

*Alhamdulillahirabbil'alamin.* Segala puji bagi Allah SWT, atas rahmat, hidayah, taufik, dan inayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang selalu diharapkan syafaatnya di hari akhir nanti. Skripsi dengan judul "Pengaruh Model *Problem Based Learning* pada Praktikum Termokimia Berorientasi *Green Chemistry* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik" disusun guna memenuhi tugas dan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Pendidikan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan nasihat, bimbingan, arahan, serta dukungan dan do'a. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Nizar Ali, M.Ag., Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Bapak Prof. Dr. H. Musahadi, M.Pd, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam negeri Walisongo Semarang.
3. Ibu Wirda Udaibah, M.Si., Ketua Program studi Pendidikan Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

4. Ibu Dr. Sri Mulyanti, M.Pd., selaku dosen pembimbing I, yang dengan sabar memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Fachri Hakim, M.Pd., selaku dosen pembimbing II, yang dengan sabar memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
6. Ibu Resi Pratiwi, M.Pd., selaku dosen wali yang senantiasa memberikan arahan selama studi.
7. Ibu Julia Mardhiya, M.Pd., Bapak Dr. Suwahono, M.Pd., Bapak Subuh Jaelani, M.Pd., selaku validator ahli soal instrumen yang bersedia memberi masukan, kritik dan saran.
8. Segenap dosen, civitas akademik serta pegawai di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memebrikan ilmu pengetahuan kepada peneliti selama perkuliahan.
9. Kedua orang tua, Bapak Maryanta dan Ibu Yuliana yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat dan kasih sayang kepada penulis sehingga menyelesaikan studi dengan baik dan lancar.
10. Bapak Supriyadi, S.Pd., selaku Waka Kurikulum SMAN 10 Semarang, atas izin penelitian yang telah diberikan.

11. Ibu Shinta Karniawati, S.Pd., selaku guru kimia SMAN 10 Semarang yang telah memberikan arahan serta bimbingan pada saat penelitian.
12. Peserta didik kelas XI-4 dan XI-5 SMAN 10 Semarang Tahun Ajaran 2025/2026 yang telah membantu dalam melakukan penelitian.
13. Teman tersayang Haniyah Adira, Amanda Salsa, Shibyani Afwa, Dian Puspita, imama, Finu, Auliya, dan Rista yang telah menjadi pendengar keluh kesah serta memberikan semangat kepada peneliti.
14. Teman-teman kelas PK-C pendidikan kimia angkatan 2021, yang memberikan warna, pembelajaran dan pengalaman tak terlupakan.
15. Teman-teman KKN Reguler Posko 10 Angkatan 83, atas semangat dan kebersamaan yang selalu diberikan.
16. Teman PLP di SMAN 10 Semarang, atas dukungan selama proses penelitian.
17. Terimakasih kepada diri sendiri yang telah berjuang dan tidak berhenti berusaha dalam menyusun skripsi ini.
18. Semua pihak yang telah membantu baik secara moral maupun material, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna sehingga penulis mengharap kritik dan saran yang membangun bagi semua pihak untuk menyempurnakan pada

karya penulisan berikutnya. Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya. *Aamiin Yaa Rabbal'Alamin.*

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Semarang, 13 Maret 2025

Penulis

Ramona Wahyu Ningrum

NIM. 2108076092

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>NOTA DINAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	12
C. Pembatasan Masalah .....	13
D. Rumusan Masalah .....	14
E. Tujuan Penelitian .....	14
F. Manfaat Penelitian .....	14
<b>BAB II LANDASAN PUSTAKA.....</b>	<b>16</b>
A. Kajian Teori .....	16
1. Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) .....	16
2. Praktikum Berorientasi Green Chemistry .....	25
3. Keterampilan Berpikir Kritis.....	30
4. Materi Termokimia.....	33
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	41
C. Kerangka Berpikir .....	41
D. Hipotesis Penelitian.....	48
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>50</b>
A. Jenis Penelitian .....	50
B. Tempat dan Waktu Penelitian .....	51

C. Populasi dan Sampel Penelitian .....	51
D. Definisi Operasional Variabel .....	53
E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data .....	53
F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen.....	57
G. Teknik Analisis Data .....	62
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>59</b>
A. Deskripsi Hasil Penelitian .....	59
B. Hasil Uji Hipotesis .....	76
C. Pembahasan.....	78
D. Keterbatasan Penelitian .....	104
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>106</b>
A. Simpulan .....	106
B. Implikasi .....	106
C. Saran .....	106
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>115</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>118</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Energi Ikatan	40
Tabel 3.1	Indikator Berpikir Kritis	56
Tabel 3.2	Kriteria Interpretasi Skor Interval	58
Tabel 3.3	Interpretasi Nilai $r$	59
Tabel 3.4	Interpretasi Nilai Reliabilitas	60
Tabel 3.5	Indeks Kesukaran Soal	61
Tabel 3.6	Indeks Daya Pembeda Soal	62
Tabel 3.7	Kategori Effect Size	65
Tabel 4.1	Uji Validitas Isi Menggunakan Aiken's $V$	69
Tabel 4.2	Hasil Validitas Butir Soal	70
Tabel 4.3	Hasil Reliabilitas Soal	71
Tabel 4.4	Hasil Tingkat Kesukaran Soal	72
Tabel 4.5	Hasil Analisis Uji Daya Beda	73
Tabel 4.6	Hasil Analisis Uji Normalitas Populasi	75
Tabel 4.7	Hasil Uji Normalitas <i>Pretest</i>	82
Tabel 4.8	Hasil Normalitas <i>Posttest</i>	83
Tabel 4.9	Hasil Homogenitas <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	83
Tabel 4.10	Hasil Uji Independent Sample T-Test	85
Tabel 4.11	Hasil Uji <i>Effect Size</i>	86

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1	Kerangka Berpikir	48
Gambar 3.1	<i>Nonequivalent Control Group Design</i>	51
Gambar 4.1	Rekapitulasi Rata-Rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	81
Gambar 4.2	Persentase KKM Kelas Eksperimen Dan Kontrol	92
Gambar 4.3	Persentase Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Tiap Indikator Soal	104
Gambar 4.4	Jawaban Terbaik pada Indikator Memberikan Masalah	106
Gambar 4.5	Jawaban Terbaik pada Indikator Kesimpulan	108

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1	Surat Penunjukkan Pembimbing	125
Lampiran 2	Surat Permohonan <i>Riset</i>	126
Lampiran 3	Surat Penunjukkan Validator	128
Lampiran 4	Surat Keterangan <i>Riset</i>	129
Lampiran 5	Hasil Wawancara oleh Guru Kimia	130
Lampiran 6	Kisi-Kisi Lembar Angket Kebutuhan Peserta Didik	132
Lampiran 7	Hasil Angket Kebutuhan Peserta Didik	133
Lampiran 8	Observasi Soal Ulangan harian Termokimia Tahun Ajaran 2023/2024	135
Lampiran 9	Data <i>Pra Riset</i> Nilai Ulangan Harian Materi Termokimia	137
Lampiran 10	Modul Ajar Kelas Eksperimen	139
Lampiran 11	Modul Ajar Kelas Kontrol	166
Lampiran 12	LKPD Eksperimen	185
Lampiran 13	Hasil Pengerjaan Lembar Kerja Peserta Didik	190
Lampiran 14	Petunjuk Praktikum	193
Lampiran 15	Hasil Pengerjaan Petunjuk Praktikum Peserta Didik	203
Lampiran 16	Kisi-Kisi Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	209
Lampiran 17	Soal Tes Keterampilan Berpikir Kritis	218
Lampiran 18	Kunci Jawaban Soal Tes Keterampilan Berpikir Kritis	224
Lampiran 19	Pedoman Penskoran Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	229
Lampiran 20	Lembar Validasi Instrumen	231
Lampiran 21	Hasil Validasi Isi Instrumen Soal Berpikir Kritis	246
Lampiran 22	Hasil Uji Validitas Butir Soal	248
Lampiran 23	Hasil Uji <i>Reliabilitas</i> Soal	249
Lampiran 24	Hasil Tingkat Kesukaran Butir Soal	250
Lampiran 25	Hasil Daya Beda Soal	251
Lampiran 26	Data Populasi Peserta Didik	252

Lampiran 27	Data Kelas Eksperimen	253
Lampiran 28	Data Kelas Kontrol	254
Lampiran 29	Hasil Normalitas Dan Homogenitas Populasi	255
Lampiran 30	Hasil Uji Normalitas <i>Pretest</i> Dan <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen Dan Kontrol	256
Lampiran 31	Hasil Uji Homogenitas <i>Pretest Posttest</i> Kelas Eksperimen Dan Kontrol	257
Lampiran 32	Hasil Uji Hipotesis ( <i>Independent Sample T-Test</i> )	258
Lampiran 33	Hasil Uji <i>Effect Size</i>	259
Lampiran 34	Dokumentasi Penelitian	260

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kimia adalah suatu ilmu pengetahuan alam yang mempelajari terkait fenomena yang ada di alam. Kimia juga mempelajari tentang struktur materi, sifat-sifat materi, perubahan suatu zat/materi, serta energi yang menyertai perubahan materi (Suswati, 2021). Tak sedikit yang beranggapan bahwa kimia merupakan ilmu yang menarik dan juga menantang untuk dipelajari. Hal ini dikarenakan di dalam kimia menjelaskan berbagai konsep, aturan, hukum, dan prinsip yang ada (Koeper et al., 2020).

Salah satu topik kimia yang diajarkan ditingkat SMA adalah termokimia. Termokimia merupakan salah satu materi kimia yang membahas keterkaitan antara energi panas dengan reaksi kimia atau proses-proses yang berhubungan dengan reaksi kimia (Retno et al., 2018). Peserta didik dituntut untuk memiliki pemahaman kontekstual dan algoritmik dalam mempelajari materi termokimia, karena topik ini melibatkan penalaran abstrak dan pemahaman yang kompleks selama proses pembelajaran (Retno et al., 2018). Pemahaman algoritmik berkaitan dengan tata cara menghitung atau

menyelesaikan suatu masalah. Menurut Suyatman & Taher (2020), karakteristik materi termokimia yaitu mencakup konsep-konsep perhitungan dan memerlukan pembelajaran yang bermakna, bertujuan untuk melatih peserta didik agar mampu berpikir kritis dan logis.

Menurut penelitian Battino & Letcher (2022) menyatakan bahwa termokimia sulit karena materi termokimia mempelajari energi yang menyertai perubahan reaksi kimia yang tidak bisa dibayangkan secara konkrit. Penelitian Chaira & Hardeli (2023) juga mengungkapkan bahwa 70% peserta didik menganggap materi termokimia sebagai topik yang sulit untuk dipahami. Hasil penelitian Retno et al., (2018) turut memperkuat bahwa termokimia bukanlah topik yang mudah bagi peserta didik sehingga konsepnya perlu diintegrasikan dengan contoh konkret dari aktivitas sehari-hari.

Hasil analisis angket pra-penelitian yang diisi oleh 45 peserta didik kelas XI IPA di SMAN 10 Semarang menunjukkan bahwa 76% diantaranya menganggap materi termokimia sebagai topik yang sulit untuk dipahami. Sebagian dari peserta didik mengemukakan alasan materi termokimia sulit karena terdapat banyak perhitungan serta perubahan reaksi kimia. Berdasarkan hasil

wawancara dengan guru kimia, diperoleh informasi bahwa peserta didik menghadapi kesulitan dalam memahami materi kimia terutama dalam menentukan perubahan entalpi reaksi, yang merupakan salah satu konsep penting untuk memahami hubungan antara energi dan reaksi kimia.

Selain dianggap sebagai materi yang sulit oleh peserta didik, model pembelajaran yang diterapkan guru dalam pembelajaran kimia juga belum mendorong partisipasi aktif peserta didik selama proses belajar. Penelitian Antara (2022) mengindikasikan bahwa salah satu masalah yang sering muncul dalam pembelajaran kimia adalah cara mengajar guru masih menggunakan metode konvensional. Temuan ini sejalan dengan Subandi et al., (2017) yang menyatakan bahwa guru belum menerapkan model pembelajaran yang tepat untuk membantu pemahaman peserta didik terhadap materi.

Berdasarkan hasil analisis angket pra-penelitian, sebanyak 72% peserta didik menyatakan bahwa model pembelajaran yang sering digunakan oleh guru adalah *Teacher Center Learning* (TCL). Selain itu berdasarkan wawancara dengan guru kimia mengatakan bahwa model yang sering digunakan selama proses pembelajaran kimia cenderung berpusat pada guru. Model pembelajaran TCL

yang diterapkan dalam pembelajaran, menjadikan peserta didik kurang terlibat aktif selama proses pembelajaran berlangsung. Kurangnya partisipasi aktif dalam proses pembelajaran membuat peserta didik bosan karena aktivitas peserta didik hanya terbatas pada mendengarkan penjelasan guru dan mencatat. Rasa bosan yang ditimbulkan dapat menghambat proses pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam menyelesaikan masalah, sebab peserta didik hanya menerima materi tanpa diajak untuk terlibat secara aktif selama pembelajaran. Keterampilan berpikir kritis sendiri merupakan kemampuan yang harus dibangun dan dilatih secara aktif melalui keterlibatan langsung peserta didik dalam proses pembelajaran (Berata, 2022).

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia, diketahui bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik di SMAN 10 Semarang masih tergolong rendah. Guru menyampaikan bahwa peserta didik sering mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal-soal yang memerlukan pemikiran tingkat tinggi, seperti menganalisis reaksi, menghubungkan konsep entalpi dengan kehidupan sehari-hari, serta menyusun langkah penyelesaian soal termokimia secara logis. Kondisi ini terlihat dari hasil

ulangan harian peserta didik pada materi termokimia semester genap tahun ajaran 2024.

Berdasarkan informasi dari guru, meskipun dalam ulangan tersebut telah disisipkan beberapa soal yang mengarah pada keterampilan berpikir kritis seperti menganalisis data perubahan entalpi dan mengevaluasi jenis reaksi namun hasil yang diperoleh masih belum memenuhi nilai ketuntasan. Rata-rata nilai ulangan harian pada materi termokimia untuk kelas XI-1 sebesar 65,8, XI-2 sebesar 67, XI-3 sebesar 73 dan XI-4 sebesar 68,78. Seluruh nilai tersebut masih berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan sekolah yaitu 75. Rendahnya hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik belum terbiasa menghadapi soal-soal yang menuntut pemikiran tingkat tinggi.

Guru juga menyampaikan bahwa sebagian besar soal yang digunakan dalam pembelajaran kimia masih berada pada *low order thinking skills* (C1-C3). Hal ini menyebabkan peserta didik belum terbiasa menghadapi soal-soal yang menuntut pemikiran tingkat tinggi. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis yang rendah dikarenakan ketika pemberian soal yang digunakan guru di sekolah hanya pada tingkatan *low other thinking skills* yaitu C1-C3 sehingga belum

mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis Dwiastuti et al., (2019). Penelitian Humaira et al., (2020) juga menyebutkan bahwa rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik disebabkan oleh kurangnya pembiasaan dalam proses memecahkan masalah, yang tercermin dari nilai ulangan harian peserta didik yang belum mencapai ketuntasan minimal. Hal ini diperkuat oleh Bensley et al., (2016) yang menyatakan bahwa hasil nilai peserta didik yang rendah menunjukkan bahwa hasil tersebut berpengaruh pada keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Model pembelajaran yang sesuai untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis peserta didik yaitu model *problem based learning* (Mahardika et al., 2022). Model *problem based learning* melatih peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam menganalisis masalah, mengemukakan gagasan, mencari informasi yang relevan, membangun hipotesis, merancang langkah pemecahan serta menyusun logika hubungan antar fakta (Suhirman et al., 2021). Hasil penelitian sebelumnya menemukan bahwa penerapan model berbasis masalah dapat meningkatkan prestasi dan rasa ingin tahu peserta didik, serta mendorong berpikir secara sistematis (Ramadhan & Mardin, 2023).

Model *problem based learning* juga dianggap tepat untuk melatih keterampilan berpikir kritis karena melibatkan pemikiran yang tidak hanya mengandalkan penalaran, tetapi juga mengasah keterampilan analitis peserta didik (Suhirman et al., 2021). Selain itu, model ini bersifat *student centered* dan menuntut peserta didik untuk aktif memberikan solusi terhadap suatu permasalahan yang menjadi fokus pembelajaran. Proses pemecahan masalah yang menekankan pada kerja sama dan komunikasi turut melatih peserta didik untuk mengambil keputusan serta mengembangkan keterampilan peserta didik dalam hal menalar (Hartono et al., 2022).

Beberapa keunggulan PBL yang telah disebutkan harus didukung dengan penerapan tahapan PBL dengan baik. Implementasi PBL yang tepat sangat berguna dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Saputra et al., 2019). Fakta di lapangan, hasil wawancara dengan guru kimia, diperoleh informasi bahwa model pembelajaran PBL hanya pernah diterapkan satu kali dan saat ini tidak lagi diterapkan. Hal ini disebabkan oleh kesulitan yang dialami guru dalam menerapkan sintaks model PBL. Berdasarkan informasi yang didapatkan, dalam praktiknya, guru menggabungkan sintaks PBL dengan

pendekatan kooperatif JIGSAW, sehingga pelaksanaannya menjadi kurang optimal.

Kondisi ini diperkuat oleh hasil beberapa penelitian sebelumnya (Suhirman et al., 2021; Saputra et al., 2019; Ramadhan & Mardin, 2023) menggunakan sintaks PBL dan dikolaborasikan dengan pendekatan lain, namun belum mampu menghasilkan pembelajaran yang optimal. Hal tersebut berdampak pada keterampilan berpikir kritis peserta didik yang masih berada pada kategori sedang, yang mengindikasikan bahwa penerapan sintaks model PBL yang dikombinasikan dengan sintaks pendekatan lainnya belum sepenuhnya efektif dalam mendorong peserta didik mencapai level berpikir kritis yang lebih tinggi.

Oleh karena itu, penelitian ini memperluas kajian tersebut dengan memfokuskan model PBL dengan menggunakan sintaks yang dikembangkan oleh Nurdyansyah & Fahyuni, (2016) secara umum. Sintaks ini digunakan tanpa penambahan variabel lain dalam setiap tahapannya. Tujuannya agar penerapan model PBL lebih terarah dan konsisten dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara spesifik.

Model pembelajaran PBL akan lebih efektif jika dikolaborasikan dengan kegiatan praktikum. Tahapan-tahapan dalam PBL sangat relevan dengan metode

eksperimen (praktikum) (Musdja et al., 2016). Menurut Sandi & Fatisa (2023) kegiatan praktikum diartikan sebagai sarana pembelajaran yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kemampuan kognitif, afektif dan psikomotor. Selain itu, praktikum juga mengajarkan peserta didik untuk bersikap kritis serta terbiasa mencari solusi dari berbagai permasalahan melalui pengalaman langsung (Kartyka, 2023). Pengaruh praktikum dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis juga telah dibuktikan dalam berbagai penelitian. Hakim & Zammi, (2020) menyatakan bahwa praktikum mendorong peserta didik untuk melakukan penelitian secara cermat, sehingga mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan memecahkan masalah dalam mempelajari serta mengevaluasi hasil eksperimen. Sementara itu Hamidy & Nuraini, (2023) menegaskan bahwa kegiatan praktikum terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, yang dapat terlihat pada hasil nilai posstest pada kelas eksperimen memiliki presentase 77,8% sedangkan kelas kontrol hanya mencapai 58%.

Meskipun kegiatan praktikum sangat penting, namun pada kenyataannya pembelajaran di sekolah sangat jarang menerapkan model PBL dengan menggunakan metode praktikum. Berdasarkan hasil angket pra penelitian

sebanyak 100% peserta didik menyatakan bahwa selama proses pembelajaran kimia, guru belum pernah mengkaitkan pembelajaran kimia khususnya materi termokimia dengan kegiatan praktikum. Selain itu berdasarkan wawancara terhadap guru kimia menyatakan bahwa minimnya peralatan dan bahan kimia yang disediakan oleh SMAN 10 Semarang merupakan faktor utama penghambat terjadinya proses praktikum.

Selain keterbatasan sarana dan prasarana, kondisi lingkungan sekolah juga menjadi pertimbangan dalam pelaksanaan kegiatan pembelajaran berbasis praktikum. Berdasarkan hasil observasi, SMAN 10 Semarang terletak di daerah dengan kondisi geografis rendah dan dekat dengan aliran sungai, sehingga rentan terhadap banjir yang sering terjadi. Selain itu, wilayah ini juga dikelilingi oleh berbagai pabrik yang menghasilkan limbah kimia. Situasi ini tidak hanya mengancam kesehatan dan keselamatan peserta didik, tetapi juga dapat mengganggu proses belajar mengajar.

Melihat tantangan tersebut, diperlukan strategi pembelajaran yang tidak hanya menyesuaikan dengan keterbatasan sumber daya, tetapi juga mampu menumbuhkan kesadaran lingkungan peserta didik. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah memberikan

edukasi mengenai dampak banjir dan limbah industri melalui pembelajaran berbasis *green chemistry*. Pendekatan *green chemistry* merupakan sebuah bentuk pendekatan yang berwawasan global dan ramah lingkungan serta tidak banyak menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan (Perosa et al., 2019). Melalui pendekatan ini diharapkan peserta didik dapat berperan aktif dalam menjaga lingkungan dan menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry* pada kehidupan sehari-hari. Langkah ini tidak hanya bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan di sekitar SMAN 10 Semarang, tetapi juga sebagai kontribusi nyata dalam upaya penyelamatan lingkungan di tingkat global.

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, dapat ditarik kesimpulan bahwa dibutuhkan praktikum berorientasi *green chemistry*. Prinsip *green chemistry* dapat diterapkan dalam pembelajaran kimia khususnya pada kegiatan praktikum yang dilakukan peserta didik. Praktikum berorientasi *green chemistry* dapat dilakukan dengan menggunakan bahan dan peralatan yang sederhana, karena pada dasarnya *green chemistry* merupakan suatu proses untuk mengurangi dan meminimalisir penggunaan dan penghasil zat-zat berbahaya (Mulyanti & Kadarohman, 2021).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka diperlukan suatu model pembelajaran yang sesuai, diharapkan peserta didik akan lebih aktif dan dapat mengumpulkan informasi dengan stimulus pertanyaan efektif sehingga dapat mewujudkan keterampilan berpikir kritis. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi yaitu dengan menerapkan model pembelajaran *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry*. Penelitian ini berjudul “**Pengaruh Model *Problem Based Learning* pada Praktikum Termokimia Berorientasi *Green Chemistry* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik**”.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan penjelasan latar belakang, terdapat beberapa masalah terkait penelitian ini, diantaranya yaitu:

1. Termokimia merupakan materi kimia yang dianggap sulit oleh peserta didik karena memuat konsep yang abstrak dan banyak berisi perhitungan.
2. Karakteristik materi termokimia yang memuat konsep abstrak menuntut peserta didik untuk berpikir kritis.
3. Model pembelajaran yang berpusat pada guru dan belum melibatkan keaktifan peserta didik dalam

belajar menjadikan keterampilan berpikir kritis peserta didik kurang berkembang.

4. Penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran kimia di SMAN 10 Semarang hanya pernah dilakukan satu kali karena guru mengalami kesulitan dalam pelaksanaannya, sehingga peserta didik memiliki keterbatasan kesempatan untuk terlibat dalam proses pembelajaran yang aktif.
5. Materi pembelajaran kimia yang diterapkan di SMAN 10 Semarang belum terintegrasi dengan kegiatan praktikum berorientasi pada *green chemistry*, sehingga peserta didik memiliki keterbatasan dalam memperoleh pengalaman langsung untuk memahami konsep kimia secara kontekstual dan ramah lingkungan.

### **C. Pembatasan Penelitian**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka diperlukan adanya batasan masalah penelitian agar permasalahan yang akan diteliti tidak terlampaui jauh dan keluar topik pembahasan, batasan masalah tersebut yakni sebagai berikut:

1. Penelitian ini fokus pada penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran kimia di SMAN 10 Semarang.

2. Materi yang digunakan adalah materi termokimia sehingga tidak akan melebar pada materi lainnya.
3. Penelitian ini hanya berfokus pada pengukuran keterampilan berpikir kritis peserta didik.
4. Praktikum yang diterapkan adalah praktikum termometer sederhana yang dirancang untuk menentukan reaksi eksoterm dan endoterm, serta praktikum kalorimetri dirancang untuk mengukur perubahan entalpi ( $\Delta H$ ).

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pembatasan masalah, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu “Bagaimana pengaruh model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik?”.

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

Berdasarkan pembatasan masalah, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik.

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

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain:

## 1. Manfaat Teoretis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pikiran atau ide untuk menganalisis keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam mempelajari konsep-konsep kimia pada materi termokimia.

## 2. Manfaat Praktis

- a. Sekolah, penelitian ini dapat menyediakan alternatif metode pembelajaran yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan.
- b. Guru, penelitian ini menjadi panduan dalam menerapkan model PBL sesuai dengan kebutuhan peserta didik.
- c. Peserta didik, penelitian ini memberikan pengalaman belajar yang baru melalui model pembelajaran yang inovatif dan disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik, yang membuat pemahaman materi menjadi lebih baik.
- d. Peneliti lain, penelitian ini bisa dijadikan rujukan atau landasan eksperimen lanjutan dengan tujuan mengembangkan pembelajaran yang lebih baik di masa mendatang.

## **BAB II**

### **LANDASAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teori**

##### **1. Model Pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL)**

*Problem Based Learning* dapat diartikan sebagai model pembelajaran yang dapat merangsang peserta didik untuk berpikir menyelesaikan permasalahan kontekstual (Sulastry et al., 2023). Pembelajaran dengan menggunakan model PBL menekankan peserta didik ke dalam permasalahan nyata (autentik) yang tidak terstruktur dan bersifat terbuka, sebagai konteks bagi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan menyelesaikan masalah dan berpikir kritis sekaligus membangun pengetahuan baru (Faqiroh, 2020). Menurut Nurdyansyah & Fahyuni (2016), model PBL merupakan suatu inovasi dalam pembelajaran yang bertujuan untuk mengoptimalkan kemampuan berpikir peserta didik. Model ini mendorong peserta didik untuk bekerja secara sistematis dalam kelompok atau tim, sehingga peserta didik dapat mengasah, menguji dan mengembangkan kemampuan berpikir secara berkelanjutan.

Model pembelajaran PBL memiliki karakteristik sebagai berikut (Nurdyansyah & Fahyuni 2016):

- a. Pengajuan pertanyaan atau masalah yang keduanya secara sosial penting dan secara pribadi memiliki makna bagi peserta didik. Kriteria pada pertanyaan dan masalah yang diajukan harus terpenuhi, yaitu asli, mudah dipahami, jelas, luas dan relevan dengan tujuan pembelajaran, serta bermanfaat.
- b. Berfokus pada keterkaitan antar disiplin, permasalahan yang akan diselidiki harus kontekstual agar dalam pencarian solusinya peserta didik meninjau permasalahan tersebut dari berbagai macam mata pelajaran.
- c. Penyelidikan autentik, yang artinya pengajaran didasari oleh permasalahan menuntut peserta didik melakukan penyelidikan autentik untuk mencari solusi nyata terhadap permasalahan nyata.
- d. Menghasilkan dan memamerkan produk/karya yang menjelaskan atau mewakili bentuk penyelesaian masalah.
- e. Kolaborasi

Menurut penelitian Ram, (1999) sintaks PBL dapat dikatakan ideal jika memenuhi beberapa tahapan berikut:

a. Pendahuluan

Pada tahap awal, peserta didik diberikan suatu pernyataan masalah yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Masalah ini dirancang agar peserta didik dapat mengambil peran yang jelas dan terdefinisi dengan baik, sehingga peserta didik terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran.

b. Penyelidikan

Tahap selanjutnya adalah penyelidikan, di mana guru berperan sebagai fasilitator yang memandu peserta didik dalam mengumpulkan data dan informasi yang berkaitan dengan permasalahan yang diberikan. Peserta didik juga diarahkan untuk mencari informasi tambahan melalui materi yang tersedia serta mengidentifikasi topik-topik yang perlu ditelusuri lebih lanjut.

c. Menuliskan hipotesis

Informasi yang diperoleh dari hasil diskusi kemudian diklasifikasikan ke dalam empat kategori, yaitu fakta, hipotesis, masalah pembelajaran, dan rencana aksi. Setelah itu, peserta didik diminta untuk berkomitmen pada salah satu hipotesis yang dianggap paling relevan untuk memecahkan masalah yang dihadapi.

d. Meninjau kembali hipotesis

Setelah memilih hipotesis, peserta didik melanjutkan proses pencarian informasi dari berbagai sumber, baik secara mandiri maupun berkelompok, dengan dibantu oleh panduan yang telah disediakan. Informasi baru yang ditemukan kemudian digunakan untuk meninjau kembali dan mengevaluasi hipotesis yang telah ditetapkan sebelumnya.

e. Evaluasi diri

Tahap terakhir adalah evaluasi diri. Pada tahap ini, peserta didik diminta untuk merefleksikan dan mengevaluasi keterlibatan mereka dalam proses pemecahan masalah, sejauh mana mereka belajar secara mandiri, serta peran dan kontribusi mereka dalam kelompok.

Peneliti menggunakan sintaks PBL menurut Nurdyansyah & Fahyuni (2016) menjelaskan sintaks model pembelajaran *Problem Based Learning* sebagai berikut:

a. Tahap 1: Orientasi peserta didik pada masalah

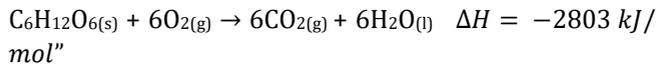
Guru dengan jelas menyatakan tujuan pembelajaran secara rinci dan jelas, kemudian memotivasi, dan menjelaskan apa yang harus dicapai

peserta didik. Guru memberi gambaran kepada peserta didik mengenai proses dan langkah-langkah pembelajaran secara terperinci yang meliputi tujuan utama dari pembelajaran, masalah atau pertanyaan yang diselidiki, serta guru bertindak sebagai pembimbing yang memberikan bantuan, sedangkan peserta didik berusaha untuk bekerja mandiri atau berkelompok.

Pada tahap orientasi peserta didik terhadap masalah, peneliti memodifikasi sintaks *problem based learning* dengan menghadirkan permasalahan yang tidak secara langsung berkaitan dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Modifikasi ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana peserta didik mampu berpikir kritis terhadap isu-isu global yang kompleks, serta untuk melatih keterampilan mengaitkan konsep kimia dengan fenomena yang terjadi di luar lingkungan terdekat mereka. Pada pertemuan ketiga, orientasi masalah yang digunakan yaitu bacaan berupa permasalahan polusi hutan unkap penebangan liar.

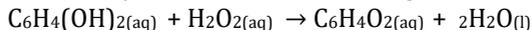
“Miris sekali di Indonesia masih banyak terjadi penebangan hutan secara liar dan ilegal terutama di beberapa hutan kawasan yang dilindungi pemerintah. Hutan dianggap sebagai paru-paru dunia, karena mampu menghasilkan oksigen yang digunakan pada reaksi

pernafasan manusia dan beberapa makhluk hidup lain. Reaksi pernafasan membutuhkan oksigen untuk membakar glukosa dengan melepas energi agar manusia bisa hidup bergerak dan bertenaga. Persamaan reaksi termokimia dari proses pernafasan dalam keadaan standar, dapat ditulis seperti ini:

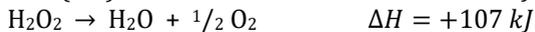
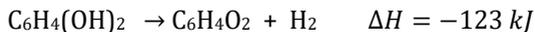


Sedangkan pada pertemuan keempat, orientasi masalah yang digunakan yaitu bacaan berupa permasalahan cairan kumbang pengeboman.

"Kumbang memiliki dua kelenjar pada bagian pygidium untuk menyimpan dan memisahkan hydrogen peroksida dari hodrokuinon. Abdomen kumbang ini dirancang sangat baik sehingga dua bahan kimia berbahaya tersebut tidak tercampur. Sehingga tidak membuat kumbang tersebut meledak. Hanya saat terancam, kumbang pengebom menyempatkan kedua bahan kimia tersebut secara bersamaan, sehingga reaksinya memunculkan suara nyaring seperti ledakan kecil. Kedua cairan yang bercampur ini sangat panas hingga bisa mencapai 100°C. Kedua senyawa bisa dituliskan dengan reaksi berikut:



Untuk menghitung seberapa besar panas yang diekluarkan oleh kumbang pengebom ini, bisa gunakan dasar hukum Hess, dengan menggabungkan data reaksi termokimia dibawah ini:



Jika kita punya data energi ikatan dan data entalpi pembentukan, kita juga bisa menghitung berapa kalor yang dihasilkan dari reaksi antara hidrokuiinon dan hydrogen peroksida. Coba anda diskusikan dengan teman kelompok berapa besarnya panas dari campuran zat yang diekluarkan kumbang pengebom."

Pada pertemuan ketiga, orientasi masalah yang disajikan berbentuk bacaan mengenai permasalahan lingkungan, yakni polusi udara akibat penebangan hutan secara liar. Permasalahan ini dipilih karena relevansinya dengan konsep respirasi sel, yang merupakan salah satu penerapan reaksi termokimia dalam kehidupan makhluk hidup. Dalam bacaan tersebut dijelaskan bahwa hutan, yang berperan sebagai paru-paru dunia, mampu menghasilkan oksigen yang dibutuhkan dalam proses respirasi. Reaksi respirasi tersebut kemudian dikaitkan dengan reaksi termokimia, sehingga peserta didik didorong untuk memahami keterkaitan antara kerusakan lingkungan dan proses kimia yang mendasarinya.

Sedangkan pada pertemuan keempat, peserta didik diberikan orientasi masalah berupa bacaan tentang mekanisme pertahanan diri kumbang pengebom. Bacaan ini menjelaskan bagaimana kumbang menghasilkan ledakan panas melalui reaksi antara hidrokuinon dan hidrogen peroksida. Masalah ini tidak hanya menarik secara kontekstual, tetapi juga memuat muatan kimia yang relevan, seperti penerapan hukum Hess. Melalui topik ini, peserta didik diajak untuk menganalisis dan menghitung besar energi panas yang dihasilkan berdasarkan data reaksi termokimia yang disediakan.

- b. Tahap 2: Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar

Pembelajaran PBL membutuhkan pengembangan keterampilan peserta didik dalam merencanakan, penyelidikan, dan tugas-tugas laporan yang meliputi diskusi dan perencanaan kooperatif.

- c. Tahap 3: Membimbing penyelidikan individual/kelompok

Guru membimbing proses penyelidikan yang dapat dilakukan secara individual maupun kelompok, teknik penyelidikannya meliputi pengumpulan data dan eksperimen serta membuat hipotesis, menjelaskan, dan mengusulkan solusi.

- d. Tahap 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya

Guru menugaskan beberapa kelompok untuk menyampaikan solusi dari permasalahan dan membantu peserta didik yang mengalami kesulitan. Aktivitas ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pemahaman dan penguasaan peserta didik terhadap permasalahan yang berkaitan dengan materi yang telah dipelajari.

- e. Tahap 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

Guru membantu peserta didik dalam menganalisis dan mengevaluasi proses berpikir. Guru menginstruksikan peserta didik untuk merekonstruksi pemikiran dan aktifitas peserta didik selama tahap pembelajaran yang telah dilewatinya.

Setiap model memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan model PBL menurut (Rerung et al., 2017) antara lain:

- a. Peserta didik dilatih untuk memiliki kemampuan memecahkan masalah dalam keadaan nyata
- b. Mengembangkan potensi yang dimiliki peserta didik
- c. Terjadi aktivitas ilmiah pada peserta didik melalui kerja kelompok
- d. Kesulitan belajar peserta didik secara individual dapat diatasi melalui kerja kelompok
- e. Membangun kerangka kerja pengetahuan yang konseptual

Sedangkan kekurangan model PBL menurut (Rerung et al., 2017) antara lain:

- a. Guru yang kurang menguasai model PBL dalam pembelajaran dapat menimbulkan kesalahpahaman

- b. Tidak semua materi pembelajaran cocok diterapkan menggunakan model PBL
- c. Kreatifitas siswa yang terbatas

## 2. **Praktikum Berorientasi *Green Chemistry***

Kimia tidak dapat dilepaskan dari kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum merupakan kegiatan yang mendukung proses pembelajaran untuk menemukan atau membuktikan prinsip yang dikembangkan. Metode praktikum dapat digunakan untuk membantu peserta didik dalam memahami materi kimia yang telah diajarkan (Yunitamara et al., 2023). Melalui praktikum peserta didik dapat menemukan konsep yang mulanya abstrak menjadi lebih spesifik dan lebih mudah dipelajari (Mulyanti & Chamidah, 2021). Kegiatan praktikum tidak hanya membuktikan atau membandingkan teori dan reaksi yang telah disajikan dalam materi saja (Yuniar et al., 2019). Praktikum juga mengutamakan kegiatan berpikir kritis yang ditandai dengan timbulnya beberapa pertanyaan yang berkaitan dengan materi yang dipelajari (Redhana & Merta, 2017). Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa praktikum merupakan kegiatan penunjang proses belajar yang dapat memperjelas teori dan dapat meningkatkan proses berpikir kritis peserta didik.

Berdasarkan Redhana & Merta (2017) dalam pelaksanaan kegiatan praktikum peserta didik belum memperhatikan prosedur kegiatan praktikum yang benar. Hal ini terlihat dari penggunaan bahan-bahan berbahaya, pembuangan limbah yang tidak benar, pemilihan jenis bahan yang kurang tepat serta tidak adanya sistem pengolahan limbah secara khusus. Akibatnya, limbah kimia yang dihasilkan terbuang percuma dan berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Berdasarkan permasalahan diatas dapat dicegah dengan menerapkan prinsip *green chemistry*.

Prinsip *green chemistry* merupakan sebuah konsep untuk menghasilkan produk yang dapat mengurangi penggunaan bahan berbahaya dan mengurangi pencemaran lingkungan. *Green chemistry* adalah suatu konsep teknologi kimia inovatif yang mengurangi penggunaan maupun produksi bahan kimia berbahaya, pembuatan dan penggunaan produk kimia (Anastes & Warner, 1998). Kegiatan praktikum dengan prinsip *green chemistry* dapat dirancang lebih aman karena tidak menggunakan bahan kimia berbahaya serta mengedepankan prinsip keselamatan kerja bagi peserta didik (Yunitamara et al., 2023).

*Green chemistry* mencakup dua belas prinsip yang dapat diterapkan dalam upaya pelestarian lingkungan dengan diwujudkan melalui *green education*. Penerapan kegiatan industri yang didasarkan pada prinsip *green chemistry* dapat memberikan keseimbangan antara aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Kegiatan industri yang didasarkan pada konsep *green chemistry*, maka harus dijalankan 12 prinsip berikut:

- a. mencegah terbentuknya limbah
- b. ekonomi atom
- c. sintesis bahan kimia yang tidak berbahaya
- d. pengembangan produk kimia yang aman
- e. penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang lebih aman
- f. desain hemat energi
- g. menggunakan bahan baku terbarukan
- h. pengurangan tahapan dalam proses
- i. menggunakan katalis untuk mempercepat proses
- j. desain produk ramah lingkungan terbarukan,
- k. analisis langsung untuk pencegahan polusi,
- l. mencegah penggunaan bahan kimia yang berbahaya, beracun, dan tidak ramah lingkungan (Anastas dan Warner, 1998).

Prinsip *green chemistry* yang akan diterapkan pada praktikum ini adalah prinsip ke 1-Mencegah terbentuknya limbah, 5- penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang lebih aman, dan prinsip ke 12-mencegah penggunaan bahan kimia yang berbahaya, beracun, dan tidak ramah lingkungan. Pada penelitian ini ketiga prinsip *green chemistry* tersebut diintegrasikan ke dalam praktikum termokimia yaitu:

- a. **Prinsip ke-1 (pencegahan limbah):** Pembelajaran berbasis praktikum ini didesain dengan penggunaan bahan dalam jumlah minimal dan sesuai kebutuhan saat praktikum, sehingga limbah yang dihasilkan dapat di minimalisir.
- b. **Prinsip ke-5 (penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang lebih aman):** Pelarut yang digunakan dalam praktikum merupakan pelarut yang aman, yaitu *aquades*.
- c. **Prinsip ke-12 (mencegah penggunaan bahan kimia yang berbahaya, beracun, dan tidak ramah lingkungan):** Bahan-bahan yang digunakan selama praktikum berlangsung menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan diantaranya
  - 1) NaCl atau garam dapur dan air teh merupakan senyawa yang aman untuk dikonsumsi dan tidak

menimbulkan reaksi berbahaya seperti iritasi dan pencemaran lingkungan.

- 2) Kapur tohor atau kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dihasilkan melalui proses kalsinasi batu kapur, yang merupakan bahan alami aman dan dapat dikelola secara efektif tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Berbeda dengan kapur industri yang sering kali mengandung bahan tambahan berpotensi merusak lingkungan, kapur tohor tidak mengandung aditif yang berbahaya. Kapur tohor juga dapat dicampurkan dengan bahan-bahan alami lain untuk menghasilkan pupuk organik yang ramah lingkungan.

Praktikum dalam penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali. Praktikum pertama adalah pembuatan termometer sederhana berorientasi *green chemistry* dengan bahan dasar botol vial. Praktikum ini bertujuan untuk menentukan reaksi eskoterm dan endoterm, sesuai dengan tujuan pembelajaran yaitu agar peserta didik mampu mengidentifikasi dan menentukan reaksi eksoterm dan endoterm.

Kemudian praktikum yang kedua berfokus pada perancangan praktikum kalorimetri dalam materi termokimia dengan memanfaatkan barang bekas dan

menggunakan bahan yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Praktikum yang diterapkan adalah praktikum kalorimetri berorientasi *green chemistry*, yang bertujuan untuk mengukur perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) serta kalor reaksi pada masing-masing percobaan. Praktikum ini dirancang untuk menciptakan praktikum yang tidak hanya efektif dalam pembelajaran tetapi juga ramah lingkungan. Praktikum ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan ruang laboratorium di SMAN 10 Semarang yang tidak memungkinkan melaksanakan kegiatan praktikum di ruang laboratorium, sehingga perlu dicari alternatif tempat lain untuk pelaksanaan praktikum.

### **3. Keterampilan Berpikir Kritis**

Berpikir kritis adalah kemampuan seseorang untuk memanfaatkan keterampilan atau strategi kognitif dengan tujuan dapat menganalisis masalah, menemukan solusi, menyimpulkan, mengambil keputusan dan mempertahankan argumen (Syafei, 2016). Menurut Ennis (2015), berpikir kritis merupakan keterampilan berpikir yang rasional dan reflektif, bertujuan untuk menentukan keputusan yang dapat dipertanggungjawabkan terkait keyakinan dan tindakan yang akan dilakukan. Berpikir kritis juga dapat dijadikan sebagai tolak ukur kualitas pembelajaran. Ada beberapa

pertimbangan dasar dalam penilaian berpikir kritis seperti interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Penilaian tersebut disertai bukti-bukti konseptual, metodologis, kriteriologis, dan kontekstual (Facione, 1990). Seseorang yang memiliki kemampuan berpikir kritis akan dapat mengembangkan pemikiran yang logis dan sistematis, kemampuan didapat dari kebiasaan seseorang dalam mengolah suatu masalah (Syafei, 2016).

Kemampuan berpikir kritis memiliki banyak manfaat, berikut manfaat berpikir kritis menurut (Syafei, 2016):

- a. Dapat memberikan solusi dan menarik kesimpulan dari suatu masalah
- b. Dapat mempertahankan pendapat
- c. Mempertimbangkan solusi yang dilihat dari berbagai sudut pandang
- d. Mengklarifikasi masalah
- e. Menyalurkan ide ke dalam suatu hal yang baru
- f. Memberikan hipotesis
- g. Menilai dugaan fakta
- h. Mengeksplorasi, implikasi dan konsekuensi

Kebiasaan berpikir kritis dapat menunjang *life skill* yang dimiliki seseorang, sehingga ke depannya keterampilan dalam berpikir kritis akan semakin

meningkat (Facione, 1990). Menurut Ennis (2015), terdapat lima indikator berpikir kritis yakni:

- a. Menyampaikan penjelasan sederhana. Sub indikator yang ada di dalamnya meliputi memfokuskan pertanyaan, mengkaji pertanyaan dan menjawab pertanyaan.
- b. Membentuk keterampilan dasar. Sub indikator yang ada di dalamnya meliputi mempertimbangkan rujukan yang relevan dan mengidentifikasi hasil observasi.
- c. Menyimpulkan, sub indikator yang ada di dalamnya meliputi penarikan kesimpulan dari gambaran umum ke gambaran khusus.
- d. Menyampaikan penjelasan lanjut. Sub indikator yang ada di dalamnya meliputi identifikasi pengenalan istilah, peninjauan definisi, dimensi dan peninjauan asumsi.
- e. Mengatur strategi dan taktik, sub indikator yang ada di dalamnya meliputi menentukan tindakan dan interaksi dengan seseorang.

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan, dapat ditarik kesimpulan bahwa berpikir kritis merupakan gabungan dari keterampilan, pengetahuan, dan sikap kognitif tingkat tinggi yang digunakan untuk

memberikan solusi pada suatu permasalahan secara sistematis, logis dan sesuai, serta dapat menyampaikan argumen dari setiap pemikirannya. Melalui keterampilan berpikir kritis peserta didik diharapkan dapat mengembangkan *life skill* dan *soft skill* nya. Selain itu peserta didik juga diharapkan untuk memiliki pemikiran yang *open minded*. Materi yang cocok untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis salah satunya adalah materi termokimia.

#### 4. Materi Termokimia

Termokimia adalah salah satu materi kimia yang mempelajari tentang kalor reaksi. Fokus bahasan dalam termokimia adalah tentang jumlah kalor yang dapat dihasilkan oleh sejumlah zat tertentu dalam suatu pereaksi serta cara pengukuran kalor tersebut (Chang, 2010).

##### a. Asas kekekalan energi

Asas kekekalan energi (hukum 1 termodinamika) menyatakan bahwa “dalam suatu sistem energi tidak dapat di ciptakan atau di musnahkan tetapi energi dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk lain (Chang, 2010).

Secara matematika, hukum pertama termodinamika dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\Delta E = q + w$$

Keterangan :  $\Delta E$  = perubahan energi dalam

$q$  = kalor

$w$  = kerja

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa perubahan suatu energi dalam  $\Delta E$  sama dengan jumlah kalor yang dapat diserap ( $q$ ) ditambah dengan jumlah kerja ( $w$ ) yang diterima oleh suatu sistem (Chang, 2010).

b. Sistem dan lingkungan

Sistem merupakan jenis zat dan jumlah zat yang bereaksi dengan hasil reaksi. Sistem selalu mengandung sejumlah materi tertentu dan digambarkan oleh parameter tertentu yang di kontrol dalam eksperimen itu, sebagai contoh gas yang dikurung dalam sebuah kotak tertutup merupakan sebuah sistem, yang ditandai oleh jumlah mol gas dan volume kotak yang tertentu atau contoh lainnya adalah keadaan zat, reaksi perubahan zat (David, 2001). Bagian sisa dari segala sesuatu alam semesta di luar sistem yang dapat bertukar energi dengan sistem selama proses diamati dan membantu kerja sistem disebut lingkungan, contoh: alat-alat wadah, tabung reaksi, udara.

c. Reaksi eksoterm dan endoterm

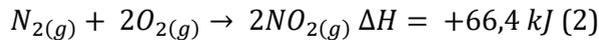
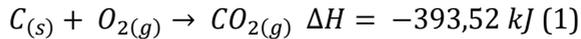
Reaksi eksoterm yaitu reaksi yang memancarkan (melepaskan) kalor bila terjadi perubahan dari reaktan menjadi produk. Reaktan mulai dari keadaan energi yang lebih tinggi dari pada produknya, sehingga energi dibebaskan pada perubahan dari reaktan menjadi produk, artinya entalpi produk ( $H_p$ ) lebih kecil daripada entalpi pereaksi ( $H_r$ ). Oleh karena itu perubahan entalpinya bertanda negatif. Reaksi eksoterm :  $\Delta H = H_p - H_r < 0$  (bertanda negatif) (Watoni, 2013).

Reaksi endoterm yaitu reaksi yang menyerap kalor pada perubahan dari reaktan menjadi produk, sehingga reaktan-reaktan mempunyai keadaan energi yang lebih rendah dari pada produknya. Artinya entalpi produk ( $H_p$ ) lebih besar daripada entalpi pereaksi ( $H_r$ ). Oleh karena selisih antara entalpi produk dengan entalpi pereaksi bertanda positif (David, 2001). Reaksi endoterm :  $\Delta H = H_p - H_r > 0$  (bertanda positif) (Watoni, 2013).

d. Persamaan Termokimia

Persamaan termokimia merupakan persamaan reaksi yang diikuti dengan penulisan perubahan entalpinya ( $\Delta H$ ). Keadaan fisik penting bila perubahan energi diukur, huruf dalam tanda kurung,

s, l, dan g, masing-masing menyatakan zat padat, cairan dan gas (Watoni, 2013).



Persamaan tersebut dapat ditafsirkan dalam kuantitas molar. Persamaan (1) menunjukkan bahwa bila 1 mol (12,0 g) karbon padat bersenyawa dengan 1 mol (16,0 g) Oksigen untuk membentuk 1 mol (44,0 g) Karbon dioksida gas, dibebaskan kalor sebanyak 393,52 kJ. Persamaan (2) bila 1 mol (28,0 g) Nitrogen gas bereaksi dengan 2 mol (32,0 g) Oksigen gas untuk menghasilkan 2 mol (92,0 g) Nitrogen dioksida, 66,4 kJ kalor diserap (Chang, 2010).

e. Jenis-jenis perubahan entalpi standar

Entalpi dalam keadaan standar ialah perubahan entalpi yang terjadi pada suhu 25 °C (atau 293 K) tekanan 1 atm pada 1 mol suatu zat, dilambangkan dengan ( $\Delta H^\circ$ ) berikut beberapa jenis perubahan entalpi:

1) Perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H^\circ_f =$   
*Standart Enthalphy of Formation*)

Berdasarkan definisinya, entalpi pembentukan adalah kalor yang diserap atau dilepaskan untuk membentuk 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya

( $\Delta H_f$ ). Sedangkan entalpi pembentukan dalam keadaan standar ( $\Delta H^\circ_f$ ) yaitu kalor yang dikeluarkan atau diserap pada pembentukan 1 mol senyawa dari reaksi unsur-unsurnya pada suhu 25°C (298K) dan tekanan 1 atm (Suyahni, 2016).

2) Perubahan entalpi penguraian standar ( $\Delta H^\circ_d =$   
*Standard Enthalpy of Dissociation*)

Entalpi penguraian yaitu kalor yang dilepas atau diserap untuk menguraikan 1 mol senyawa menjadi unsur-unsurnya ( $\Delta H_d$ ). Sedangkan entalpi penguraian standar ( $\Delta H^\circ_d$ ) adalah kalor yang dibebaskan/diserap oleh reaksi penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsurnya pada keadaan standar (25°C, 1 atm) (Suyahni, 2016).

3) Perubahan entalpi pembakaran standar ( $\Delta H^\circ_c =$   
*Standard Enthalpy of Combustion*)

Entalpi pembakaran adalah kalor yang dilepaskan atau diserap oleh pembakaran 1 mol unsur atau senyawa ( $\Delta H_c$ ). Sedangkan entalpi pembakaran standar ( $\Delta H^\circ_c$ ) adalah kalor yang dilepaskan atau diserap pada proses pembakaran 1 mol unsur/senyawa dalam keadaan standar (25°C, 1 atm) (Suyahni, 2016).

f. Penentuan perubahan entalpi reaksi

### 1) Penentuan $\Delta H$ Reaksi berdasarkan kalorimetri

Penentuan kalor reaksi dengan menggunakan kalorimeter disebut kalorimetri. Kalorimeter adalah suatu sistem terisolasi (tidak ada perpindahan) materi maupun energi dengan lingkungan di luar kalorimeter (Muchtari & Justiana, 2006). Dengan mengukur perubahan suhu di dalam kalorimeter kita dapat menentukan jumlah kalor yang diserap atau dibebaskan oleh larutan serta perangkat kalorimeter berdasarkan rumus :

$$q = m \times c \times \Delta T$$

$$q_{\text{kalorimeter}} = C \times \Delta T$$

$$\Delta H_{\text{reaksi total}} = q_{\text{larutan}} + q_{\text{kalorimeter}}$$

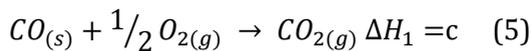
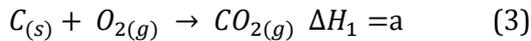
Oleh karena tidak ada kalor yang terbuang ke lingkungan, maka kalor reaksi sama dengan kalor yang diserap atau dibebaskan oleh larutan dan kalorimeter dengan rumus:

$$q_{\text{reaksi}} = -(q_{\text{larutan}})$$

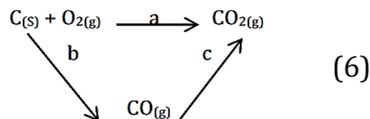
### 2) Penentuan $\Delta H$ Reaksi berdasarkan hukum Hess

Menurut hukum Hess, suatu reaksi dapat terjadi melalui beberapa tahap reaksi dan bagaimanapun tahap dan jalan yang ditempuh tidak akan mempengaruhi entalpi reaksi. Perubahan entalpi menurut hukum Hess ialah perubahan entalpi reaksi hanya bergantung pada keadaan awal dan

keadaan akhir, tidak bergantung pada jalannya reaksi, contoh pada reaksi kimia  $\text{CO}_{2(g)}$  dapat dibuat dengan dua cara, yaitu :



Sesuai dengan hukum Hess,  $a = b + c$ , dalam bentuk lain dapat digambarkan seperti berikut:



Kalor suatu reaksi dapat dihitung dari kalor reaksi lain yang telah diketahui, dengan menjumlahkan baik pereaksi dan hasil reaksi maupun kalornya. Reaksi yang diketahui di buat sedemikian rupa sehingga jumlahnya adalah reaksi yang ingin dicari kalornya (Muchtaridi & Justiana, 2006).

### 3) Penentuan $\Delta H$ Reaksi berdasarkan data perubahan entalpi pembentukan standar

Penentuan  $\Delta H$  reaksi dengan percobaan memerlukan waktu dan biaya, sedangkan dengan cara perhitungan lebih mudah dan cepat tetapi memerlukan latar belakang teori. Kita perlu nilai

entalpi hasil reaksi ( $H_2$ ) dan pereaksi ( $H_1$ ) yaitu dengan menjumlahkan entalpi masing-masing zat hasil reaksi dan pereaksi. Zat-zat yang bereaksi sebelum menjadi zat produk dianggap mengalami penguraian menjadi unsur-unsur yang kemudian membentuk zat produk. Perubahan entalpi reaksi dapat dihitung dengan rumus berikut (Muchtari & Justiana, 2006).

$$\Delta H_{reaksi} = \Sigma \Delta H_f^{\circ}(\text{produk}) - \Sigma \Delta H_f^{\circ}(\text{reaktan})$$

#### 4) Penentuan $\Delta H$ reaksi berdasarkan data energi ikatan

Kalor reaksi juga dapat diperkirakan dari data energi ikatan pereaksi dan hasil reaksi. Energi ikatan merupakan energi rata-rata yang diperlukan untuk memutuskan semua ikatan dalam senyawa (keadaan gas) menjadi atom-atomnya. Berikut adalah tabel dari energi ikatan.

**Tabel 2.1** Energi Ikatan

Ikatan	En (KJ/mol)	Ikatan	En (KJ/mol)
H-C	415	H-I	299
H-O	463	H-O	356
H-N	391	C=O	724
H-F	563	C-N	292
H-Br	366	C=N	612
C-C	348	H=Cl	432
C=C	607		

Contohnya energi pengatoman CH<sub>4</sub>:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ \text{ atom} &= 4 (\text{C-H}) \\ &= 4 (415) \text{ kJ mol}^{-1} \\ &= 1660 \text{ kJ mol}^{-1}\end{aligned}$$

Proses pengatoman bersifat endotermik, karena diperlukan energi untuk memutuskan ikatan, dalam reaksi terjadi pemutusan ikatan pereaksi dan pembentukan ikatan hasil reaksi. Oleh karena itu, kalor reaksi ( $\Delta H$ ) adalah perbedaan energi yang dibutuhkan dengan yang dilepaskan (Muchtari & Justiana, 2006).

$$\Delta H = \Sigma E_{\text{ikatan yang putus}} - \Sigma E_{\text{ikatan yang terbentuk}}$$

## B. Kajian Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih tergolong rendah. Menurut Pradani & Supardi (2023) menyatakan bahwa peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis yang rendah, disebabkan oleh pendekatan pembelajaran yang masih berpusat pada guru, dimana guru hanya memberikan informasi dan peserta didik menjadi objek pasif karena hanya menerima informasi dari guru. Penelitian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zahro & Lutfianasari (2024) serta Humaira et al., (2020).

Penelitian Humaira et al., (2020) menyatakan bahwa rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik disebabkan oleh kurangnya pembiasaan dalam proses memecahkan masalah, yang tercermin dari nilai ulangan harian peserta didik yang belum mencapai ketuntasan minimal. Kemudian pada penelitian Dwiastuti et al., (2019) menyatakan bahwa peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis yang rendah dikarenakan ketika pemberian soal yang digunakan guru di sekolah hanya pada tingkatan *Low Other Thinking Skills* yaitu C1-C3 sehingga belum mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Penelitian tersebut memiliki keterkaitannya dengan keterampilan berpikir kritis peserta didik, sehingga sebagai bukti bahwa diperlukan penelitian lebih lanjut yang berfokus pada strategi pembelajaran yang mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Berdasarkan riset yang dilakukan oleh Salsabilla & Nurita, (2021) menerapkan model *guided inquiry learning* terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hasil penelitian menyebutkan bahwa dalam kegiatan pembelajaran tersebut, peserta didik dihadapkan oleh fenomena yang menuntut untuk dapat merumuskan masalah kemudian menyelidikinya melalui kegiatan eksperimen. Namun, penelitian Salsabilla

& Nurita, (2021) dalam penerapan model *guided inquiry learning* masih kurang optimal untuk merangsang keterampilan berpikir kritis yang terlihat dari menurunnya hasil skor keterlaksanaan pembelajaran pada fase 4 dan fase 5. Hal itu terjadi karena peserta didik masih belum terbiasa dalam melakukan eksperimen dan waktu pembelajaran yang sangat singkat, sehingga guru tidak dapat optimal dalam membimbing peserta didik untuk mengumpulkan data dan melakukan presentasi kelompok (Salsabilla & Nurita, 2021).

Hasil penelitian Sarifah & Nurita, (2023) juga membuktikan bahwa model *guided inquiry learning* dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Model pembelajaran *guided inquiry learning* dirancang bagi peserta didik untuk melakukan eksperimen, menganalisis melalui diskusi kelompok, serta menemukan konsep, sehingga mengarahkan peserta didik untuk membuat kesimpulan dan keputusan berdasarkan pemikiran kritisnya. Riset dari Sarifah & Nurita, (2023) menggunakan model *guided inquiry learning* sedangkan penelitian ini menerapkan model pembelajaran *problem based learning*.

Sementara itu, penelitian serupa yang dilakukan oleh Ramadhanti & Agustini, (2021) juga menunjukkan bahwa

model *quided inquiry* mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Menurut Ramadhanti & Agustini, (2021) menyatakan bahwa kegiatan eksperimen dan diskusi kelompok yang diterapkan pada model pembelajaran *quided inquiry* melatih peserta didik untuk berpikir secara kritis. Namun, peserta didik masih perlu dilatih dalam fase 3, yaitu fase dengan persentase keterlaksanaan terendah. Fase ini mencakup kegiatan mengumpulkan data untuk menguji sebuah hipotesis dengan melakukan percobaan secara langsung.

Terdapat model pembelajaran lain yang dapat mendukung keterampilan berpikir kritis melalui proses pemecahan masalah yaitu dengan menerapkan model *problem based learning*. Pada beberapa penelitian menyatakan bahwa model *problem based learning* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dengan baik (Suhirman et al., 2021; Saputra et al., 2019; Ramadhan & Mardin, 2023). Model ini melatih peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan analisis masalah, menyampaikan gagasan, menemukan informasi yang tepat untuk memecahkan masalah, membangun hipotesis, memikirkan cara kerja pemecahan masalah, dan menyusun logika tentang hubungan antara satu fakta dengan fakta lainnya (Suhirman et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan & Mardin, (2023) mengevaluasi efektivitas model PBL dengan menggunakan pendekatan saintifik pada proses pembelajaran. Akibatnya, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih berada pada kategori sedang sebesar 66,2%. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan PBL belum sepenuhnya maksimal dalam mendorong peserta didik ke level berpikir kritis yang lebih tinggi.

Sementara itu, penelitian Saputra et al., (2019) yang mengembangkan sintaks PBL mengombinasikannya dengan sintaks model JIGSAW mengindikasikan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan nilai rata-rata sebesar 68,93 dalam kategori sedang. Penelitian Suhirman et al., (2021) yang mengembangkan model PBL dengan menambahkan muatan karakter pada setiap sintaknya. Temuan dalam penelitian Suhirman et al., (2021) ini mengindikasikan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan nilai rata-rata sebesar 0,41 yang termasuk dalam kategori sedang. Berdasarkan hasil tersebut, menunjukkan bahwa model PBL mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis namun pada kategori sedang.

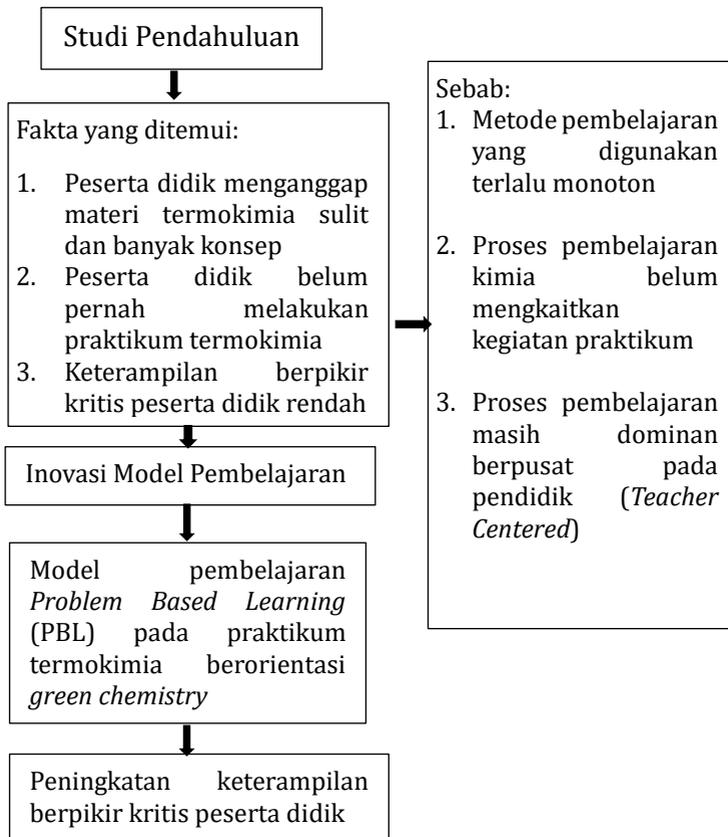
Oleh karena itu, pada penelitian yang akan dilakukan ini ingin meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian yang relevan memiliki perbedaan pada tujuan penelitian yang dilakukan. Pada kajian yang membahas model pembelajaran memiliki beberapa tujuan yang berbeda diantara kemampuan literasi sains, kemampuan merumuskan masalah, sikap rasa ingin tahu dan kemandirian siswa, sehingga beberapa penelitian menggunakan sintaks pembelajaran yang berbeda. Pada kajian penelitian relevan yang telah dibahas juga menggunakan sintaks PBL dan dikolaborasikan dengan pendekatan lainnya.

Oleh karena itu, penelitian ini memperluas kajian tersebut dengan memfokuskan model PBL dengan menggunakan sintaks yang dikembangkan oleh Nurdyansah & Fahyuni secara umum. Sintaks ini digunakan tanpa penambahan variabel lain dalam setiap tahapannya. Tujuannya agar penerapan model PBL lebih terarah dan konsisten dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara spesifik.

### C. Kerangka Berpikir

Model pembelajaran TCL yang diterapkan dalam pembelajaran kimia menyebabkan motivasi dan keterampilan berpikir kritis siswa kurang berkembang. Penerapan model TCL menjadikan peserta didik kurang terlibat dalam pembelajaran. Kurangnya keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran menjadikan peserta didik bosan, karena hanya mendengarkan penjelasan dari guru kemudian mencatatnya. Rasa bosan yang ditimbulkan menyebabkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam memecahkan masalah juga kurang berkembang karena peserta didik hanya menerima materi dan tidak diajak untuk berperan aktif selama proses pembelajaran. Untuk itu, diperlukan modifikasi model pembelajaran yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik yaitu dengan menerapkan model pembelajaran *PBL* dengan kegiatan praktikum berorientasi *Green Chemistry*.



**Gambar 2. 1** Kerangka Berpikir

#### D. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka berpikir penelitian, maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

- $H_0$  : Tidak terdapat pengaruh pembelajaran PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik.
- $H_a$  : Terdapat pengaruh pembelajaran PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

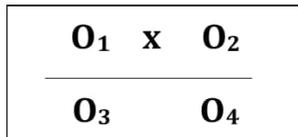
#### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan metodologi *quasi-eksperimental*. Analisis data dalam penelitian kuantitatif dilakukan secara statistik untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, yang dianggap sebagai metode paling efektif untuk mempelajari hubungan sebab akibat. Penelitian eksperimen bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh suatu perlakuan tertentu terhadap variabel lain dalam kondisi terkendali (Sugiyono, 2021: 135).

Desain eksperimen yang dipilih dalam penelitian ini adalah *quasi-experimental design*, dengan bentuk *nonequivalent control group design*. Penelitian ini melibatkan dua kelas sebagai subjek penelitian sesuai dengan hipotesis yang akan diuji. Kedua kelas tersebut diberikan materi pembelajaran yang sama, yaitu termokimia, namun dengan cara pengajaran yang berbeda. Kelas eksperimen diajarkan dengan model pembelajaran PBL dengan kegiatan praktikum berorientasi *green chemistry*, sedangkan pada kelas kontrol diajarkan dengan model pembelajaran

konvensional dengan bantuan buku Lembar Kerja Siswa (LKS) yang disediakan sekolah.

Berikut gambar 3.1 desain penelitian:



**Gambar 3.1** *Nonequivalent Control Group Design*

(Sumber: Sugiyono, 2021: 148)

Keterangan:

$O_1$  : Pretest kelas eksperimen

$O_2$  : Posttest kelas eksperimen

$O_3$  : Pretest kelas kontrol

$O_4$  : Posttest kelas kontrol

X : Perlakuan yang diberikan

## **B. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 13 desember - 25 februari 2025 peserta didik kelas XI semester genap tahun pelajaran 2025. Lokasi penelitian yang dipilih di SMA Negeri 10 Semarang.

## **C. Populasi dan Sampel Penelitian**

### 1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh peserta didik yang mengambil mata pelajaran kimia di SMAN 10 Semarang, terdiri dari tiga kelas yaitu XI-3, XI-4, dan XI-5 dengan total 104 peserta didik. Kurikulum yang diterapkan saat ini yaitu

kurikulum merdeka, yang menuntut peserta didik untuk lebih aktif dalam mencari, mengolah informasi, dan menyelesaikan masalah, sehingga secara tidak langsung juga mendorong peserta didik untuk berpikir kritis. Peneliti memilih SMAN 10 Semarang sebagai objek penelitian karena telah menerapkan kurikulum merdeka dan peserta didik kelas XI IPA memiliki tingkat kemampuan berpikir kritis yang relatif rendah, sehingga sangat relevan untuk dijadikan objek penelitian.

## 2. Sampel

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan metode *probability sampling* dengan jenis *cluster random sampling*. Teknik ini dipilih karena melibatkan penentuan area dari lingkup yang lebih luas hingga ke lingkup yang spesifik (Sugiyono, 2021:171). Sampel dalam penelitian ini menggunakan dua kelas XI yang dilakukan secara acak yaitu kelas XI-4 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI-5 sebagai kelas kontrol. Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 70 peserta didik yang terbagi menjadi 34 peserta didik untuk kelas eksperimen dan 36 peserta didik untuk kelas kontrol.

#### **D. Definisi Operasional Variabel**

Variabel penelitian menurut Sugiyono (2022: 39) merupakan suatu nilai atau sifat dari objek maupun kegiatan yang memiliki variasi tertentu. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Variabel bebas (*Independent Variabel*)

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi adanya variabel terikat (Sugiyono, 2022: 39). Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry*.

2. Variabel terikat (*Dependent Variabel*)

Variabel terikat (*Dependent Variabel*) merupakan variabel yang dipengaruhi karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2022: 39). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah keterampilan berpikir kritis peserta didik.

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

1. Teknik Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data merupakan tahapan yang paling krusial dalam sebuah penelitian karena bertanggung jawab untuk memperoleh data. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

a. Observasi

Observasi dalam penelitian ini bertujuan untuk mengamati penggunaan model pembelajaran oleh guru di SMAN 10 Semarang dalam penyampaian materi, dan sikap peserta didik di dalam kelas.

b. Wawancara

Jenis wawancara yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara terstruktur. Wawancara dilakukan kepada guru kimia di SMAN 10 Semarang untuk mengetahui metode dan media pembelajaran yang digunakan guru dalam pembelajaran kimia. Wawancara terhadap guru kimia juga dilakukan guna untuk memperoleh informasi terkait keterampilan berpikir kritis peserta didik khususnya pada materi termokimia serta penerapan praktikum yang ada di SMAN 10 Semarang.

c. Angket

Jenis angket dalam penelitian ini yaitu angket tertutup. Angket dalam penelitian ini berfungsi untuk mengidentifikasi respon peserta didik terhadap model pembelajaran *problem based learning*, serta mengevaluasi pelaksanaan kegiatan praktikum di SMAN 10 Semarang. Angket diberikan kepada peserta didik sebagai responden dalam tahap penelitian awal.

d. Tes

Teknik tes dalam penelitian ini dirancang untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi termokimia. Tes yang dilaksanakan mencakup *pretest* dan *posttest* pada kedua kelompok, yaitu kelas kontrol dan kelas eksperimen. Tes yang digunakan berbentuk esai dan disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (2015).

e. Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data terkait peserta didik kelas XI SMAN 10 Semarang sebagai bukti valid dan akurat dalam laporan penelitian yang telah diselesaikan. Teknik ini bertujuan untuk mengumpulkan data langsung dilokasi penelitian seperti foto, laporan kegiatan, nilai ulangan harian pada materi termokimia, serta data relevan lainnya guna mengetahui kondisi siswa, guru, dan kurikulum yang diterapkan di SMAN 10 Semarang.

2. Instrumen pengumpulan data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tes Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Instrumen tes yang digunakan ialah dalam bentuk uraian. Instrumen terlebih dahulu diujicobakan untuk mengetahui validitas, reliabilitas, daya beda, dan tingkat kesukaran soal sebelum diujikan kepada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Uji coba digunakan untuk mengetahui kelayakan instrumen tes.

Instrumen tes mencakup 10 pertanyaan yang disusun berdasarkan indikator berpikir kritis yang dikemukakan oleh ennis seperti pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Indikator Berpikir Kritis.

No	Aspek Berpikir Kritis	Jumlah
1.	Pemberian penjelasan sederhana (Elementary clarification)	2
2.	Membangun keterampilan dasar (basic support)	1
3.	Kesimpulan (conclution)	3
4.	Pembuatan penjelasan lanjut (Advance Clarivication)	2
5	Strategi dan taktik (strategy and tactics)	2
Jumlah Soal		10

(Ennis, 2015: 5)

#### b. Angket Riset Pendahuluan

Angket riset pendahuluan berupa angket tertutup yang diberikan kepada peserta didik pada tahap awal penelitian untuk mengukur respon peserta didik terhadap model pembelajaran *problem based learning* serta penerapan kegiatan praktikum.

c. Panduan Wawancara

Penelitian ini menggunakan jenis wawancara terstruktur, yaitu wawancara yang dilakukan secara sistematis oleh individu dengan menggunakan pedoman wawancara. Wawancara dilakukan dengan guru kimia SMAN 10 Semarang.

**F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen**

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan dianalisis. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengevaluasi kelayakan instrumen penelitian serta memastikan apakah instrumen tersebut memenuhi kriteria yang telah ditetapkan.

1. Uji validitas

a. Validasi Ahli

Instrumen tes yang akan digunakan terlebih dahulu melalui proses validasi oleh para ahli. Hasil validasi dari para ahli tersebut dihitung menggunakan rumus Aiken.

$$V = \frac{\sum S}{n(c-1)} \text{ (Aiken, 1985: 135)}$$

Kriteria yang didasarkan pada hasil perhitungan indeks persentase dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2.** Kriteria Interpretasi Skor Interval

Nilai koefisien validitas Aiken (v)	Keterangan
0,00-0,40	Kurang Valid (Rendah)
0,41-0,8	Cukup Valid (Sedang)
0,81 - 1,00	Sangat Valid (Tinggi)

(Retnawati, 2016: 31)

Setelah dinyatakan valid oleh ahli, maka instrumen diujikan kepada peserta didik untuk mendapatkan validitas tiap butir soal.

#### b. Uji Validitas Soal

Instrumen tes yang telah disusun dan akan digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis harus mempunyai validitas isi (*content validity*) berdasarkan materi yang telah di ajarkan. Instrumen dapat dikatakan valid jika instrumen tersebut mampu mengukur variabel yang ingin diukur dengan tepat dan akurat (Arikunto, 2021: 186). Penelitian ini menggunakan rumus *pearson product moment* untuk menguji validitas instrumen tes berupa uraian.

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \text{ (Arikunto, 2021: 190)}$$

Keterangan:

$r_{xy}$  = angka indeks konsistensi untuk butir ke-1

$X$  = skor butir ke-1 (dari subyek yang di uji coba)

$Y$  = skor total (dari subyek yang di uji coba)

$n$  = banyaknya subjek

$\sum XY$  = jumlah hasil perkalian antara skor X dan skor

Dasar pengambilan keputusan dalam uji *pearson product moment* ( $r$ ) adalah sebagai berikut:

- 1) Jika  $r_{hitung}$  lebih besar atau sama dengan  $r_{tabel}$  pada taraf signifikansi 5%, maka item atau pertanyaan tersebut dianggap valid.
- 2) Jika  $r_{hitung}$  lebih kecil dari  $r_{tabel}$ , maka item tersebut dianggap tidak valid.

**Tabel 3.3** Interpretasi Nilai  $r$

Besar $r$	Interpretasi
$r_{xy} < r_{tabel}$	Tidak Valid
$r_{xy} \geq r_{tabel}$	Valid

(Arikunto, 2021: 190)

## 2. Uji Reliabilitas

Reliabilitas dapat didefinisikan sebagai tingkat konsistensi suatu pengukuran. Uji reliabilitas bertujuan untuk menilai sejauh mana hasil pengukuran terhadap objek yang sama tetap konsisten dan menghasilkan data yang stabil (Arikunto, 2021: 203). Peneliti menggunakan rumus koefisien *alpha cronbach* untuk menghitung uji reliabilitas.

$$r_{11} = \left( \frac{n}{n-1} \right) \left( 1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right) \text{ (Arikunto, 2021: 225)}$$

Keterangan:

- $r_{11}$  = Reliabilitas instrumen
- $n$  = Banyaknya butir soal
- $\sum \sigma_i^2$  = Jumlah varians skor tiap item
- $\sigma^2$  = Variasi total

Interpretasi terhadap koefisien reliabilitas tes umumnya adalah sebagai berikut:

- a. Jika nilai  $r_{11} > 0,70$ , maka tes yang diuji reliabilitasnya dianggap memiliki reliabilitas yang tinggi (*reliable*).
- b. Jika nilai  $r_{11} < 0,70$ , maka tes yang diuji reliabilitasnya dianggap belum memiliki reliabilitas yang tinggi (*unreliable*).

Tingkat reliabilitas dengan metode *alpha cronbach* diukur berdasarkan skala alpha dari 0 sampai

1. Berikut adalah tingkat reliabilitas.

**Tabel 3.4** Interpretasi Nilai Reliabilitas

Alpha	Tingkat reliabilitas
0,00 – 0,20	Tidak reliabel
0,21 – 0,40	Kurang reliabel
0,41 – 0,60	Cukup reliabel
0,61 – 0,80	Reliabel
0,81 – 1,00	Sangat Reliabel

(Arikunto, 2021: 225)

### 3. Tingkat kesukaran

Item yang sangat baik memiliki tingkat kerumitan yang tidak terlalu mudah. Rumus yang digunakan untuk menghitung tingkat kesukaran pada soal uraian sebagai berikut.

$$TK = \frac{\bar{x}}{SMI} \text{ (Arikunto, 2019: 210)}$$

Keterangan:

$TK$  = Tingkat kesukaran soal

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata tiap butir soal

$SMI$  = Skor maksimum ideal

**Tabel 3.5** Indeks Kesukaran Soal

No.	Nilai P	Kategori Soal
1.	0,00 - 0,30	Sukar
2.	0,31 - 0,70	Sedang
3.	0,71- 1,00	Mudah

(Arikunto, 2019: 210)

#### 4. Daya pembeda

Kesesuaian butir soal dengan tes keseluruhan dalam membedakan antara individu berkemampuan tinggi dan berkemampuan rendah ditentukan melalui tes yang bertujuan untuk menentukan daya pembeda tes. Rumus yang digunakan untuk mengukur daya pembeda sebagai berikut (Arikunto, 2019: 221).

$$DP = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{SMI}$$

Keterangan:

DP = Daya pembeda

$\bar{X}_A$  = Rata-rata skor kelompok atas

$\bar{X}_B$  = Rata-rata skor kelompok bawah

SMI = Skor maksimum ideal

Klasifikasi indeks daya pembeda soal yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.6.

**Tabel 3.6** Indeks Daya Pembeda Soal

No	Nilai D	Kategori Soal
1.	0,00-0,20	Jelek
2.	0,21-0,40	Cukup
3.	0,41-0,70	Baik
4.	0,71-1,00	Baik Sekali

(Arikunto, 2019: 221)

**G. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

## 1. Uji Prasyarat Analisis

## a. Normalitas

Langkah pertama dalam pengujian distribusi normal yaitu dilakukan evaluasi apakah sampel dikumpulkan dari populasi yang terdistribusi normal atau tidak. *Uji Shapiro Wilk* digunakan untuk menguji normalitas dalam penelitian ini dengan bantuan SPSS 25.0. Penelitian ini menggunakan P-Value atau significance (Sig) 5% atau  $\alpha = 0,05$ . Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi  $>0,05$  (Gunawan, 2016: 50).

## b. Uji homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah sama atau tidaknya varian dari kelas eksperimen dan kelas kontrol. Uji homogenitas pada penelitian ini menggunakan uji Levene dengan bantuan SPSS 25.0. penelitian ini menggunakan P-Value atau

significance (Sig) 5% atau  $\alpha = 0,05$ . Data dinyatakan memiliki varians sama apabila nilai signifikansi  $\geq 0,05$  (Gunawan, 2016: 51). Data memiliki varians sama atau homogen, maka menggunakan perhitungan parametrik. Jika data tidak memiliki varians sama atau tidak homogen, maka menggunakan perhitungan non parametik.

## 2. Uji Hipotesis

### a. Uji-t

Sebelum melakukan uji-t dua sampel independen (*independent sample t test*), data penelitian harus memenuhi syarat normalitas dan homogenitas. Uji-t sampel independen bertujuan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua sampel penelitian. Pengujian hipotesis dapat dilaksanakan dengan menerapkan rumus uji-t (Sugiyono, 2022: 259).

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} - 2r\left(\frac{S_1}{\sqrt{n_1}}\right)\left(\frac{S_2}{\sqrt{n_2}}\right)}}$$

Dengan:  $S^2$  = variansi kombinasi yang dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Keterangan:

$\bar{x}_1$  = rata-rata data kelas eksperimen

$\bar{x}_2$  = rata-rata data kelas kontrol

$n_1$  = banyaknya data kelas eksperimen

$n_2$  = banyaknya data kelas kontrol

$S_1^2$  = varians kelompok eksperimen

$S_2^2$  = varians kelompok kontrol

Kriteria dalam pengujian hipotesis penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Jika nilai signifikan (2 tailed)  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, artinya terdapat pengaruh model PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik.
  - 2) Jika nilai signifikan (2 tailed)  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, artinya tidak terdapat pengaruh model PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik.
3. Uji *Effect Size*

Penggunaan *effect size* dalam penelitian ini bertujuan untuk mengukur besarnya pengaruh penerapan model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Perhitungan *effect size* dalam penelitian dilakukan dengan menggunakan rumus Cohen's (Cohen et al.,

2018). Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung *effect size*.

$$ES = \frac{M_e - M_c}{SD}$$

Keterangan:

ES: nilai *effect size*

Me: nilai rata-rata kelas eksperimen

Mc: nilai rata-rata kelas kontrol

SD: nilai *pooled standard deviation*

$$SD \text{ pooled} = \sqrt{\frac{(N_E - 1)SD_E^2 + (N_C - 1)SD_C^2}{N_E + N_C - 2}}$$

Keterangan:

SD *pooled* : Nilai *pooled standard deviation*

NE : Jumlah siswa kelas eksperimen

NC : Jumlah siswa kelas kontrol

SDE : Standar deviasi kelas eksperimen

SDC : Standar deviasi kelas kontrol

Kriteria dalam menentukan besar *effect size* dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 3.7.

**Tabel 3.7** Kategori *Effect Size*

Cohen's Standard	<i>Effect Size</i>	Presentase
Tinggi	2,0	97,7
	1,9	97,1
	1,8	96,4
	1,7	95,5
	1,6	94,5
	1,5	93,3
	1,4	91,9
	1,3	90
	1,2	88
	1,1	86
	1,0	84
	0,9	82
	0,8	79

<b>Cohen's Standard</b>	<b><i>Effect Size</i></b>	<b>Presentase</b>
Sedang	0,7	76
	0,6	73
	0,5	69
Rendah	0,4	66
	0,3	62
	0,2	58
	0,1	54
	0,0	50

(Cohen et al., 2018)

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Deskripsi Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji dampak penerapan model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 10 Semarang pada tanggal 13 Desember hingga 25 Februari 2025. Penelitian ini menggunakan metodologi *quasi experimental design* dan bersifat kuantitatif. Penelitian ini terbagi melalui beberapa tahapan diantaranya yaitu:

##### 1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan sebelum penelitian dilakukan yaitu peneliti menyusun modul ajar, lembar kerja peserta didik, petunjuk praktikum, instrumen tes keterampilan berpikir kritis dan pedoman penskoran. Selanjutnya peneliti melakukan uji coba soal pada peserta didik yang telah mempelajari materi termokimia.

##### a. Menyusun Instrumen Tes

Instrumen tes yang digunakan dalam penelitian ini berupa tes yang terdiri dari 10 soal

uraian. Soal-soal tersebut dirancang berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis yang dikemukakan oleh Ennis (2015). Indikator-indikator tersebut dirangkum menjadi lima aspek utama yang mencerminkan keterampilan berpikir kritis. Selain itu, setiap butir soal dikaitkan dengan prinsip-prinsip *green chemistry*. Soal-soal tersebut di aplikasikan dalam pelaksanaan *pretest* dan *posttest*.

Sebelum digunakan dalam proses pengujian dan dijadikan sebagai pedoman penskoran, instrumen tes terlebih dahulu divalidasi oleh tiga validator, terdiri dari dua dosen dan satu guru kimia. Setelah melalui tahap validasi, instrumen soal tersebut diuji coba pada kelas XII-3 yang telah mempelajari materi termokimia dan terdiri dari 35 peserta didik. Analisis instrumen tes dilakukan melalui pengujian sebagai berikut:

- 1) Uji validasi ahli

Uji validitas isi yang dilakukan oleh para ahli bertujuan untuk menilai tingkat kevalidan soal secara menyeluruh. Hasil penilaian menunjukkan bahwa rata-rata instrumen tes uji coba berada dalam kategori baik hingga sangat baik pada setiap

aspeknya. Validator 1 memberikan masukan mengenai kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis. Validator 2 menyarankan perbaikan pada ketepatan kalimat soal agar sesuai dengan tingkatan dalam Taksonomi Bloom. Sementara itu, validator 3 tidak memberikan masukan perbaikan terhadap instrumen.

Validitas setiap butir soal diuji menggunakan rumus Aiken. Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Tabel 4.1, diperoleh nilai  $V$  sebesar 0,84. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa tingkat kesepakatan *rater* terhadap instrumen berada pada kategori "sangat valid" atau "tinggi". Menurut Retnawati (2016), suatu instrumen dapat dikatakan cukup valid jika nilai  $V$  berada dalam rentang 0,41-0,8. Dengan demikian, instrumen dianggap memiliki validitas isi yang layak untuk digunakan.

**Tabel 4.1.** Hasil Uji Validasi Isi Menggunakan Aiken's  $V$

Aspek Soal	Penilai			S1	S2	S3	$\sum s$	V	Ket
	I	II	III						
Butir 1-10	41	45	46	31	35	36	102	0.84	TINGGI

## 2) Uji validitas soal

Pengujian validitas soal bertujuan untuk menentukan apakah soal yang diuji dinyatakan valid atau tidak. Instrumen tes diuji coba pada 35 peserta didik sebagai responden. Penghitungan validitas dilakukan menggunakan rumus *pearson product moment* dengan tingkat signifikansi sebesar 5% atau 0,05 (Sugiyono, 2021). Tingkat kevalidan masing-masing butir soal disajikan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil Validitas Butir Soal

Butir Soal Ke-	Nilai Validitas	Keterangan
1	0,506	valid
2	0,558	valid
3	0,454	valid
4	0,591	valid
5	0,558	valid
6	0,509	valid
7	0,732	valid
8	0,510	valid
9	0,665	valid
10	0,829	valid

Berdasarkan tabel dapat disimpulkan bahwa dari 10 soal yang diujikan, seluruhnya dinyatakan valid karena nilai kevalidan masing-masing soal melebihi 0,334 ( $r_{\text{tabel}}$ ). Dengan demikian, semua soal tersebut memenuhi kriteria validitas yang telah ditetapkan dan dapat digunakan untuk mengukur kemampuan peserta didik pada materi yang diuji.

### 3) Uji reliabilitas

Sebuah soal dapat dianggap reliabel jika menghasilkan data yang konsisten saat dilakukan pengujian ulang. Perhitungan reliabilitas dilakukan dengan menerapkan rumus koefisien *alpha cronbach's*. Arikunto (2021) menyatakan bahwa jika nilai *alpha cronbach's* lebih besar dari 0,70, maka instrumen tersebut memiliki reliabilitas yang tinggi. Hasil nilai koefisien reliabilitas pada penelitian disajikan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Hasil Reliabilitas Soal

<b>Reliabilitas</b>	<b>Nilai</b>
Jumlah Varian Butir	24,447
Total Varian	84,728
Koefisien Reliabilitas	0,79
Keterangan	Reliabel

Berdasarkan hasil analisis, nilai *alpha cronbach's* yang diperoleh sebesar 0,79 untuk 10 butir soal, nilai tersebut mengindikasikan bahwa soal-soal dalam penelitian ini memiliki reliabilitas tinggi dan dapat diandalkan untuk mengukur kemampuan peserta didik dengan konsisten. Menurut Arikunto (2021) interpretasi reliabilitas dalam rentang 0,61 hingga 0,80 tergolong dalam kategori reliabel.

#### 4) Uji tingkat kesukaran

Soal yang baik adalah soal yang telah dirancang dengan mempertimbangkan tingkat kesulitan yaitu mudah, sedang, dan sukar. Berdasarkan data tingkat kesukaran soal yang dihitung menggunakan interpretasi Arikunto (2021), soal dikategorikan mudah jika  $TK > 0,70$ , sedang jika  $0,31 \leq TK < 0,70$ , dan sukar jika  $TK < 0,31$ . Hasil uji tingkat kesukaran butir soal disajikan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Hasil Tingkat Kesukaran Soal

NO	Kriteria	Nomor Soal	Jumlah
1	Sukar	4,8	2
2	Sedang	1,2,3,5,6,7,9,10	8

Berdasarkan hasil analisis, delapan soal (nomor 1,2,3,5,6,7,9,10) memiliki tingkat kesukaran dalam kategori sedang, dengan nilai TK berkisar antara 0,4 hingga 0,686. Sementara itu, soal nomor 4 dan 8 berada dalam kategori sukar dengan nilai TK sebesar 0,274.

#### 5) Uji daya pembeda

Daya beda soal digunakan untuk mengukur kemampuan peserta didik, artinya sebagian peserta didik dapat menyelesaikan soal-soal yang lebih mudah, sementara soal yang lebih sulit hanya dapat dijawab oleh peserta didik yang benar-benar

memahami materi yang diberikan. Hasil daya beda butir soal disajikan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Hasil Uji Daya Pembeda

Butir Soal Ke-	Rentang D	Keterangan
1	0,368	Cukup
2	0,473	Baik
3	0,335	Cukup
4	0,470	Baik
5	0,473	Baik
6	0,399	Cukup
7	0,651	Baik
8	0,375	Cukup
9	0,485	Baik
10	0,721	Baik Sekali

Menurut Anas (2010) soal dianggap layak jika memiliki daya beda dalam kategori cukup, yaitu antara 0,21 hingga 0,40. Berdasarkan hasil analisis, nilai daya beda butir soal berkisar antara 0,335 hingga 0,721. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa butir soal memiliki daya pembeda yang bervariasi.

Instrument *pretest* dan *posttest* harus menggunakan soal-soal yang memenuhi kriteria validitas, reliabilitas, memiliki rentang kesukaran dari mudah hingga sukar, serta memiliki daya beda yang berkategori cukup hingga baik. Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa 10 soal *essai* layak digunakan sebagai instrument *pretest* dan *posttest* karena telah

memenuhi kriteria yang ditetapkan serta dianggap memadai.

## 2. Tahap Penentuan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh kelas XI yang mendapatkan pelajaran kimia, yaitu tiga kelas dari XI-3 hingga XI-5. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode *random sampling*. Sebelum menentukan sampel, dilakukan uji normalitas untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal dan uji homogenitas untuk memastikan bahwa varians antar kelompok data bersifat seragam. Hasil dari kedua uji ini dianalisis sebagai berikut:

### a. Uji normalitas

Pengujian normalitas dengan metode *shapiro wilk* dilakukan dengan bantuan SPSS, berdasarkan nilai Sumatif Tengah Semester ganjil peserta didik kelas XI IPA SMA Negeri 10 Semarang tahun pelajaran 2024/2025 sebelum dilakukan pengambilan sampel secara acak (*random sampling*). Berdasarkan Tabel 4.6 ketiga kelas menunjukkan nilai (*sig*) lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh data tersebut berasal dari populasi dengan distribusi normal.

**Tabel 4.6** Hasil Analisis Uji Normalitas Populasi

No.	Kelas	Nilai Signifikasi	Keterangan
1	XI 3	0,120	Normal
2	XI 4	0,100	Normal
3	XI 5	0,081	Normal

b. Uji homogenitas

Populasi dalam penelitian ini harus dipastikan bersifat homogen, selain memenuhi syarat distribusi normal. Analisis data dilakukan menggunakan uji *Levene* untuk menguji homogenitas. Uji homogenitas data awal menggunakan nilai Sumatif Tengah Semester ganjil tahun pelajaran 2024/2025. Kriteria yang digunakan dalam uji homogenitas ini adalah jika nilai signifikansi  $\geq 0,05$  maka data dapat dikatakan homogen. Berdasarkan hasil analisis uji homogenitas yang tercantum pada lampiran 28, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,082 sehingga dapat disimpulkan bahwa data tersebut bersifat homogen.

Hasil analisis uji normalitas dan homogenitas pada data awal menunjukkan bahwa data tersebut terdistribusi normal dan homogen, sehingga memenuhi syarat sebagai sampel penelitian. Pemilihan sampel penelitian dilakukan dengan

menerapkan teknik *cluster random sampling*, di mana kelas XI-4 ditetapkan sebagai kelas eksperimen dan kelas XI-5 sebagai kelas kontrol.

### 3. Tahap Pelaksanaan

Setelah seluruh uji instrumen selesai dilaksanakan, langkah berikutnya adalah memulai tahap pelaksanaan penelitian. Penelitian ini dilakukan selama enam pertemuan. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian:

#### a. Memberikan soal *pretest*

Proses pembelajaran diawali dengan pelaksanaan *pretest* di kedua kelas yang terlibat. Kelas kontrol terdiri dari 36 peserta didik, sedangkan kelas eksperimen berjumlah 34 peserta didik. *Pretest* ini dilakukan pada tanggal 8 Januari 2025 untuk menilai kemampuan awal peserta didik dalam keterampilan berpikir kritis terkait materi termokimia.

#### b. Memberikan perlakuan untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol

Proses pembelajaran pada kelas eksperimen diberi perlakuan menggunakan model PBL yang dikombinasikan dengan praktikum berorientasi *green chemistry*. Praktikum *green chemistry*

dilakukan sebanyak dua kali yang di implementasikan pada pertemuan kedua dan kelima sesuai dengan tujuan pembelajaran. Pada kelas kontrol, proses pembelajaran dilakukan dengan menerapkan model pembelajaran konvensional tanpa melibatkan kegiatan praktikum.

Berikut merupakan tahapan-tahapan yang diterapkan dalam pelaksanaan pembelajaran menggunakan model PBL menurut perspektif Nurdyansyah & Fahyuni (2016):

1) Orientasi peserta didik pada masalah

Tahap ini dilakukan dengan cara guru memberikan stimulus dengan menampilkan gambar yang relevan dengan topik pembelajaran serta mengajukan pertanyaan. Pertanyaan stimulus disesuaikan dengan sub bab materi yang dibahas pada setiap pertemuan.

Contohnya:

“mengapa jika kita memegang gelas yang berisi teh panas, tangan kita juga ikut merasakan panas?”

2) Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar

Tahapan ini dimulai dengan mengelompokkan peserta didik menjadi 5 kelompok, dengan setiap

kelompok beranggotakan 6 sampai 7 peserta didik. Pembagian kelompok yang beranggotakan 6-7 peserta didik dinilai efektif karena berdasarkan fakta di lapangan, selama proses pembelajaran terjadi interaksi yang optimal dalam diskusi kelompok. Setiap peserta didik berkontribusi aktif dalam menyelesaikan tugas kelompok, baik dalam menyampaikan ide serta berdiskusi. Pertemuan kedua dan pertemuan kelima guru memberikan petunjuk praktikum dan guru menjelaskan mengenai kegiatan praktikum yang akan dilaksanakan. Sedangkan pertemuan ketiga hingga pertemuan keempat peserta didik diberikan LKPD.

### 3) Membimbing penyelidikan kelompok

Kegiatan pertemuan ketiga hingga keempat melibatkan peserta didik yang bekerja sama dalam kelompok untuk mengerjakan LKPD yang telah diberikan dengan bimbingan guru. Sementara itu, pada pertemuan kedua dan kelima peserta didik melakukan praktikum secara berkelompok sesuai dengan pedoman yang terdapat dalam petunjuk praktikum. Selama kegiatan tersebut, guru berperan aktif dalam membimbing dan

mengarahkan peserta didik agar dapat menyelesaikan tugas dengan lebih efektif.

Kegiatan pertemuan kedua, peserta didik melaksanakan praktikum untuk mengidentifikasi jenis reaksi berdasarkan perubahan suhu, yaitu reaksi eksoterm dan endoterm. Praktikum ini dilakukan dengan membuat termometer sederhana menggunakan botol vial yang tutupnya dimodifikasi dengan sedotan, sehingga dapat berfungsi sebagai indikator perubahan suhu. Pada pertemuan kelima, peserta didik melaksanakan praktikum untuk memahami cara menentukan  $\Delta H_{reaksi}$  berdasarkan eksperimen praktikum kalorimetri.

Kedua praktikum di atas dirancang dengan menerapkan prinsip *green chemistry*, yaitu desain eksperimen yang ramah lingkungan. Setelah menyelesaikan praktikum, peserta didik melanjutkan dengan menyusun laporan percobaan. Selain itu, peserta didik juga menjawab pertanyaan yang terdapat dalam petunjuk praktikum.

#### 4) Mengembangkan dan menyajikan hasil karya

Tahap ini, perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi di depan kelas.

Guru berperan dalam memfasilitasi jalannya diskusi agar berjalan dengan baik. Kelompok lain diberikan kesempatan untuk menyampaikan pendapat, memberikan usulan, serta mengajukan pertanyaan.

5) Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

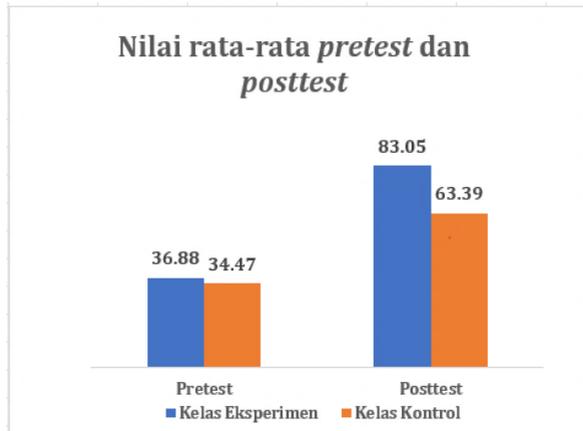
Guru memberikan penguatan konsep yang berkaitan dengan materi yang telah dibahas pada setiap pertemuan. Penguatan ini bertujuan untuk memastikan pemahaman peserta didik terhadap konsep yang telah dipelajari. Selain itu, guru juga merefleksikan proses pemecahan masalah yang telah dilakukan oleh peserta didik.

c. Memberikan soal *posttest*

Aktivitas terakhir adalah memberikan *posttest* terkait materi termokimia. *Posttest* ini bertujuan untuk mengukur tingkat pemahaman akhir peserta didik terhadap materi yang telah diajarkan. Selain itu, *posttest* juga digunakan untuk menilai keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam memahami konsep termokimia.

d. Menganalisis hasil rata-rata nilai *pretest* dan *posttest*

Setelah data *pretest* dan *posttest* diperoleh, tahap selanjutnya adalah menganalisis nilai *pretest* dan *posttest* peserta didik. Hasil analisis tersebut kemudian akan disajikan dalam bentuk gambar dibawah ini.



**Gambar 4.1** Hasil Nilai Rata-Rata *Pretest* dan *Posttest*

Berdasarkan gambar di atas rata-rata nilai *pretest* dari kedua kelas masih dalam kriteria rendah. Hal tersebut dibuktikan dengan melihat pengetahuan awal peserta didik mengenai materi termokimia masih sangat kurang. Setelah diberi perlakuan pada proses pembelajaran pengetahuan peserta didik mengenai materi termokimia meningkat. Hal ini terlihat pada Gambar 4.1, rata-rata nilai *posttest* kelas kontrol sebesar 63,39 lebih

rendah dibandingkan dengan rata-rata nilai *posttest* kelas eksperimen yang mencapai 83,05.

- e. Menganalisis uji normalitas dan homogenitas menggunakan data hasil *pretest* dan *posttest* peserta didik

1) Uji normalitas hasil *pretest*

Uji normalitas dilakukan dengan uji *shapiro wilk* dengan bantuan SPSS 25. Hasil pengujian menunjukkan nilai signifikansi (Sig) kelas eksperimen adalah 0,258, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,630. Hal ini mengindikasikan bahwa data *pretest* pada kedua kelas terdistribusi normal. Hasil perhitungan normalitas *pretest* disajikan pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Hasil Uji Normalitas *Pretest*

Kelas	Nilai Sig.	Keterangan
Eksperimen	0,258	Normal
Kontrol	0,630	Normal

2) Uji normalitas hasil *posttest*

Uji normalitas data *posttest* pada kedua kelas menunjukkan nilai signifikansi (Sig) lebih besar dari 0,05 untuk semua kelompok. Hasil perhitungan menunjukkan, kelas eksperimen nilai Sig diperoleh 0,067, sedangkan pada kelas kontrol sebesar 0,208. Berdasarkan hal tersebut disimpulkan bahwa data

*posstest* pada kedua kelas terdistribusi normal. Hasil perhitungan uji normalitas disajikan pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Hasil Uji Normalitas *Posstest*

<b>Kelas</b>	<b>Nilai Sig.</b>	<b>Keterangan</b>
Eksperimen	0,067	Normal
Kontrol	0,208	Normal

Berdasarkan Tabel 4.7 dan 4.8 hasil pengujian normalitas secara keseluruhan menunjukkan data untuk setiap kelompok pada kelas eskperimen maupun kelas kontrol, terdistribusi normal untuk *pretest* maupun *posttest*.

### 3) Uji homogenitas

Uji homogenitas merupakan tahap kedua dalam analisis data akhir sebelum melanjutkan ke uji hipotesis. Teknik yang dilakukan untuk pengujian homogenitas adalah uji *Levene* dengan bantuan SPSS 25. Hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Hasil Homogenitas *Pretest* dan *Posttest*

<b>Varian Data</b>	<b>Nilai Sig.</b>	<b>Keterangan</b>
Pretest	0,187	Homogen
Posttest	0,064	Homogen

Hasil uji homogenitas yang dilakukan pada *pretest* kelas eksperimen dan kontrol menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,187, sementara pada *posttest* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,064.

Kedua nilai ini lebih besar dari 0,05 yang mengidentifikasi bahwa tidak terdapat perbedaan varian kedua kelas. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data *pretest* dan *posttest* dari kedua kelas berasal dari populasi yang homogen.

## **B. Hasil Uji Hipotesis**

### **1. Uji Hipotesis**

Pengujian hipotesis dilakukan setelah memastikan bahwa data penelitian terdistribusi secara normal dan memiliki homogenitas yang memenuhi syarat. Dalam penelitian ini, pengujian hipotesis menggunakan *independent-sample t-test* satu pihak (pihak kanan). Keputusan dalam uji *independent sample t test* didasarkan pada nilai signifikansi (Sig. 2-tailed), jika nilai tersebut kurang dari 0,05 maka hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima, yang menunjukkan adanya pengaruh. Sebaliknya, jika nilai signifikansi lebih dari 0,05 maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh.

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima karena nilai signifikansi yang diperoleh kurang dari 0,05. Temuan ini menunjukkan bahwa peneran model *problem based*

*learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* memberikan pengaruh signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis. Detail mengenai hasil pengujian hipotesis keterampilan berpikir kritis disajikan pada tabel 4.10.

**Tabel 4.10** Hasil Uji *Independent Sample T-Test*

No.	Perbedaan Kedua Kelas	Nilai Sig. (2-tailed)	Keputusan
1	kelas eksperimen dan kelas kontrol	0,000	H <sub>0</sub> ditolak dan H <sub>a</sub> diterima

## 2. Hasil Uji *Effect Size*

*Effect size* merupakan sebuah ukuran statistik yang menunjukkan besarnya perbedaan signifikan antara dua kelompok dalam suatu penelitian. Metode ini bertujuan untuk mengukur seberapa besar peningkatan keterampilan berpikir kritis sebelum dan setelah diterapkannya model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry*. Hasil uji *effect size* sebesar 1,465 mengindikasikan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis termasuk dalam kategori efek yang tinggi. Rincian lebih lanjut terkait pengujian *effect size* terhadap hasil keterampilan berpikir kritis dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Hasil Uji *Effect Size*

	<b>Eksperimen</b>	<b>Kontrol</b>
Standar Deviasi	11.528	15.095
Standar <i>Deviasi Pooled</i>	13.43	
<i>Effect Size</i>	1.465	
Presentasi	91.90%	

### C. Pembahasan

Observasi yang dilakukan di SMAN 10 Semarang menunjukkan bahwa pembelajaran kimia khususnya pada materi termokimia masih mengalami berbagai kendala yang berdampak pada pemahaman peserta didik. Hasil angket kebutuhan peserta didik sebanyak 76% peserta didik kelas XI IPA mengalami kesulitan dalam memahami materi termokimia. Selain itu, model pembelajaran yang digunakan masih berpusat pada guru atau yang sering disebut *Teacher Center Learning* (TCL).

Model pembelajaran TCL yang diterapkan selama pembelajaran, menjadikan peserta didik kurang terlibat aktif selama proses pembelajaran berlangsung. Minimnya aktivitas interaktif menyebabkan peserta didik kurang terlatih dalam menyelesaikan permasalahan. Hal ini mengakibatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik kurang berkembang secara optimal.

Keterampilan berpikir kritis peserta didik di SMAN 10 Semarang tergolong rendah dibuktikan dari hasil

ulangan harian yang masih berada di bawah kriteria ketuntasan minimal (KKM). Rata-rata nilai kelas XI-1 sebesar 65,8, XI-2 sebesar 67, XI-3 sebesar 73 dan XI-4 sebesar 68,78. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai rata-rata ulangan harian pada materi termokimia tergolong rendah, mengingat KKM di SMAN 10 Semarang sebesar 75. Hasil nilai peserta didik yang rendah menunjukkan bahwa hasil tersebut berpengaruh pada keterampilan berpikir kritis peserta didik (Bensley et al., 2016). Guru juga menyampaikan bahwa sebagian besar soal yang digunakan dalam pembelajaran kimia masih berada pada *low order thinking skills* (C1-C3). Hal ini menyebabkan peserta didik belum terbiasa menghadapi soal-soal yang menuntut pemikiran tingkat tinggi.

Praktikum berorientasi *green chemistry* dirancang dengan memanfaatkan bahan dan alat yang lebih sederhana serta sesuai dengan prinsip *green chemistry*. Praktikum ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan serta produksi zat-zat berbahaya. Penelitian ini praktikum yang dilakukan terdiri dari dua jenis, yaitu praktikum pembuatan termometer sederhana dan praktikum kalorimetri.

Praktikum pembuatan termometer sederhana pemilihan botol vial dan sedotan didasarkan pada prinsip

*green chemistry*, khususnya desain hemat energi, karena alat ini mudah diperoleh, dapat digunakan kembali, serta mengurangi penggunaan bahan plastik yang tidak perlu. Bahan yang digunakan dalam praktikum ini adalah air teh sebagai pengganti zat pewarna kimia. Penggunaan air teh dipilih karena sesuai dengan prinsip *green chemistry*, yaitu menghindari bahan kimia berbahaya dan mencegah terbentuknya limbah yang dapat mencemari lingkungan.

Praktikum kalorimetri, pemilihan sterofom sebagai kalorimeter didasarkan pada prinsip *green chemistry* dalam meminimalkan limbah dan memanfaatkan kembali bahan yang sudah ada. Sterofom yang digunakan berasal dari limbah wadah pop mie yang sudah tidak terpakai, sehingga mendukung upaya daur ulang bahan. Setelah digunakan dalam praktikum, wadah kalorimeter tersebut disimpan dan dimanfaatkan untuk praktikum berikutnya, sehingga tidak menimbulkan limbah baru. Penggunaan pelarut aquades dipilih karena sesuai dengan prinsip *green chemistry*, yang lebih aman dan ramah lingkungan dibandingkan dengan pelarut organik yang dapat mencemari lingkungan. Pemilihan NaCl dan CaO juga didasarkan pada prinsip mencegah penggunaan bahan kimia yang berbahaya, meskipun NaCl dan CaO merupakan bahan yang umum digunakan pada laboratorium,

keduannya tetap sesuai prinsip *green chemistry* karena tidak menghasilkan limbah berbahaya setelah praktikum.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Model pembelajaran ini dirancang untuk melatih peserta didik dalam memecahkan masalah secara mandiri dan kritis melalui eksperimen yang ramah lingkungan. Selain itu, untuk mendukung proses pemecahan masalah, peserta didik juga diberikan LKPD sebagai salah satu sumber belajar.

Berdasarkan data yang disajikan dalam Gambar 4.1, terlihat bahwa rata-rata nilai *pretest* di kelas eksperimen maupun kontrol berada pada kategori yang sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman awal serta kesiapan belajar peserta didik terhadap materi termokimia masih belum memadai. Rendahnya skor *pretest* disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya banyak peserta didik yang tidak menyelesaikan soal. Selain itu, kurangnya persiapan sebelum mengikuti pembelajaran membuat mereka kesulitan dalam menjawab sebagian besar soal *pretest* yang diberikan.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa tingkat pemahaman awal peserta didik dari kedua kelompok

sampel relatif sama. Hal ini dibuktikan dengan selisih rata-rata nilai *pretest* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen yang hanya berbeda 2 angka. Pada kelas eksperimen, peserta didik tampak antusias dan bersemangat saat berdiskusi dalam kelompok, terutama ketika mengikuti kegiatan praktikum. Peserta didik melakukan percobaan, berkolaborasi dalam kelompok, serta menjawab pertanyaan yang terdapat dalam LKPD, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif.

Kegiatan praktikum dan LKPD berbasis PBL digunakan untuk merangsang keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam proses pembelajaran. Aktivitas belajar mengharuskan peserta didik mencari materi serta informasi, sehingga diharapkan peserta didik mampu memperoleh pencapaian belajar lebih baik. Sejalan dengan penelitian Handayani et al., (2024), yang menyatakan bahwa penggunaan LKPD berbasis PBL dapat membantu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Penelitian serupa oleh Hamidy & Nuraini (2023) menunjukkan adanya peningkatan skor keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan presentase ketuntasan sebesar 77,8% pada kelas eksperimen dengan menggunakan kegiatan praktikum, dibandingkan 58% pada kelas kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan

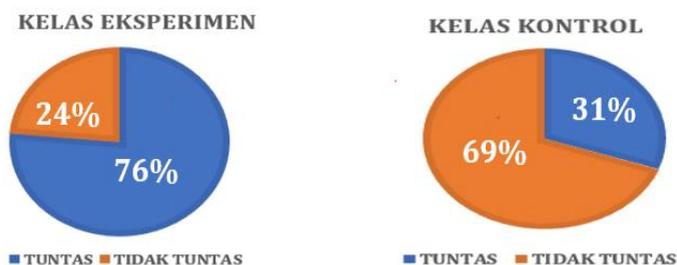
praktikum dan LKPD berbasis PBL secara nyata berkontribusi dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Data yang disajikan dalam Gambar 4.1, dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai *posttest* pada kelas eksperimen mencapai 83,05, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata sebesar 63,39. Kedua kelas mengalami kenaikan nilai jika dibandingkan dengan hasil *pretest*. Hal ini menandakan adanya peningkatan pemahaman setelah diberikan perlakuan. Selaras dengan hasil penelitian Ong et al., (2020), perbedaan nilai *posttest* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *pretest* mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan dapat dianggap berhasil.

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat diamati bahwa perbedaan nilai rata-rata antara *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol berturut-turut adalah 46,17 dan 28,92. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran PBL yang dikombinasikan dengan kegiatan praktikum berorientasi *green chemistry* dapat meningkatkan pencapaian belajar secara signifikan dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional. Sesuai dengan penelitian Prasetyanti (2016) yang menjelaskan penerapan model pembelajaran PBL berbasis

kegiatan praktikum mengalami peningkatan hasil belajar lebih tinggi dibandingkan dengan penerapan model pembelajaran konvensional.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata *posttest* kelas eksperimen berada di atas KKM sekolah, yaitu di atas 75. Sementara itu, rata-rata nilai *posttest* kelas kontrol masih jauh di bawah KKM sekolah, hal ini menunjukkan bahwa pencapaian akhir peserta didik setelah menerima perlakuan model pembelajaran konvensional belum mencapai standar minimal yang ditetapkan oleh sekolah. Jika ditinjau dari persentase KKM pada data *posttest* didapatkan diagram pada gambar 4.2 berikut.



**Gambar 4.2** Persentase KKM Kelas Eksperimen dan Kontrol

Berdasarkan Gambar 4.2, kelas eksperimen menunjukkan tingkat ketuntasan sebesar 76%, sementara 24% peserta didik belum tuntas. Sebanyak 28 dari 34 peserta didik berhasil mencapai KKM, sedangkan 8 peserta

didik lainnya belum memenuhi ketuntasan. Pada kelas kontrol, 69% peserta didik tidak tuntas, yang berarti 25 dari 36 peserta didik belum mencapai KKM. Hanya 31% peserta didik yang tuntas, atau setara dengan 11 peserta didik yang berhasil memenuhi KKM.

Salah satu penyebab rendahnya nilai *posttest* pada kelas kontrol yaitu model pembelajaran yang diterapkan masih konvensional. Sejalan dengan hasil penelitian Feng & Xia (2023) serta Salih et al., (2021), yang menyatakan bahwa rata-rata nilai belajar peserta didik cenderung rendah jika pembelajaran masih menerapkan metode konvensional. Selain itu, hasil akhir belajar peserta didik juga dipengaruhi oleh faktor kebiasaan. Apabila peserta didik terbiasa mengikuti pembelajaran dengan mengasah keterampilan berpikir kritis, maka hal tersebut dapat berpengaruh pada tingkat keterampilan berpikir kritis serta pemahaman akan konsep yang diberikan dengan baik.

Peserta didik pada kelas kontrol cenderung kurang aktif dalam mengikuti pembelajaran dan lebih sering terlibat percakapan dengan teman sebangku, sehingga mengurangi fokus serta partisipasi mereka selama proses pembelajaran berlangsung. Hal tersebut merupakan faktor kebiasaan yang ada pada diri peserta didik, sehingga

banyak peserta didik yang masih kesulitan mengerjakan soal *posttest*. Muderawan et al., (2019) menjelaskan bahwa kesulitan peserta didik dalam memahami materi dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti rendahnya motivasi belajar, keterbatasan waktu pembelajaran serta pengaruh dari teman sebaya.

Berbeda dengan kelas eksperimen, peserta didik dikelas tersebut lebih aktif dalam kegiatan praktikum dan menunjukkan antusiasme yang tinggi dalam menyelesaikan LKPD. Keaktifan peserta didik dalam berdiskusi dengan kelompok juga menandakan tingginya motivasi peserta didik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Arifin et al., (2024), model PBL berfungsi terhadap hasil akhir belajar peserta didik serta peningkatan motivasi belajar peserta didik.

Penjelasan diatas membuktikan bahwa faktor internal yaitu kebiasaan dapat mempengaruhi keterampilan berpikir kritis peserta didik. Pemberian perlakuan juga dapat mempengaruhi hasil akhir belajar. Kelas eksperimen diberi perlakuan dengan menerapkan model PBL yang dipadukan dengan kegiatan praktikum, sehingga peserta didik dituntut untuk aktif mencari materi dan mengorganisir pembelajaran secara mandiri.

Kegiatan praktikum memungkinkan, peserta didik dapat mempelajari materi secara langsung, sehingga pemahaman menjadi lebih konkret. Selain itu, keterlibatan aktif dalam proses belajar memungkinkan mereka lebih mudah menghubungkan teori dengan penerapannya di dunia nyata. Hal ini pada akhirnya meningkatkan pemahaman serta memperkuat daya ingat terhadap materi yang dipelajari. Namun sebaliknya, kelas kontrol diberi perlakuan menggunakan model pembelajaran konvensional, sehingga peserta didik pada kelas eksperimen lebih tertarik untuk mengikuti proses pembelajaran.

Oleh karena itu, pada kelas eksperimen hasil *posttest* lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelas kontrol. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Zahrah et al., (2017) mengungkapkan bahwa peserta didik yang mengikuti pembelajaran dengan model PBL serta kegiatan praktikum memiliki tingkat pengetahuan yang lebih baik dibandingkan dengan peserta didik yang menggunakan model konvensional. Dengan demikian, pendekatan PBL terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman akhir peserta didik.

Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran yang tepat dapat berkontribusi pada

peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Berdasarkan hal tersebut, terdapat dua aspek yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini:

### **1. Pengaruh Model *Problem Based Learning* Pada Praktikum Termokimia Berorientasi *Green Chemistry* Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik**

Untuk melihat pengaruh penerapan model *problem based learning* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik dapat dibuktikan melalui uji t. Hasil uji normalitas dan homogenitas data pretest dan posttest menunjukkan nilai signifikansi diatas 0,05 sehingga memenuhi asumsi untuk dilakukan uji independent sample t-test berdasarkan nilai signifikansi (2-tailed). Hasil uji t terhadap keterampilan berpikir kritis menunjukkan bahwa nilai signifikansi (2-tailed) sebesar 0,000 yang lebih kecil dari 0,05.

Berdasarkan tingkat signifikansi yang diperoleh, hipotesis alternatif dinyatakan diterima sedangkan hipotesis nol ditolak. Hasil analisis penerimaan  $H_a$  membuktikan bahwa variabel bebas (pengaruh model *Problem Based Learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry*) memberikan dampak

yang signifikan terhadap variabel terikat (keterampilan berpikir kritis). Berdasarkan hasil uji statistik t-test, dapat disimpulkan bahwa pemberian model PBL yang dipadukan dengan kegiatan praktikum berorientasi *green chemistry* efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Kategori tingkat pengaruh model PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik masih belum teridentifikasi. Maka dari itu untuk menilai sejauh mana peningkatan keterampilan berpikir kritis sebelum dan sesudah penerapan model PBL yang berfokus pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry*, dilakukan analisis *effect size*. Berdasarkan analisis *effect size*, diperoleh nilai sebesar 1,465 yang mengindikasikan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis dalam kategori efek tinggi. Efek tinggi tersebut menggambarkan bahwa penerapan model PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* mampu memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Persentase *effect size* yang diperoleh sebesar 91,9% menandakan bahwa ada potensi untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran lebih lanjut, khususnya dalam hal peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penerapan model PBL pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* telah memberikan kontribusi yang positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Dengan demikian, pendekatan ini dapat menjadi strategi efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Model PBL memiliki potensi yang signifikan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hal ini disebabkan oleh sintaks PBL yang secara sistematis mengarahkan peserta didik untuk mengidentifikasi, menganalisis, serta mencari solusi atas permasalahan yang diberikan. Setiap tahapan PBL dirancang untuk membangun pola pikir kritis dengan mendorong peserta didik agar lebih aktif dalam proses pembelajaran. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menganalisis bagaimana setiap sintaks dalam model PBL berkontribusi dalam

meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik:

a. Orientasi peserta didik pada masalah

Tahap ini peserta didik diarahkan pada permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari sesuai dengan pokok bahasan yang diajarkan yaitu termokimia. Selanjutnya peserta didik diarahkan untuk mengkaji permasalahan dengan mencari jawaban yang relevan. Tahap ini sejalan dengan indikator keterampilan berpikir kritis menyampaikan penjelasan sederhana, di mana peserta didik dituntut untuk dapat memahami inti permasalahan serta menguraikannya dengan jelas dan sistematis. Menurut Ayuningrum et al., (2015) PBL memberikan masalah nyata yang mendorong peserta didik untuk berpikir secara runtut dan sistematis sehingga tidak hanya membangun pengetahuan baru tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

b. Mengorganisir peserta didik untuk belajar

Tahap ini peserta didik menyusun strategi pembelajaran dan membentuk kelompok untuk melakukan penyelidikan. Keterampilan berpikir

kritis mulai terlihat, khususnya pada kemampuan dalam menyusun strategi dan taktik. Indikator ini bertujuan untuk mengarahkan peserta didik dalam merencanakan langkah-langkah efektif, memecahkan masalah secara sistematis serta mengantisipasi berbagai kemungkinan hambatan selama penyelidikan. Selama proses pembentukan kelompok, peserta didik berdiskusi, bertukar ide, dan bekerjasama untuk menyusun strategi pemecahan masalah dalam menjawab LKPD serta merancang prosedur praktikum. Sejalan dengan penelitian Nurhidayah et al., (2019) bahwa melalui pembelajaran PBL, peserta didik dapat melakukan strategi untuk mencoba menyelesaikan suatu masalah yang mereka temui untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

c. Membimbing penyelidikan individual/kelompok

Tahap ini, peserta didik melakukan penyelidikan dan pengumpulan data untuk menjawab pertanyaan atau memecahkan masalah yang diberikan, serta menyusun kesimpulan berdasarkan bukti yang diperoleh. Penyelidikan ini dilakukan baik melalui LKPD maupun melalui

kegiatan praktikum yang memungkinkan peserta didik mengamati, menganalisis, dan membuktikan konsep secara langsung. Selain itu, peserta didik juga diharapkan mampu merumuskan solusi terhadap permasalahan yang diberikan.

Proses ini berperan penting dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis, khususnya dalam aspek penarikan kesimpulan. Menurut Husen et al., (2017), ketika peserta didik melakukan penyelidikan, peserta didik berusaha mengorganisir pengetahuan yang telah dimiliki dengan mencari fakta dan konsep-konsep umum untuk kemudian ditarik kesimpulan secara khusus. Kegiatan praktikum mendukung proses ini dengan memberikan pengalaman langsung dalam menguji teori, mengembangkan keterampilan observasi, serta meningkatkan pemahaman konsep melalui eksperimen.

d. Mengembangkan dan menyajikan hasil karya

Tahap ini, peserta didik mempresentasikan hasil kerja kelompoknya dan akan ditanggapi oleh kelompok lain. Terjadi diskusi antara kelompok yang menyebabkan terjadinya persamaan dan perbedaan argumen. Aktivitas ini berperan

penting dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, khususnya pada indikator membentuk keterampilan dasar, seperti mengamati, menganalisis, membandingkan informasi dan mengevaluasi argumen. Nurhidayah et al., (2019) menyatakan bahwa aktivitas diskusi dapat menumbuhkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dan menyebabkan proses pembelajaran didalam kelas lebih hidup.

- e. Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

Tahap ini guru membantu peserta didik dalam mengkaji ulang pemecahan masalah yang dibuat serta memotivasi peserta didik agar terlibat aktif dalam proses pemecahan masalah sehingga peserta didik akan melakukan keterampilan berpikir kritis pada indikator menyampaikan penjelasan lanjut. Nurhidayah et al., (2019) menyatakan bahwa pada fase menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah, peserta didik memberikan penjelasan secara lanjut dari hasil pemecahan masalah yang dilakukan oleh kelompok lain dan

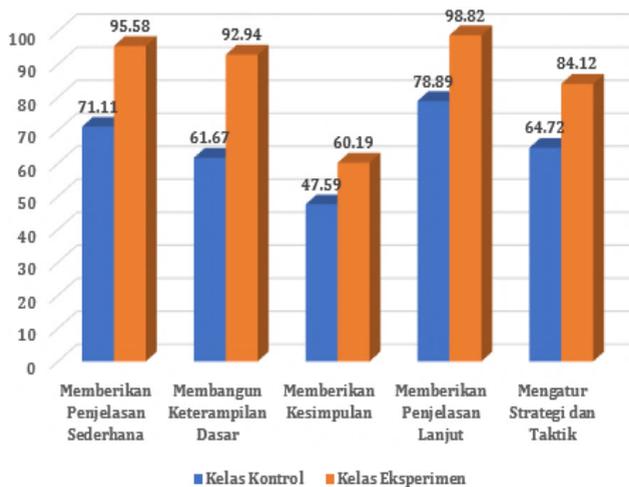
dibandingkan dengan pengetahuan yang mereka miliki untuk memperoleh pemecahan masalah yang tepat.

Hasil penelitian yang diperoleh memiliki relevansi dengan didukung oleh beberapa penelitian di antaranya penelitian Mahardika et al., (2022), yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh model PBL berbasis praktikum terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini didukung oleh Zahrah et al., (2017) yang menunjukkan bahwa model PBL dengan metode praktikum dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dibuktikan dengan peningkatan nilai rata-rata kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Penelitian ini juga didukung oleh Ximena & Nelson (2022) yang menunjukkan bahwa penerapan model *problem based learning* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Ketiga penelitian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti bahwa penerapan model *problem based learning* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

## **2. Keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah diberikan model pembelajaran PBL pada**

## praktikum Termokimia Berorientasi *Green Chemistry*

Analisis indikator berpikir kritis berdasarkan perbandingan hasil *posttest* antar kedua kelas dilakukan untuk mengetahui presentase keterampilan berpikir kritis peserta didik. Analisis ini mengacu pada indikator berpikir kritis menurut Ennis, (2015) untuk menilai perkembangan keterampilan tersebut. Hasil analisis divisualisasikan dalam bentuk diagram batang seperti berikut.



**Gambar 4.3** Persentase Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Tiap Indikator Soal

Berdasarkan data yang diperoleh, keterampilan berpikir kritis tertinggi pada kelas eksperimen terdapat pada indikator memberikan penjelasan lanjut

(*Advance Clarification*). Indikator yang diukur terdapat pada butir soal nomor 2 dan 3 menunjukkan pencapaian sebesar 98,82%, termasuk dalam kategori sangat tinggi. Sementara itu, pada kelas kontrol indikator memberikan penjelasan lanjut (*Advance Clarification*) juga menunjukkan keterampilan berpikir kritis tertinggi dengan persentase 78,89% yang tergolong dalam kategori tinggi. Sebagian besar peserta didik dapat menjawab dengan tepat, tetapi beberapa peserta didik masih mengalami kesulitan meskipun telah memahami konsep dasar. Gambar 4.4 menampilkan jawaban terbaik peserta didik pada indikator memberikan penjelasan lanjut (*Advance Clarification*).

3.2 Ditert: Airuades + NaCl	Suhu mula mula 39°C	
	Suhu setelah direaksi 38°C	Ditanya: reaksi apa yang terjadi?
Airuades + kapur tohor <del>(CaO)</del>	Suhu awal 39°C	
	Suhu akhir 38°C	
<b>Jawab:</b> Airuades + NaCl termasuk reaksi endoterm karena mengalami penurunan suhu dari 39°C menjadi 38°C.		
Airuades + kapur tohor (CaO) termasuk reaksi eksoterm karena mengalami kenaikan suhu dari 39°C menjadi 38°C.		

(a)

2. a. Fenomena 1 termasuk sistem terbuka karena dapat bertukar materi dan energi dengan lingkungannya. Materinya berupa abu vulkanik, gas, dan lava ke permukaan bumi atau atmosfer. Sementara Energinya adalah panas dari magma dalam bumi. Fenomena 2 termasuk sistem tertutup karena hanya bertukar energi, tetapi tidak bertukar materi. Energinya adalah cahaya matahari yang menghangatkan tanaman & udara. Materi Udara dan uap di dalam rumah kaca terperangkap.
- b. Perbedaan sistem terbuka dan tertutup berada di bagaimana sistem bertukar materi & energi dgn lingkungannya. Sistem terbuka dapat bertukar materi dan energi dgn lingkungannya, sementara sistem tertutup hanya dapat bertukar energi dan tidak dapat bertukar materi dgn lingkungannya.

(b)

**Gambar 4.4** (a) (b) Jawaban Terbaik pada Indikator Memberikan Penjelasan Lanjut

Berdasarkan Gambar 4.4, peserta didik menunjukkan kemampuan dalam mengkonstruksi argumen dan merumuskan definisi. Penelitian yang dilakukan oleh Salsabila & Tutut (2021) mengungkapkan bahwa indikator memberikan penjelasan lanjut melatih peserta didik dalam mengkonstruksi argumen, sehingga peserta didik dapat mengemukakan suatu bentuk definisi. Sejalan dengan pendapat Oktaviani et al., (2019), indikator ini juga berperan sebagai upaya meyakinkan diri melalui kegiatan reflektif yang pada akhirnya menuntun pada sebuah keputusan yang nyata. Selanjutnya, penelitian Rahmawati et al., (2016) menunjukkan bahwa indikator memberikan penjelasan lanjut

menggambarkan bahwa peserta didik sudah mampu mengembangkan dan memperjelas informasi secara mendalam serta menghubungkan konsep-konsep yang relevan secara logis. Oleh karena itu, memberikan penjelasan lanjut menjadi aspek penting yang perlu ditingkatkan untuk mendukung pengembangan berpikir kritis peserta didik secara menyeluruh.

Selanjutnya indikator terendah pada kelas eksperimen terdapat pada indikator kesimpulan (*conclusion*). Indikator ini terdapat pada butir soal nomor 5, 7 dan 8 dengan persentase 60,19% tergolong dalam kategori cukup. Sementara itu pada kelas kontrol, indikator kesimpulan (*conclusion*) juga menunjukkan keterampilan berpikir kritis terendah dengan persentase 47,59% yang termasuk dalam kategori rendah. Sejalan dengan penelitian Affandy et al., (2019), mengungkapkan bahwa pada indikator membuat kesimpulan, keterampilan berpikir kritis peserta didik berada pada tingkat rendah dengan persentase 15,15%. Hasil jawaban peserta didik pada indikator kesimpulan disajikan pada Gambar 4.5.

$\text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$		
Reaksi awal	$\Delta H$ (kJ/mol)	
$\text{CaO}_{(s)} + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CaO}_{(s)}$	-635	$\rightarrow$ (Pindah)
$\text{Ca}_{(s)} + \text{O}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	-986	$\rightarrow$ (tetap)
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	-82	$\rightarrow$ (tetap)
$\text{H}_2(g) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-286	$\rightarrow$ (Pindah)
Reaksi Selesai	$\Delta H$ (kJ/mol)	
$\text{CaO}_{(s)} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \frac{1}{2} \text{O}_2$	+635	
$\text{Ca}_{(s)} + \text{O}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	-986	
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$	-82	
$\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \frac{1}{2} \text{O}_2(g)$	+286	
	-147 kJ/mol	(ekstoterm)

(a)

2.3 Diket: Aquades 28°C	Volume aquades 100 ml
Aquades + NaCl 28°C	Massa NaCl 4 gr
Aquades + Kapur tohor 32°C	Massa kapur tohor 4 gr
Ditanya: nilai Q reaksi total?	
Jawab: $Q \text{ NaCl} = m \cdot c \cdot \Delta T$	$Q \text{ CaO} = m \cdot c \cdot \Delta T$ $n(\text{CaO}) = \frac{4}{56} = 0,071$
$n \text{ NaCl} = \frac{4}{58,5} = 0,068$	$n \text{ CaO} = \frac{4}{56} = 0,071$
$Q \text{ NaCl} = 109 \cdot 4 \cdot 2 = 872 \text{ J}$	$Q \text{ CaO} = 109 \cdot 4 \cdot 2 = 872 \text{ J}$
$\Delta H = \frac{Q}{n} = \frac{872}{0,068} = 12823 \text{ J}$	$\Delta H = \frac{Q}{n} = \frac{872}{0,071} = 12283 \text{ J}$
$\Delta H = 6.423 \text{ J} = 6,423 \text{ KJ}$	$\Delta H = -18.456 \text{ J} = -18,456 \text{ KJ}$

(b)

5.4 Diket: $\text{Fe}_2\text{O}_3$ $\Delta H_f^\circ = -198,5 \text{ kkal/mol} = -831,5 \text{ kJ/mol}$	Ditanya: nilai perubahan entalpi reaksi dan reaksi yang terjadi?
$\text{CO}_2$ $\Delta H_f^\circ = 94,1 \text{ kkal/mol} = 394 \text{ kJ/mol}$	
$\text{CO}$ $\Delta H_f^\circ = 26,1 \text{ kkal/mol} = 110,5 \text{ kJ/mol}$	
<del>Reaksi</del> $\text{Fe}_2\text{O}_3(s) + 3\text{CO}(g) \rightarrow 2\text{Fe}(s) + 3\text{CO}_2(g)$	
Jawab: $\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$	Jadi, reaksi tersebut termasuk
$= (0 + (3 \cdot (-394))) - (1 \cdot (-831,5) + (3 \cdot (-110,5)))$	reaksi ekotermi karena
$= (0 + (-1182)) - (-831,5) + (-331,5)$	melepas kalor
$= -19,5 \text{ kJ}$	

(c)

Gambar 4.5 (a)(b)(c) Jawaban Terbaik pada Indikator Kesimpulan

Berdasarkan Gambar 4.5, peserta didik mampu melakukan analisis dengan baik tetapi tidak dapat menarik kesimpulan dari permasalahan yang telah

disajikan. Temuan ini didukung oleh penelitian Gustianingrum et al., (2023), yang menyatakan bahwa peserta didik sering kali lupa menyusun kesimpulan dari jawaban yang telah dibuat. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Zahro & Lutfianasari (2024) mengungkapkan bahwa rendahnya capaian peserta didik pada indikator kesimpulan disebabkan oleh keterbatasan kemampuan analitis peserta didik dalam memproses informasi menjadi kesimpulan. Akibatnya, peserta didik cenderung memberikan jawaban sederhana tanpa penjabaran berdasarkan teori.

Keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen lebih unggul dibandingkan kelas kontrol karena dipengaruhi oleh faktor kebiasaan dalam kegiatan praktikum dan pengerjaan LKPD. Penerapan model PBL dalam pembelajaran melibatkan praktikum sebagai bagian dari proses penyelidikan dan pemecahan masalah, yang memungkinkan peserta didik untuk memahami konsep nyata. Melalui kegiatan praktikum, peserta didik dilatih untuk memahami konsep secara nyata, melakukan eksperimen, serta mencari solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan materi yang dipelajari. Dengan demikian, peserta didik terbiasa

melatih keterampilan berpikir kritis, sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal.

Menurut Sirait (2019), kebiasaan belajar peserta didik dapat bervariasi, dan salah satu faktor yang mempengaruhinya adalah pemilihan model pembelajaran yang sesuai. Penerapan model pembelajaran yang sesuai dapat memberikan dampak positif terhadap keberhasilan peserta didik dalam memahami materi. Selain itu Afriyanti et al., (2021) menyatakan bahwa peserta didik memiliki kecenderungan untuk mengontrol perilaku dan proses berpikir melalui kebiasaan berpikir yang efektif. Dari penjelasan tersebut, maka faktor kebiasaan dapat mempengaruhi keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebebasan yang diberikan guru kepada peserta didik untuk bertanya dan menyampaikan pendapat membantu dalam memahami materi pelajaran dengan lebih baik. Selain itu, bimbingan yang diberikan guru memungkinkan peserta didik untuk memecahkan masalah, sehingga interaksi yang terjadi dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sejalan dengan Risandy et al., (2024), inetraksi antara guru dan peserta didik

berperan penting dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, sehingga suasana belajar harus mendukung kebebasan dan rasa aman bagi peserta didik dalam mengekspresikan pendapat.

Hal tersebut sesuai dengan sintaks model PBL yang memungkinkan peserta didik untuk bertanya dan mencari informasi terkait permasalahan dalam materi pembelajaran. Melalui pendekatan ini, peserta didik lebih aktif dalam mengeksplorasi dan memahami konsep yang dipelajari. Oleh karena itu, kelas eksperimen yang menerapkan model PBL menunjukkan keterampilan berpikir kritis yang lebih baik dibandingkan kelas kontrol.

#### **D. Keterbatasan Penelitian**

Penelitian yang telah dilakukan masih memiliki keterbatasan, sebagai berikut:

##### **1. Keterbatasan Tempat Penelitian**

Penelitian ini hanya dilakukan di SMA Negeri 10 Semarang, khususnya di kelas XI-4 dan XI-5. Oleh sebab itu, hasil yang diperoleh mungkin tidak mewakili situasi atau kondisi disekolah lain dengan karakteristik peserta didik yang berbeda.

## 2. Keterbatasan Waktu Penelitian

Durasi penelitian yang terbatas memberikan waktu yang singkat untuk mengamati perubahan yang terjadi pada keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian dilakukan selama proses penyusunan skripsi dan hanya dapat mengumpulkan data yang relevan dengan penelitian.

## 3. Keterbatasan Tempat & Peralatan Praktikum

Kegiatan praktikum pada penelitian ini hanya dapat dilakukan di dalam kelas. Hal ini dikarenakan laboratorium kimia yang telah berfungsi menjadi ruang kelas, sehingga tidak dapat digunakan untuk kegiatan praktikum. Selain itu keterbatasan alat dan bahan disekolah mengharuskan peneliti menyediakan sendiri peralatan yang diperlukan agar praktikum dapat tetap terlaksana.

## 4. Keterbatasan Kemampuan

Peneliti memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan yang dimiliki selama penelitian. Meskipun demikian, penelitian ini dilakukan secara maksimal sesuai dengan arahan dari dosen pembimbing.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Simpulan**

Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui uji t nilai signifikansi (2-tailed) sebesar 0,000, bahwa penerapan model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Uji peningkatan keterampilan berpikir kritis menggunakan *effect size* dan didapatkan hasil sebesar 1,465 atau 91,90% berdasarkan interpretasi Cohen's. Besaran peningkatan keterampilan berpikir kritis ini berkategori tinggi.

#### **B. Implikasi**

Berdasarkan pada simpulan hasil penelitian yang telah disajikan, dapat diidentifikasi bahwa implikasi yang dapat diambil adalah terkait dengan penerapan model *problem based learning* pada praktikum termokimia berorientasi *green chemistry* dapat digunakan sebagai acuan dalam mengukur dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

#### **C. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan bahan

pertimbangan untuk penelitian selanjutnya maupun bagi praktisi pendidikan. Penelitian ini, model pembelajaran yang diterapkan hanya berorientasi pada *Problem Based Learning* (PBL), namun belum sepenuhnya berbasis PBL secara utuh. Hal ini terlihat dari penyusunan skenario pembelajaran masih terbatas pada konteks masalah yang belum sepenuhnya menggambarkan masalah nyata dan terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

Oleh karena itu, disarankan agar pada penelitian selanjutnya, *model Problem Based Learning* dapat diterapkan secara lebih komprehensif dan mendalam, dengan mengangkat permasalahan yang benar-benar kontekstual dan dekat dengan kehidupan peserta didik. Wacana fakta dan pertanyaan yang dikembangkan sebaiknya diarahkan pada isu-isu nyata yang relevan, seperti permasalahan lingkungan, sosial, atau teknologi, sehingga mampu merangsang kemampuan berpikir kritis peserta didik secara lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, H., Aminah, N., S., & Supriyanto, A. (2019). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Fluida Dinamis di SMA Batik 2 Surakarta. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika (JMPF)*, 9(1), 25–33.
- Afriyanti, E., Japa, I. G. N., & Renda, N. T. (2021). Hubungan Kebiasaan Belajar dengan Hasil Belajar IPA Siswa. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*, 4(2), 338.
- Aiken, L. (1985). *Three Coefficient for Analyzing the Reliability and Validity of Ratings* (pp. 131–142). Educational and Psychological Measurement.
- Anas, S. (2010). *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: PT. Raja Grafindo.
- Anastes PT & Warner Jc. (1998). *Green Chemistry: Theory And Practice*. Oxford science Publications, Oxford.
- Antara, I. P. P. A. (2022). Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kimia Pada Pokok Bahasan Termokimia. *Journal of Education Action Research*, 6(1), 15.
- Arifin, M., Yunira, Y., Harahap, S. E., & Marbun, E. (2024). Penerapan Model PBL dalam Pembelajaran IPAS untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Siswa. *Journal of Education Research*, 5(4), 6109–6121.
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2021). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan* (3rd ed.). Jakarta: Bumi Aksara.
- Ayuningrum, D., Mulyani, S., & Susilowati, E. (2015). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Materi Protista. *Unnes Journal of Biology Education*, 4(2).
- Battino, R., & Letcher, T. M. (2022). Chemical Thermodynamics—A Practical Wonderland. *Journal Thermo*, 2(1), 84–89.
- Bensley, D. A., Rainey, C., Murtagh, M. P., Flinn, J. A., Maschiochi, C., Bernhardt, P. C., & Kuehne, S. (2016).

- Closing the assessment loop on critical thinking: The challenges of multidimensional testing and low test-taking motivation. *Journal Thinking Skills and Creativity*, 21, 158–168.
- Berata, I. W. (2022). Paradigma Pengajaran Dari Pembelajaran Tcl (Teacher Center Learning) Menuju Scl (Student Center Learning). *Jurnal Inovasi*, 8(8), 50–55.
- Chaira, L & Hardeli, H. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Model Guided Discovery Learning dengan Teknik Probing Prompting Question pada Materi Termokimia Kelas XI SMA. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 16–24.
- Chang, R. (2010). *Chemistry. 10th edn, Progress in Nuclear Energy. 10th edn*. New York: Mcgraw-Hill Companies.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education (8th ed.)*. London: Routledge.
- David W. Oxtoby. (2001). *Prinsip-Prinsip Kimia Modern Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Dwiastuti, S., Maridi, & Yuhana. (2019). Pengaruh model Pembelajaran Inquiry Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Proceeding Biology Education Conference*, 16(1), 146–149.
- Ennis. (2015). The Nature of Critical Thinking: Outlines of General Critical Thinking Disposition and Abilities. *Sixth International Conference on Thinking at MIT, 2013*, 1–8.
- Facione, P. (1990). *Critical thinking: A Satement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assesment and Intruction Exesutive Sumarry The Delphi Report* (pp. 1–19). The California Academic Press.
- Faqiroh, B. Z. (2020). Problem Based Learning Model for Junior High School in Indonesia (2010-2019). *Indonesian Journal of Curriculum and Educational Technology Studies*, 8(1), 42–48.
- Feng, M., & Xia, X. (2023). Discussing the Effect of Computer-Based Instruction on College Students' Learning Outcomes in Statistics. *2023 IEEE 12th International Conference on Educational and Information Technology*,

*ICEIT 2023*, 59–62.

- Gunawan, I. (2016). *Pengantar Statistika Inferensial*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Gustianingrum, R. A., Murni, A., & Maimunah. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik dalam Menunjang Penguatan Profil Pelajar Pancasila. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 6, 465–471.
- Hakim, F., & Zammi, M. (2020). Authentic-Peer Assessment Instrument to Measure the Ability of A Chemistry Teacher Candidate Evaluation on Basic Chemistry Small Skill Laboratory Works. *Journal of Physics: Conference Series*, 1539(1).
- Hamidy, A. N., & Nuraini, L. (2023). Pengaruh Metode Praktikum terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Pengukuran di SMAN 5 Jember. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 8(3), 186–195.
- Handayani, N., Winarni, E. W., & Susanto, A. (2024). Pengaruh Penerapan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Problem Based Learning (PBL) Pada Pembelajaran IPA dengan Materi Siklus Air Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas V SD. *Jurnal KAPEDAS: Kajian Pendidikan Dasar*, 3(1), 151–156.
- Hartono, P. I., Suharto, Y., Alfi, S., & Hadi, S. (2022). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Pedagogika*, 3(8), 163–183.
- Humaira, Jamhari, M., Bialangi, M. S., & Paudi, R. I. (2020). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Mata Pelajaran IPA Biologi di SMP Negeri 7 Palu. *Journal of Biology Science and Education*, 8(1), 593–601.
- Husen, A., Indriwati, S. E., & Lestari, U. (2017). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMA Melalui Implementasi Problem Based Learning Dipadu Think Pair Share. *Jurnal Pendidikan:Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 2(6), 853–860.

- Kartyka Nababan. (2023). Peran Kreativitas Guru dan Ketersediaan Laboratorium Dalam Pelaksanaan Praktikum Kimia Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA. *Journal Syntax Idea*, 5(10), 1-23.
- Koeper, I., Shapter, J., North, V., & Houston, D. (2020). Turning Chemistry Education On Its Head: Design, Experience and Evaluation of a Learning-Centred 'Modern Chemistry' Subject. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 17(3), 1-15.
- Mahardika, I. K., Izza, N. N., Dharmawan, W., & Nisa, A. L. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Berbasis Praktikum Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas VIII Pada Pembelajaran IPA di SMPNegeri 9 Jember. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(24), 393-399.
- Muchtaridi & Justiana, S. (2006). *Kimia 2 Untuk SMA Kelas XI* (Edisi Pert). Jakarta: Yudhistira.
- Muderawan, I. W., Wiratma, I. G. L., & Nabila, M. Z. (2019). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kesulitan Belajar Siswa Pada Materi Kelarutan Dan Hasil Kali Kelarutan. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 3(1), 17.
- Mulyanti, S. & Chamidah N, A. (2021). Green Chemistry-Based Reaction Rate Practice Through Online Media: An Analysis Of Teachers' And Students' Responses. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 48-57.
- Mulyanti, S. & Kadarohman, A. (2021). Students attitude towards green chemistry and its application. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1).
- Musdja, Yanis M, Fauziah F, A. A. (2016). Pengembangan Kimia Berbasis Kearifan dan Sumber Daya Alam Lokal: Integrasi Riset, Pendidikan dan Industri. *Prosiding Seminar Nasional Kimia (SNK) 2016*, 62, 978-979.
- Nanik murti Prasetyanti. (2016). Penerapan Pbl Berbasis Kegiatan Praktikum Untuk Meningkatkan Iklim Kelas, Motivasi Belajar Dan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik

- Kelas Xii Mipa-6 Sma. *Lembaran Ilmu Kependidikan*, 45(2), 52-62.
- Nurdyansyah & Fahyuni, E. F. (2016). *Inovasi Model Pembelajaran*. Sidoarjo: Nizamia Learning Center.
- Nurhidayah, A., Jumadi, O., & Pallenari, M. (2019). Pembentukan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik melalui Model Problem Based Learning di SMAN 14 Bone. *Seminar Nasional Biologi*, 141-150.
- Oktaviani D. P, Nevrita, N. E. K. H. (2019). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Aspek Advanced Clarification dan Inference pada Konsep Sistem Pencernaan Di Kelas XI MIPA SMA Negeri 2 Tanjungpinang. *Pedagogi Hayati*, 3(2), 32-35.
- Ong, E. T., Luo, X., Yuan, J., & Yingprayoon, J. (2020). The Effectiveness of a Professional Development Program on the use of STEM-based 5E Inquiry Learning Model for Science Teachers in China. *Journal Science Education International*, 31(2), 179-184.
- Pradani Y, A & Supardi U, S. (2023). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Reaksi Redoks Kelas X SMA Darunnajah jakarta. *EDUCATIONAL: Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Pengajaran*, 3(4), 17-23.
- Perosa, A., Gonella, F., & Spagnolo, S. (2019). Systems Thinking: Adopting an Emergy Perspective as a Tool for Teaching Green Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2784-2793.
- Rahmawati, I., Hidayat, A., & Rahayu, S. (2016). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP Pada Materi Gaya dan Penerapannya. In *Pros. Semnas Pend. IPA Pascasarjana UM* (Vol. 1). Pros. Semnas Pend. IPA Pascasarjana UM.
- Ram, P. (1999). Problem-Based Learning in Undergraduate Instruction. A Sophomore Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 76(8), 1122.
- Ramadhanti, A., & Agustini, R. (2021). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik melalui Model Inkuiri

- Terbimbing Pada Materi Laju Reaksi. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 7(2), 385–394.
- Ramadhan, A & Mardin, S. (2023). Problem-based learning: Improving critical thinking abilities, science literacy and students' independence in biology. *International Journal of Science and Research Archive*, 10(2), 772–779.
- Redhana, I.W., & Merta, L. M. (2017). Green Chemistry Praticum To Improve Student Learning Outcomes Of Reaction Rate Topic. *Cakrawala: Jurnal Pendidikan*, XXXVI, 1–6.
- Rerung N, Iriwi L.S. Sinon, S. W. W. (2017). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik SMA Pada Materi Usaha dan Energi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 1(2), 47–55.
- Retnawati, H. (2016). *Analisis kuantitatif Instrumen Penelitian (Panduan Peneliti, Mahasiswa, dan Psikometrian)*. Parama Publishing.
- Retno, A. T. P., Saputro, S., & Ulfa, M. (2018). Properness test: Development of an inquiry-based learning module to improve science literacy in thermochemistry subject. *AIP Conference Proceedings*.
- Risandy, L. A., Rofisian, N., Ferryka, P. Z., Jl, A., Hajar, K., Utara, K. K., & Klaten, K. (2024). Peran Guru dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Pelajaran IPAS Kelas IV di SDN 1 Beluk. *Katalis Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Matematika*, 1(3), 285–298.
- S, Salsabilla & T, N. (2021). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Menggunakan Model Pembelajaran Guided Inquiry Learning pada Materi Energi dalam Sistem Kehidupan. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 9(3), 272–281.
- Salih, K. E. M. A., El-Samani, E.-F. Z., Bilal, J. A., Hamid, E. K., Elfaki, O. A., Idris, M. E. A., Elsiddig, H. A., Salim, M. M., Missawi, H., Abass, M., & Elfakey, W. (2021). Team-Based Learning and Lecture-Based Learning: Comparison of

- Sudanese Medical Students' Performance. *Journal Advances in Medical Education and Practice*, 12, 1513–1519.
- Salsabila Septiara, T. N. (2021). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Menggunakan Model Pembelajaran Guided Inquiry Learning Pada Materi Energi Dalam Sistem Kehidupan. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 9(3), 272–281.
- Sandi, K., & Fatisa, Y. (2023). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Larutan Penyangga Menggunakan Metode Praktikum Virtual. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 2(1), 50.
- Saputra, M. D., Joyoatmojo, S., Wardani, D. K., & Sangka, K. B. (2019). Developing critical-thinking skills through the collaboration of Jigsaw model with problem-based learning model. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1077–1094.
- Sarifah, F., & Nurita, T. (2023). Implementasi Model Pembelajaran inkuiri Terbimbing Untuk meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Siswa. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 11(1), 22–31.
- Sirait, E. D. (2019). Pengaruh Gaya dan Kebiasaan Belajar terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Matematika. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 4(1).
- Subandi, E., Joharmawan, R., & Santoso, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Problem Based Learning (Pbl)-Study History Sheet (Shs) Bahan Ajar Berbasis Green Chemistry Pada Materi Kelarutan Dan Hasil Kali Kelarutan Terhadap Prestasi Belajar Belajar Siswa Kelas Xi Sma Negeri 10 Malang. *J-PEK (Jurnal Pembelajaran Kimia)*, 2(2), 41–49.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Manajemen*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Administrasi: Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suhirman, S., Prayogi, S., & Asy'ari, M. (2021). Problem-Based Learning with Character-Emphasis and Naturalist

- Intelligence: Examining Students Critical Thinking and Curiosity. *International Journal of Instruction*, 14(2), 217–232.
- Sulastry T, Rais A. N, Herawati N. (2023). Efektivitas Model Pembelajaran Problem Based Learning pada Materi Asam Basa Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(1), 142–151.
- Suswati, U. (2021). Penerapan Problem Based Learning (Pbl) Meningkatkan Hasil Belajar Kimia. *TEACHING: Jurnal Inovasi Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 1(3), 127–136.
- Suyahni, E. (2016). *Siap Jadi Juara OSN Kimia SMA*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Suyatman, & Taher, T. (2020). Analisis Miskonsepsi Siswa Kelas Xi Madrasah Aliyah Negeri 1 (Man 1) Lampung Timur Dalam Mempelajari Pokok Bahasan Termokimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 14(2), 2619–2628.
- Syafei, I. (2016). Pengembangan Model Pembelajaran Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Psymphatic: Jurnal Ilmiah Psikologi*, 2, 133–140.
- Watoni, H. (2013). *Kimia Untuk SMA/MA Kelas XI Peminatan*. Bandung: Yrama Widya.
- Ximena C, S. & Nelson M, C. (2022). Contribution of problem-based learning in Critical Thinking. *Journal Revista Interuniversitaria de Formacion del Profesorado*, 97(36.3), 11–28.
- Yuniar, S. A., Zammi, M., & Suryandari, E. T. (2019). Pengembangan Petunjuk Praktikum berbasis Green Chemistry pada Materi Stoikiometri Kelas X di SMAN 7 Semarang. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 1(2), 51.
- Yunitamara, B., Mulyanti, S., & Sari, W. K. (2023). Development of Electronic Module Based on Green Chemistry on Reaction Rate Material. *Jurnal Education and Development*, 11(2), 245–249.
- Zahrah, F., Halim, A., & Hasan, M. (2017). Penerapan Praktikum Dengan Model Problem Based Learning (Pbl) Pada Materi Laju Reaksi Di Sma Negeri 1 Lembah Selawah. *Jurnal*

*Pendidikan Sains Indonesia*, 5(2), 115–123.

Zahro, M., & Lutfianasari, U. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Problem-Based Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Aktivitas Belajar Peserta Didik pada Materi Hidrolisis Garam. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 18(1), 17–22.

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Surat Penunjukkan Pembimbing



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus III) Ngaliyan Semarang 50185  
Email: [fst@walisongo.ac.id](mailto:fst@walisongo.ac.id), Web: [fst.walisongo.ac.id](http://fst.walisongo.ac.id)

Nomor : B.1772/Un.10.8/J.7/DA.04.01/03/2024

18 Maret 2024

Lamp :

Perihal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Kepada Yth:

1. Dr. Sri Mulyanti, M. Pd
2. Fachri Hakim, M. Pd

Di tempat

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Dengan hormat kami sampaikan, Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian di Program Studi Pendidikan Kimia, Kami mohon berkenan Bapak/Ibu untuk membimbing Skripsi atas nama:

Nama : Ramona Wahyu Ningrum

NIM : 2108076092

Prodi : Pendidikan Kimia

Judul : Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbantuan LKPD Terintegrasi Praktikum *Green Chemistry* Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa.

Demikian Penunjukan pembimbing Skripsi ini kami sampaikan terima kasih dan untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*



Dekan,  
Ketua Prodi Pendidikan Kimia

Atik Rahmawati, S.Pd, M.Si  
NIP. 197505162006042002

Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

## Lampiran 2. Surat Permohonan Riset

## a. Permohonan Riset ke Sekolah



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
 Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km.1 Semarang  
 E-mail: [fst@walisongo.ac.id](mailto:fst@walisongo.ac.id), Web: <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.9273/Un.10.8/K/SP.01.08/12/2024

Semarang, 11 Desember 2024

Lamp : Proposal Skripsi

Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth.  
 Kepala Sekolah SMA Negeri 10 Semarang  
 Jl. Padi Raya No. 16, Gebangsari, Genuk, Semarang  
 di tempat

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

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

Nama : Ramona Wahyu Ningrum  
 NIM : 2108076092  
 Jurusan : PENDIDIKAN KIMIA  
 Judul : Pengaruh Model Problem Based Learning Pada Praktikum Termokimia Berorientasi Green Chemistry Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik  
 Semester : VII (Tujuh)

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut, Meminta ijin melaksanakan Riset di tempat Bapak / ibu pimpin, yang akan dilaksanakan 13 Desember 2024 - 28 Februari 2025.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*



Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo ( sebagai laporan )
2. Arsip

b. Permohonan Riset dari Cabang Dinas Pendidikan  
Wilayah 1



**PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH**  
**DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**CABANG DINAS PENDIDIKAN WILAYAH I**

Jalan Gatot Subroto, Komplek Tarubudaya, Ungaran Telepon (024) 76910066  
Faksimile (024) 76910066 Laman cabdin1.pdkjateng.go.id  
Surat Elektronik cabdesdikwil1@gmail.com

**NOTA DINAS**

Yth. : Kepala SMA Negeri 10 Semarang  
Dari : Kepala Cabang Dinas Pendidikan Wilayah I  
Tanggal : 12 Desember 2024  
Nomor : 000.9.2/2929  
Sifat : Biasa  
Hal : Izin Riset

Menindaklanjuti surat permohonan dari Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Nomor : 8.9273/Un.10.8/K/SP.01.08/12/2024 tanggal 11 Desember 2024, perihal Permohonan Izin Riset sebagaimana tersebut pada pokok surat diatas, kami sampaikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kepala Cabang Dinas Pendidikan Wilayah I Dinas Pendidikan Dan Kebudayaan Provinsi Jawa Tengah, memberikan izin kepada :

Nama : Ramona Wahyu Nlgrum  
NIM : 2108076092  
Jurusan : Pendidikan Kimia  
Judul : Pengaruh Model Problem Based Learning pada  
Praktikum Termokimia Berorientasi Green  
Chemistry terhadap Keterampilan Berpikir Kritis  
Peserta Didik

2. Kegiatan dilaksanakan pada :

Tanggal : 13 Desember 2024 s.d 28 Februari 2024  
Lokasi : SMA Negeri 10 Semarang

3. Hal - hal yang perlu diperhatikan:

- a. Harus sesuai dengan peraturan yang berlaku;
- b. Kepala Sekolah bertanggung jawab penuh terhadap pelaksanaan izin riset;
- c. Saat pelaksanaan Izin Riset tidak mengganggu proses jam belajar mengajar;
- d. Pemberian izin ini hanya untuk kegiatan tersebut diatas, apabila dalam pelaksanaan terjadi penyimpangan dari ketentuan yang telah ditetapkan maka pemberian izin ini dicabut;
- e. Apabila Kegiatan tersebut telah selesai agar segera memberikan laporan hasil kegiatan ke Cabang Dinas Pendidikan Wilayah I.

Demikian untuk menjadikan maklum dan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

a.n. Kepala Cabang Dinas Pendidikan Wilayah I  
Kepala Sub Bagian Tata Usaha



ANGKY MAYANG SASWATI, S.Psi, M.Si  
Pembina  
NIP. 19791005 200801 2 001



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik dengan menggunakan Sertifikat Elektronik yang diterbitkan oleh  
Direktori Nasional Elektronik (DIRE) DBSN.

### 'Lampiran 3. Surat Penunjukkan Validator



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang 50185  
E-mail: [fst@walisongo.ac.id](mailto:fst@walisongo.ac.id) Web : <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.9225/Un.10.8/D/SP.01.06/12/2024 10 Desember 2024  
Lamp : -  
Hal : Permohonan Validasi Instrumen

Kepada Yth.

1. Julia Mardhiya, M.Pd  
Validator Instrumen Ahli Soal  
(Dosen PENDIDIKAN KIMIA FST UIN Walisongo)
2. Dr Suwahono, M. Pd  
Validator Instrumen Ahli Soal  
(Dosen PENDIDIKAN KIMIA FST UIN Walisongo)
3. Subuh Jaelani , M.Pd  
Validator Instrumen Ahli Soal  
(Guru SMA Negeri 10 Semarang)  
di tempat.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu/Saudara menjadi validator ahli instrumen untuk penelitian skripsi:

Nama : **Ramona Wahyu Ningrum**  
NIM : 2108076092  
Program Studi : PENDIDIKAN KIMIA  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Walisongo  
Judul : Pengaruh Model Problem Based Learning Pada  
Praktikum Termokimia Berorientasi Green Chemistry  
Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Demikian atas perhatian dan berkenannya menjadi validator ahli instrument kami ucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Dekan,  
Kabag. Tata Usaha,  
  
Muh. Kharis, SH, M.H  
NIP. 19691017 199403 1 002

## Lampiran 4. Surat Keterangan Riset



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH  
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
SEKOLAH MENENGAH ATAS NEGERI 10  
SEMARANG



Jalan Padi Raya No 16, Kec. Genuk Kota Semarang Kode Pos 50117  
Telepon 024-6594078, email : smanegeri10smg@gmail.com, laman : <http://www.sman10-semarang.sch.id>

**SURAT KETERANGAN TELAH MELAKSANAKAN PENELITIAN**

Nomor : 070/099

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala SMA Negeri 10 Semarang :

Nama : **Akhirul Fathoni, S.E.**  
NIP : 19840218 200903 1 003  
Pangkat / Gol : Penata Tingkat I, III/d

Menerangkan bahwa :

Nama : **Ramona Wahyu Ningrum**  
NIM : 2108076092  
Progdi : S1, Pendidikan Kimia  
Universitas : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

Telah melaksanakan Penelitian di SMA Negeri 10 Semarang pada tanggal 13 Desember 2024 s.d 25 Februari 2025 dengan Judul "*Pengaruh Model Problem Based Learning Pada Praktikum Termokimia Berorientasi Green Chemistry Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik*".

Demikian surat keterangan ini kami buat, agar dapat digunakan sebagaimana mestinya..

Semarang, 26 Februari 2025  
Kepala SMA Negeri 10 Semarang  
  
**AKHIRUL FATHONI, S.E.**  
Penata Tk. I  
NIP. 19840218 200903 1 003

## Lampiran 5. Hasil Wawancara oleh Guru Kimia

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Apakah pembelajaran kimia yang dilakukan sudah menerapkan kurikulum merdeka?	Sudah, tetapi untuk kelas 12 saat ini masih menggunakan kurikulum 2013
2	Kesulitan apa yang biasa dialami ketika pembelajaran kimia?	Kadang siswa sulit untuk memahami materi kimia, saya harus berulang kali untuk menjelaskannya dan terkadang ada siswa yang hanya diam saja ketika belum paham
3	Menurut ibu/bapak, selama proses pembelajaran kira-kira materi yang dianggap sulit oleh peserta didik itu materi apa ?	Mungkin untuk kelas 11 itu termokimia ya mba, karena anak-anak tidak terlalu suka dengan materi yang berbau perhitungan dan perubahan reaksi
4	Menurut ibu/bapak apa penyebab siswa sulit memahami materi (termokimia)?	Karena materinya yang bersifat abstrak dan banyak proses perhitungan, siswa juga kurang tertarik untuk mau belajar pada materi termokimia
5	Kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi termokimia bagaimana ya bu/pak?	Jika dilihat dari rata-rata nilai ulangan hariannya ya rendah ya, dibandingkan dengan materi lainnya
6	Metode pembelajaran apa yang sering digunakan dalam proses pembelajaran kimia?	Saya selama pembelajaran selalu menggunakan model ceramah

7	Apakah dalam pembelajaran pernah menerapkan model PBL?	Dulu pernah sekali ya, tapi saya kesulitan ya mba selama penerapannya, siswanya juga jadi ikut bingung. Terus saya balik ke model ceramah
8	Apakah dalam pembelajaran kimia dilakukannya kegiatan praktikum?	Kalau praktikum disini ngga pernah diadakan sama sekali. Kendalanya di sarana dan prasarana. Tempat laboratoriumnya udah beralih fungsi, sekarang dijadikan kelas untuk tempat transit mahasiswa plp. Bahannya ada tapi udah pada kedaluarsa, alatnya juga banyak yang retak udah nggabisa digunakan.
9	Bagaimana pendapat ibu/bapak mengenai praktikum berbasis <i>green chemistry</i> ?	Sangat bagus dilakukan dan dianjurkan untuk diterapkan karena biaya yang sedikit dan tidak mencemari lingkungan
10	Sumber belajar apa yang biasa ibu/bapak gunakan saat proses pembelajaran?	Buku paket, LKS

## Lampiran 6. Kisi-Kisi Lembar Angket Kebutuhan Peserta Didik

No	Pertanyaan
1	Apakah mata Pelajaran kimia sulit/rumit untuk dipelajari?
2	Apakah menurut anda materi temrokimia sulit/rumit untuk dipelajari
3	Alasan kenapa materi termokimia sulit?
4	Model pembelajaran apa yang sering digunakan oleh guru mata pelajaran kimia?
5	Pernahkah saat pembelajaran kimia guru menggunakan model PBL (Pembelajaran dengan menyajikan masalah yang autentik dengan kehidupan sehari-hari) lalu dari permasalahan tersebut kalian cari solusinya dengan mengkiatkan teori kimia yang sedang dipelajari?
6	Apakah model pembelajaran yang digunakan guru membuat siswa cepat bosan/mengantuk ketika proses pembelajaran kimia?
7	Apakah guru anda menggunakan LKPD dalam proses pembelajaran kimia?
8	Apakah selama pembelajaran kimia terdapat kegiatan Praktikum?
9	Apakah Anda membutuhkan kegiatan pembelajaran interaktif seperti praktikum pada saat pembelajaran kimia?
10	Apakah anda mengetahui praktikum berbasis green chemistry (kimia hijau)?

## Lampiran 7. Hasil Angket Kebutuhan Peserta Didik

No	Pertanyaan	Jawaban	Persentase
1	Apakah mata Pelajaran kimia sulit/rumit untuk dipelajari?	Ya	76,7%
		Tidak	23,3%
2	Apakah menurut anda materi temrokimia sulit/rumit untuk dipelajari	Ya	76,7%
		Tidak	23,3%
3	Alasan kenapa materi termokimia sulit?	Banyak perhitungan dan perubahan reaksi	100%
4	Model pembelajaran apa yang sering digunakan oleh guru mata pelajaran kimia?	Ceramah	25,6%
		Menulis dipapan tulis dan mencatat	72,1%
		PBL	2,3%
5	Pernahkah saat pembelajaran kimia guru menggunakan model PBL (Pembelajaran dengan menyajikan masalah yang autentik dengan kehidupan sehari-hari) lalu dari permasalahan tersebut kalian cari solusinya dengan mengkiatkan teori kimia yang sedang dipelajari?	Belum Pernah	53,5%
		Pernah namun tidak sering	46,5%
6	Apakah model pembelajaran yang digunakan guru membuat siswa cepat bosan/mengantuk ketika proses pembelajaran kimia?	Ya	76,7%
		Tidak	23,3%
7		Pernah	90,7%

	Apakah guru anda menggunakan LKPD dalam proses pembelajaran kimia?	Belum Pernah	9,3%
8	Apakah selama pembelajaran kimia terdapat kegiatan Praktikum?	Pernah	0%
		Belum Pernah	100%
9	Apakah Anda membutuhkan kegiatan pembelajaran interaktif seperti praktikum pada saat pembelajaran kimia?	Ya	93%
		Tidak	7%
10	Apakah anda mengetahui praktikum berbasis green chemistry (kimia hijau)?	Ya	97,7%
		Tidak	2,3%

## Lampiran 8. Observasi Soal Ulangan Harian Termokimia Tahun Ajaran 2023/2024

### ULANGAN HARIAN BAB TERMOKIMIA

#### TAHUN PELAJARAN 2023/2024

1. Cermati dua fenomena di bawah ini!

##### **Fenomena 1**

Gunung berapi yang masih aktif sering mengalami letusan secara periodik atau tidak terduga. Biasanya saat gunung berapi sedang aktif menyebabkan proses termal seperti pelelehan batuan atau penguapan, kawah gunung berapi juga melepaskan energi panas ke lingkungan terutama saat letusan. Selain itu, gas vulkanik, material vulkanik dapat mengalir keluar kawah gunung berapi dan memasuki lingkungan sekitarnya.

##### **Fenomena 2**

Rumah kaca adalah struktur bangunan yang dirancang khusus untuk menangkap dan mempertahankan panas dari sinar matahari, menciptakan lingkungan yang hangat dan lembab yang cocok untuk pertumbuhan tanaman. Rumah kaca biasanya digunakan untuk keperluan pertanian, penanaman tanaman hias, dan produksi tanaman di lingkungan yang terjadi.

- Berdasarkan 2 fenomena diatas, kategorikan mana diantara fenomena diatas termasuk sistem terbuka, tertutup, atau terisolasi!
  - Berdasarkan fenomena diatas, tafsirlah perbedaan antara sistem terbuka dan sistem tertutup dalam konteks termokimia?
2. Pembuatan tapai singkong melibatkan reaksi fermentasi, prinsip fermentasi yaitu mengubah karbohidrat (dalam singkong) menjadi alkohol (etanol) dengan menggunakan mikroorganisme yang terdapat pada ragi dan berperan sebagai biokatalis yang mempercepat jalannya reaksi fermentasi, saat terjadinya proses fermentasi temperature dari tempat/wadah menjadi naik
- Analisislah penyebab suhu lingkungan menjadi naik?
  - Prediksilah reaksi fermentasi tersebut termasuk dalam reaksi eksotermik/endotermik disertai alasannya! dan bagaimana pengaruh suhu terhadap keberhasilan pembuatan tapai?
3. Asetaldehida ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) merupakan hasil oksidasi dari etena ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) menggunakan oksigen dari udara dan katalis paladium. Reaksinya sebagai berikut:
- $$\text{C}_2\text{H}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$$
- Jika diketahui energi ikatan rata-rata dibawah, hitunglah berapa nilai perubahan entalpi berdasarkan reaksi tersebut!

$$C = O = 745 \text{ kJ/mol}$$

$$C - H = 414 \text{ kJ/mol}$$

$$C - C = 347 \text{ kJ/mol}$$

$$C = C = 620 \text{ kJ/mol}$$

$$O = O = 498,7 \text{ kJ/mol}$$

4. Pembakaran 32 gram metana ( $M_r=16$ ) dalam kalorimeter menyebabkan suhu kalorimeter naik dari  $25,5^\circ\text{C}$  menjadi  $90,5^\circ\text{C}$ . Jika kalorimeter berisi 4L air dan kalor jenis air  $4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$  serta kapasitas kalor kalorimeter dianggap nol, tentukan harga entalpi pembakaran gas metana tersebut!

## Lampiran 9. Data Pra-Riset Nilai Ulangan Harian Materi Termokimia

KELAS	= XI-3		Kelas	XI-1	
1	ADELLA HAIFAZZAHRA XI-3	55	1	ABDULLAH FAISAL RAMADHAN	74
2	ADIESTY VANIA EFFENDI XI-3	45	2	ADELIA WULAN PUSPITASARI	92
3	AFI RISKI RAMADANI XI-3	80	3	ANNA RESWARI ARDHANA	68
4	AISHA AZALIA CITRANTI XI-3	87.5	4	ATHAYA ZAHARAN NUGRAHANTO	96
5	ALLIYA AZKA AZZAHRA XI-3	82.5	5	BERLIAN ARNINDYA NANKALLISTA	66
6	AMALIA RILA INDRIA XI-3	72.5	6	BHISMO PANJI BAGUS PRADHANA	92
7	ANINDYA MEISYA SALSABILA XI-3	82.5	7	CAHYA FITRI WULANDARI	20
8	ARDHIAWAN OKTA DWI RAMADHANI XI-3	80	8	DESVA ZAHRA CHALIFATUL MUTHIA	80
9	ARUNG FRITZIE PRIYA SEPTRIANSYAH XI-3	87.5	9	DEVINA TRIXIE AURELLIA	74
10	AZ ZAHRA AURELIA RAMADHANI XI-3	77.5	10	DEVITA AULIA MAHARIANI	50
11	AZALIA IKA NURJANTI XI-3	45	11	EKA NAJWA SALSABILLA	50
12	CATURASYA ADI PRIAMDANI XI-3	70	12	ENRICO DWIKY RAHMAN	48
13	CHIKA LASTFIE KURNIA XI-3	85	13	FAIZ ATHAAILLAH HARDIYANTO	54
14	DANDA NAFF PRASETYA XI-3	80	14	FRANDITO PUTRA ZUCHRY	30
15	DHINIRA SHINTANI NAWILNA ROYANI XI-3	70	15	FUAD HAKIM DWI CAHYA KUMALA	60
16	EKA DAFA RAMDHANI XI-3	70	16	HANIFA SHAHADA PUTRI	96
17	FADLI HERMAWAN XI-3	80	17	HANNA LAA TAHZAN	88
18	IFFET VACEHA PUTRI RAMADHANI XI-3	75	18	KAHFI RIZQI RAMADHAN	94
19	KHOIRUNNISA AZZAHRA XI-3	82.5	19	KAMILA ZASKIA AIDA MUMTAZ	74
20	KRISNANDA ILHAM RAMADHAN XI-4	65	20	KHUSNUL PUTRI MAHARANI	84
21	MARICHA DEWIQ PREMASWARA XI-3	77.5	21	LANA RASHEESA FIRJATULLAH	64
22	MARSHA WAHYU AYASHI XI-3	85	22	MUIHAMMAD DAFFA FAQIH ARIZKY	70
23	MOH. RAIHAN MAULANA ZAQTQ XI-3	67.5	23	MUTIARA NURIL FIRDAUS	42
24	MOHAMAD HUDA ALLAH XI-3	57.5	24	DADINE RAHMA AYULIA KURI	70
25	MUHAMMAD DAFFA AL-FIRDAUS XI-3	65	25	NAJWA SALSABILA MOHTONO	76
26	MUHAMMAD JUNIO CESSAR XI-3	75	26	NISRINA CHOIRUNNISA	60
27	MUHAMMAD RADITYA RASYID XI-3	85	27	NOUFAL ZUFAR HADI RAMADHAN	60
28	MUHAMMAD RIZQY XI-3	62.5	28	PHOENIX BRILIAN AHMAD	65
29	NEYSA ZAHIRA XI-3	65	29	PUTRI PRATIWI INDRIANI	43
30	NUR SALAMAH AISYAH PUTRI XI-3	70	30	RANGGA SANJAYA	40
31	PUJI ASTUTI XI-3	62.5	31	SOFI ANDIANI HERLINA WIRASTI	56
32	REVA NADHIRA FAOZAN XI-3	82.5	32	TIRTAZKA RIKAIVENIA PUSPA PRAMONO	88
33	RIZKIYATI RAHMANIA XI-3	62.5	33	ZAHWA CINTA NABILA	78
34	SAHACHIKA DWI ANGGRAINI XI-3	87.5	34	ZAYIN HANAN ADLI	56
35	SAMAHATUL MAULA XI-3	75	35	MUHAMMAD SAIFUL	46
36	VARISHA RAYNA NAZANIN XI-3	77.5		RATA-RATA	65.828571
	RATA-RATA	73.05556			

KELAS = XI-4			KELAS XI-2		
1	ADANI AULIA IRASANTI XI-4	67.5	1	AHMAD HAI+F42:F75DAR ZAKY	60
2	AISHAFAYZA KHAIRUNNISA XI-4	40	2	ALVIN DWI ADI PUTRA WIDYATAMA	39
3	ANAQI AZIZAN XI-4	65	3	ALYA SYIFA KHUSNA	63
4	ANNISA CALLISTA EARLYANTI XI-4	72.5	4	ANGELINA TIRZAFIRA CLEMEN	63
5	ARIMA BINTANG CASANOVA XI-4	67.5	5	ANGELO JOE LARA ANUGERAH	33
6	AULIA SALSABILA XI-4	70	6	ARIA SENNA	66
7	DARRELL SHEVA RAMADHAN HARDYUNICO XI-4	65	7	ARJUNA VAREL RADITYA	46
8	DIMAS GALIH FAJAR SAPUTRA XI-4	62.5	8	AZAM IHYAUL ULUM	46
9	DINAR ILSA ARDIYANTI XI-4	70	9	BINSAR ADRIANO	97
10	FIANTIKA PUTRI XI-4	75	10	CAROLINA AURELLIA	89
11	HANAQI XI-4	65	11	CHALESYA KANAHAYA HADIJAH	63
12	KEYLA JULIAN PUTRI SYAHLA XI-4	72.5	12	CLARA SIMANIHURUK	76
13	LEANA EKA ANDIRA XI-4	77.5	13	DAVID WAHYU MAULANA	45
14	LINTANG SURYA KIRANA ALIYA XI-4	60	14	DIAN RISTYA PUTRI PRATIWI	63
15	LYDIA DWI JULIANTI XI-4	75	15	FAEZA ZAHRA ORISEL	81
16	MARCEL AGUNG WIBOWO XI-4	72.5	16	FEBIANA PUTRI LESTARI	76
17	MUCHAMMAD BARQI ALAWI XI-4	67.5	17	GALIH PANDYA PRATAMA	70
18	MUHAMMAD ALFAT HEGELSAPUTRA XI-4	60	18	GRACELLA DEANA PUTRI	46
19	MUTIARA PUTRI CALLISTA XI-4	85	19	JENNITA ARIMBI WIJAYA	65
20	NABEEL RAZA DESTAMA XI-4	62.5	20	JEREMIA WAHYU BUDIYONO	41
21	NADIYA DANISH NUGROHO PUTRI XI-4	87.5	21	KAREN GEASAPUTRI	87
22	NAILIS SAFITRI XI-4	62.5	22	KHANSA DAFARINA ARYADIVA	80
23	NAYSILA ADINDA SYIFA XI-4	70	23	KHOIRISMA FAZAHHRANI	81
24	OGIE SUKMA FIRMANSYAH XI-4	60	24	OCEANIA SEKAR NABILA	79
25	RANGGA BAYU AJI SETIANTO XI-4	65	25	PUTRI KUSWA AMELIA	46
26	RISKY AMELIA PUTRI XI-4	50	26	RIZKY SYARIEF AKBAR	94
27	SALSABILA BUWANA MURTI XI-4	85	27	ROZAN ELFADIAN VERLUCI	52
28	SALWA ADELIA XI-4	82.5	28	SAFIRA AULIA KHANSA	80
29	SANI YUNITA XI-4	85	29	SATRIA WISNU HENDRAWAN	60
30	SYAHWA EKA PARDANI XI-4	62.5	30	SHEIRRA RESTHA HAYU SYAFIQA	78
31	YAKARIA YAHYA XI-4	75	31	SISKA WAHYU FARIHA	76
32	YOFI ULFATUN NASIKHAH XI-4	72.5	32	TESALONIKA JESELYN SERAFINA SOEMARNO	75
33	YOGISWARA FIRMANSYAH XI-4	57.5	33	WAHYU NINGSIH	76
34	YUSUF FADHLI ARIYANTO XI-4	77.5	34	WINDYA ARWENI	86
35	ZAHRA ARLYA ADZANI XI-4	62.5		RATA-RATA	67
	RATA-RATA	68.78571			

## Lampiran 10. Modul Ajar Kelas Eskperimen



## Informasi Umum

### Identitas Modul

Nama Penyusun	Ramona Wahyu Ningrum
Instansi/Sekolah	SMA Negeri 10 Semarang
Tahun Pelajaran	2024/2025
Mata Pelajaran	Kimia
Jenjang Sekolah	SMA
Kelas/Fase	XI/F
Semester	2
Alokasi Waktu	8 JP (1 JP × 45 menit)
Kurikulum	Merdeka

## Kompetensi Awal

Kompetensi awal yang harus dimiliki peserta didik untuk mencapai pembelajaran pada modul ini yaitu sebagai berikut:

1. Memahami materi sebelumnya mengenai hidrokarbon.
2. Mengingat peserta didik terkait konsep persamaan reaksi kimia tidak sama dengan persamaan termokimia.
3. Menjelaskan bahwa termokimia mempelajari perubahan kalor yang menyertai perubahan zat.

## Profil Pelajar Pancasila

Profil pelajar pancasila yang diharapkan dapat tercapai yaitu beriman, bertakwa kepada Tuhan yang Maha Esa, mandiri, berpikir kritis, gotong royong, dan kreatif.

## Sarana dan Prasarana

**Sarana**

**Prasarana**

- |                      |                                      |
|----------------------|--------------------------------------|
| 1. Laptop            | 1. Buku paket kurikulum Merdeka      |
| 2. LCD/Proyektor     | 2. Modul ajar                        |
| 3. Alat Tulis        | 3. LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) |
| 4. Alat Laboratorium | 4. Powerpoint                        |
|                      | 5. Petunjuk Praktikum                |
|                      | 6. Lembar asesment                   |

### Target Peserta Didik

1. Peserta didik reguler/tipikal : umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.
2. Peserta didik dengan gaya belajar berbeda : auditory, visual, dan kinestetik.
3. Peserta didik dengan pencapaian tinggi : mencerna dan memahami dengan cepat, mampu mencapai keterampilan berfikir tingkat tinggi (HOTS dan memiliki kemampuan memimpin).

## Model Pembelajaran

No	Materi	Model	Metode	Alokasi Waktu
1	Pretest			2JP
2	Sistem & Lingkungan, Reaksi Eksoterm & Endoterm, Persamaan Termokimia	Problem Based Learning (PBL)	Praktikum	3 JP
3	Perubahan Entalpi Standar ( $\Delta H$ ) untuk berbagai reaksi	Problem Based Learning (PBL)	Diskusi dan Presentasi	2 JP
4	Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi (Hukum Hess, perubahan entalpi pembentukan standar, dan energi ikatan)	Problem Based Learning (PBL)	Diskusi dan Presentasi	3 JP
5	Penentuan $\Delta H$ reaksi berdasarkan eksperimen praktikum	Problem Based Learning (PBL)	Praktikum	2 JP
6	posstest			2 JP

## Sumber Belajar

1. Sumber Belajar untuk Guru
  - Buku kimia pegangan guru kimia kelas XI Kurikulum Merdeka Kemdikbudristek
  - Sudarmo, unggul. 2013. Kimia untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta : Penerbit Erlangga
2. Sumber Belajar untuk Siswa
  - Buku kimia untuk siswa kimia kelas Xi kurikulum merdeka Kemdikbudristek
  - Purnawan S & Naqiyah A. 2028. Kimia untuk SMA/MA Kelas X. Jakarta: Penerbit Erlangga.
  - Bahan ajar mengenai termokimia yang disusun guru
  - LKPD
  - Petunjuk Praktikum
  - Sumber-sumber dari internet berupa vidio maupun artikel

## Kompetensi Inti -----



### Capaian Pembelajaran

Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia; mempelajari sifat, struktur, dan interaksi partikel dalam

membentuk berbagai senyawa termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian; memahami dan menjelaskan aspek energi, laju dan kesetimbangan reaksi kimia; menggunakan konsep asam basa dalam keseharian; menggunakan transformasi energi kimia dalam keseharian termasuk termokimia dan elektrokimia; memahami kimia organik termasuk penerapannya dalam keseharian.

## Tujuan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran pada materi termokimia yaitu sebagai berikut

### Pertemuan 2



1. Peserta didik mampu memahami dan menganalisis hubungan antara sistem dan lingkungan

Peserta didik mampu menentukan jenis-jenis sistem disertai contohnya

1.3. Peserta didik mampu mendeskripsikan reaksi eksotermik dan endotermik

1.4. Peserta didik mampu memberikan contoh reaksi eksotermik dan endotermik

1.5. Peserta didik mampu menentukan reaksi endotermik dan eksotermik melalui percobaan

**Pertemuan 3**

- 1.7. Peserta didik mampu mendeskripsikan persamaan termokimia
- 1.8 Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Pembentukan Standar
- 1.9. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Penguraian Standar
- 2.0. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Pembakaran Standar
- 2.1. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Pelarutan Standar
- 2.2. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Netralisasi
- 2.3. Peserta didik mampu menganalisis contoh-contoh perubahan entalpi standar untuk berbagai reaksi

**Pertemuan 4**

- 2.3. Peserta didik mampu memprediksi perubahan entalpi reaksi berdasarkan hukum Hess
- 2.4. Peserta didik mampu menganalisis penggunaan hukum Hess pada diagram siklus
- 2.5. Peserta didik mampu menghitung perubahan entalpi reaksi berdasarkan keadaan awal dan akhir dari sebuah reaksi
- 2.6. Peserta didik mampu memahami dan menjelaskan perubahan entalpi dalam keadaan standar

2.7. Peserta didik mampu memahami energi ikatan

2.8. Peserta didik mampu memperkirakan perubahan entalpi berdasarkan data energi ikatan

### Pertemuan 5

2.9. Peserta didik mampu melakukan percobaan untuk menentukan perubahan entalpi reaksi ( $\Delta H_{reaksi}$ ) dengan cara kalorimeter

3.0. Peserta didik mampu menghitung perubahan entalpi reaksi ( $\Delta H_{reaksi}$ ) berdasarkan data yang diperoleh dari kalorimeter



ASESSMEN			
Jenis Penilaian	Teknik Penilaian	Bentuk Penilaian	Instrumen
Assesmen Formatif	Afektif : Observasi/Pengamatan	Lembar pengamatan aktivitas peserta didik dalam pembelajaran	Terlampir
	Keterampilan : Tes unjuk kerja	Lembar pengamatan aktivitas peserta didik dalam presentasi	Terlampir
Assesmen Sumatif	Tes Tertulis	Uraian	Terlampir



## Pemahaman Bermakna

Diharapkan peserta didik setelah belajar pada pertemuan ini dapat menghubungkan sistem dengan lingkungan, membedakan reaksi eksoterm & endoterm, mengukur kalor menggunakan kalorimeter, menentukan perubahan entalpi berdasarkan kalorimetri & harga energi ikatan, dan hukum Hess.



## Pertanyaan Pemantik

Pertanyaan pemantik yang digunakan untuk memotivasi siswa untuk belajar yaitu:

1. Berdasarkan fakta mengenai pengolahan sampah yang diubah menjadi energi listrik yang dilakukan oleh negara maju, kemudian mengapa sampah dapat diolah menghasilkan energi?
2. Bagaimana cara menentukan kalor yang dihasilkan atau dibutuhkan dalam perubahan kimia dan fisika?



## Kegiatan Pembelajaran

### ✚ Pertemuan Kedua (3 JP)

LANGKAH PEMBELAJARAN		
Sintak model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu (90 menit)
	Guru & Peserta Didik	
<b>PENDAHULUAN</b>		
<b>Persiapan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru membuka proses pembelajaran dengan mengucapkan salam dan menanyakan kabar peserta didik</li> <li>Guru dan peserta didik berdoa untuk memulai pembelajaran (<b>PPP-Beriman dan bertaqwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia</b>)</li> <li>Guru memastikan kesiapan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik dan kerapian peserta didik (<b>PPK-disiplin</b>)</li> </ul>	25 Menit
<b>Apersepsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru memberikan apersepsi dengan mengingatkan peserta didik tentang konsep yang sudah dipelajari sebelumnya dan peserta didik menjawab pertanyaan</li> </ul>	

	guru mengenai materi prasyarat hidrokarbon ( <b>4C-Communication</b> )	
<b>Motivasi/pertanyaan pemantik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.</li> <li>• Guru menyampaikan langkah kegiatan pembelajaran dan teknik penilaian yang digunakan. Serta guru dapat membagi siswa menjadi beberapa kelompok</li> </ul>	
<b>TAHAP PEMBELAJARAN (INTI)</b>		
<b>Orientasi Peserta Didik Pada Masalah</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik memperhatikan dan menyimak gambar yang ditampilkan guru</li> </ul>  <p><b>Menanya (Questioning)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menanyakan kepada siswa mengenai ilustrasi tersebut  “ketika udara dingin, saat terbaik adalah dengan meminum teh. Pernahkah anda memperhatikan, mengapa gelas ikut menjadi panas saat dituangkan air panas kedalam gelas?”</li> </ul>	90 Menit

<p><b>Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk Belajar</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dibagi menjadi 5 kelompok yang masing-masing kelompok terdiri dari 6-7 orang (<b><i>4C-Collaborative</i></b>)</li> <li>• Setiap kelompok diberi lembar petunjuk praktikum (<b><i>4C-Creatif, Colaboratif</i></b>).</li> <li>• Guru menjelaskan mengenai kegiatan praktikum dan peran anggota kelompok. Agar peserta didik mampu berkolaborasi dalam kelompoknya untuk menyelesaikan praktikumnya dengan baik</li> <li>• Peserta didik diberi kesempatan bertanya apabila terdapat hal yang dibingungkan (<b><i>4C-Comunication</i></b>)</li> </ul>
<p><b>Membimbing Penyelidikan Individual/Kelompok</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik melakukan percobaan sesuai dengan petunjuk praktikum yang telah dibagikan.</li> <li>• Guru berkeliling ke setiap kelompok untuk membimbing jalanya praktikum.</li> <li>• Peserta didik berdiskusi terhadap temuan yang sudah didapatkan dari kegiatan praktikum.</li> <li>• Peserta didik menggali informasi tambahan dari berbagai sumber baik buku maupun internet untuk mengembangkan hasil percobaan dan menarik kesimpulan.</li> <li>• Guru membimbing peserta didik mengolah data terkait dengan fenomena tersebut.</li> </ul>

<p><b>Mengembangkan Dan Menyajikan Hasil Karya</b></p>	<p><b>Mengasosiasi (Associating)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik merencanakan dan menyiapkan laporan hasil diskusi</li> </ul> <p><b>Mengkomunikasikan (Communication)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mempresentasikan hasil praktikum kepada teman lain. <i>(4C-Communicatif)</i></li> <li>• Peserta didik lain menanggapi hasil penyajian temannya jika ada perbedaan</li> <li>• Guru memberikan apresiasi berupa tepuk tangan kepada kelompok yang maju</li> </ul>	
<p><b>Menganalisis Dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dengan bimbingan guru untuk memberikan penguatan, mereview, dan membuat kesimpulan dari hasil kegiatan praktikum</li> <li>• Guru memberikan penguatan konsep terkait materi sistem dan lingkungan, reaksi eksoterm dan endoterm</li> </ul>	
<p><b>PENUTUP</b></p>		
<p><b>Penutup</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apresiasi kepada seluruh peserta didik yang telah bekerja sama dengan baik dalam kelompok.</li> <li>• Peserta didik melaksanakan refleksi dari hasil pembelajaran</li> <li>• Guru memberikan informasi terkait rencana pembelajaran yang akan datang.</li> </ul>	<p>20 menit</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik bersama guru berdoa bersama-sama untuk mengakhiri pembelajaran hari ini dan ditutup dengan mengucapkan salam. (<b>PPP- Beriman dan bertaqwa kepada tuhan YME dan berakhlak mulia</b>)</li> </ul>	
--	---	--

 Pertemuan ketiga (2 JP)

LANGKAH PEMBELAJARAN		
Sintak Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu (Menit)
	Guru & Peserta Didik	
<b>PENNDAHULUAN</b>		
<b>Persiapan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru membuka proses pembelajaran dengan mengucap salam dan menanyakan kabar peserta didik</li> <li>• Guru dan peserta didik berdoa untuk memulai pembelajaran (<b>PPP-Beriman dan bertaqwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia</b>)</li> <li>• Guru memastikan kesiapan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik dan kerapihan peserta didik (<b>PPK-disiplin</b>)</li> </ul>	15 Menit
<b>Apersepsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apersepsi dengan mengingatkan peserta didik tentang konsep yang</li> </ul>	

	sudah dipelajari sebelumnya ( <b>4C-Communication</b> )	
<b>Motivasi/ pertanyaan pemantik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru memberikan motivasi/Pertanyaan Pemantik kepada peserta didik berupa:             <ol style="list-style-type: none"> <li>Pada pertemuan sebelumnya kita sudah mempelajari mengenai reaksi eksoterm dan endoterm, masih ingatkan kalian tentang reaksi eksoterm?</li> </ol> </li> <li>Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.</li> <li>Guru menyampaikan langkah kegiatan pembelajaran dan teknik penilaian yang digunakan. (<b>4C- Colaboratif</b>)</li> </ul>	
<b>TAHAP PEMBELAJARAN (INTI)</b>		
<b>Orientasi Peserta Didik Pada Masalah</b>	<p><b>Mengamati (Observing)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peserta didik memperhatikan dan menyimak gambar yang ditampilkan guru</li> </ul>  <p>“reaksi pernafasan membutuhkan oksigen untuk membakar glukosa dengan melepas energi agar manusia bisa hidup bergerak dan bertenaga”</p>	60 Menit

	<p><b>Menanya (Questioning)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menanyakan kepada siswa mengenai ilustrasi tersebut “Bagaimana persamaan reaksi termokimia dari proses pernafasan dalam keadaan standar?”</li> <li>• Guru memberikan gambaran terkait materi yang akan dibahas (Persamaan Reaksi dan Perubahan Entalpi Standar untuk Berbagai Reaksi) dengan mengaitkan fenomena yang berprinsip <i>green chemistry</i>.</li> </ul>	
<p><b>Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk Belajar</b></p>	<p><b>Mengumpulkan Informasi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dibagi dalam 5 kelompok heterogen untuk menyelesaikan permasalahan terkait persamaan termokimia dan perubahan entalpi standar untuk berbagai reaksi.</li> <li>• Guru membagikan LKPD kepada masing-masing kelompok</li> <li>• Peserta didik mencari dan mengumpulkan data dari hasil diskusi maupun dari bahan ajar dan buku relevan (<i>Communication, Collaboration, Critical thinking and problem formulation 4C</i>)</li> </ul>	
	<p><b>Mengasosiasikan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru meminta setiap kelompok untuk</li> </ul>	

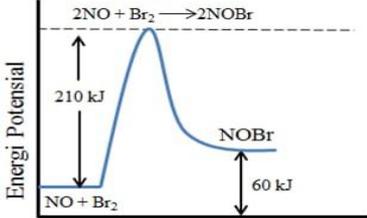
<p><b>Membimbing Penyelidikan Individual/Kelompok</b></p>	<p>mengerjakan LKPD yang diberikan oleh guru</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dengan dibimbing guru berdiskusi mengenai cara menentukan jenis-jenis perubahan entalpi standar</li> <li>• Peserta didik dalam kelompoknya melakukan kerja sama dalam menentukan persamaan termokimia dan menentukan reaksi berdasarkan jenis-jenis perubahan entalpi standar</li> </ul>	
<p><b>Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya</b></p>	<p><b>Mengkomunikasikan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya di depan kelas</li> <li>• Perwakilan peserta didik memaparkan pendapatnya, peserta didik yang lain menanggapi hasil penyajian temannya jika ada perbedaan</li> </ul>	
<p><b>Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik bersama guru memperbaiki jika ada kekeliruan peserta didik dalam memecahkan masalah</li> <li>• Guru memberikan penguatan konsep terkait materi persamaan termokimia dan perubahan entalpi standar untuk berbagai reaksi</li> </ul>	
<p><b>PENUTUP</b></p>		

<b>Penutup</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apresiasi kepada seluruh peserta didik yang telah bekerja sama dengan baik dalam kelompok.</li> <li>• Peserta didik melaksanakan refleksi dari hasil pembelajaran</li> <li>• Guru memberikan informasi terkait rencana pembelajaran yang akan datang.</li> <li>• Peserta didik bersama guru berdoa bersama-sama untuk mengakhiri pembelajaran hari ini dan ditutup dengan mengucapkan salam. <i>(PPP- Beriman dan bertaqwa kepada tuhan YME dan berakhlak mulia)</i></li> </ul>	15 menit
----------------	--	----------

#### Pertemuan Keempat (3 JP)

<b>LANGKAH PEMBELAJARAN</b>		
<b>Sintak Pembelajaran</b>	<b>Deskripsi Kegiatan</b>	<b>Alokasi Waktu (Menit)</b>
	<b>Guru &amp; Peserta Didik</b>	
<b>PENNDAHULUAN</b>		

<p><b>Persiapan</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru membuka proses pembelajaran dengan mengucapkan salam dan menanyakan kabar peserta didik</li> <li>• Guru dan peserta didik berdoa untuk memulai pembelajaran <b>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia)</b></li> <li>• Guru memastikan kesiapan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik dan kerapihan peserta didik <b>(PPK-disiplin)</b></li> </ul>	<p>25 Menit</p>
<p><b>Apersepsi</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apersepsi dengan mengingatkan peserta didik tentang konsep yang sudah dipelajari sebelumnya dan peserta didik menjawab pertanyaan guru <b>(4C-Communication)</b></li> </ul>	
<p><b>Motivasi/ pertanyaan pemantik</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan motivasi/Pertanyaan Pemantik kepada peserta didik berupa:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pada pertemuan sebelumnya kita sudah mempelajari mengenai perubahan entalpi standar untuk berbagai reaksi, masih ingatkan kalian tentang perubahan Entalpi Netralisasi?</li> </ol> </li> <li>• Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.</li> <li>• Guru menyampaikan langkah kegiatan pembelajaran dan teknik penilaian yang digunakan.<b>(4C-Colaboratif)</b></li> </ul>	
<p><b>TAHAP PEMBELAJARAN (INTI)</b></p>		

<p><b>Orientasi Peserta Didik Pada Masalah</b></p>	<p><b>Mengamati</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mengamati gambar dari slide power point;</li> </ul>  <p>yang telah disiapkan oleh guru menggunakan laptop yang dihubungkan dengan proyektor.</p> <p><b>Menanya</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik diberi kesempatan bertanya dan mengajukan pertanyaan tentang gambar yang telah ditayangkan seperti: <i>Pada gambar tersebut NO + Br<sub>2</sub> berperan sebagai apa dan NOBr sebagai apa?</i></li> </ul>	75 Menit
<p><b>Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk Belajar</b></p>	<p><b>Mengumpulkan Informasi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dibagi dalam 5 kelompok heterogen untuk menyelesaikan permasalahan terkait Hukum Hess, Pembentukan Standar, serta Energi Ikatan.</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mencari dan mengumpulkan data dari hasil diskusi maupun dari bahan ajar dan buku relevan (<b><i>Communication, Collaboration, Critical thinking and problem formulation 4C</i></b>)</li> </ul>	
<b>Membimbing Penyelidikan Individual/Kelompok</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru meminta setiap kelompok untuk mengerjakan LKPD yang diberikan.</li> <li>• Peserta didik dengan dibimbing guru berdiskusi mengenai Hukum Hess, Pembentukan Standar, serta Energi Ikatan yang telah dikaitkan dengan prinsip <i>green chemistry</i>.</li> <li>• Peserta didik dalam kelompoknya melakukan kerja sama dalam menentukan peristiwa eksoterm dan endoterm dari gambar yang sudah ada di dalam LKPD dengan teliti dan bertanggung jawab.</li> </ul>	
<b>Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya</b>	<b>Mengkomunikasikan</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya di depan kelas</li> <li>• Perwakilan peserta didik memaparkan pendapatnya, peserta didik yang lain menanggapi hasil penyajian temannya jika ada perbedaan</li> </ul>	
<b>Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan penguatan konsep terkait materi hukum Hess</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dengan bimbingan guru untuk memberikan penguatan, mereview, dan membuat kesimpulan dari hasil kegiatan pembelajaran.</li> </ul>	
<b>PENUTUP</b>		
<b>Penutup</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apresiasi kepada seluruh peserta didik yang telah bekerja sama dengan baik dalam kelompok.</li> <li>• Peserta didik melaksanakan refleksi dari hasil pembelajaran</li> <li>• Guru memberikan informasi terkait rencana pembelajaran yang akan datang.</li> <li>• Guru mengingatkan peserta didik membawa bahan yang dibutuhkan untuk praktikum pada pertemuan selanjutnya sesuai dengan pembagian kelompok</li> <li>• Peserta didik bersama guru berdoa bersama-sama untuk mengakhiri pembelajaran hari ini dan ditutup dengan mengucapkan salam. <b><i>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada tuhan YME dan berakhlak mulia)</i></b></li> </ul>	30 menit

✚ Pertemuan kelima (2JP)

LANGKAH PEMBELAJARAN		
Sintak Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu (Menit)
	Guru & Peserta Didik	
<b>PENDAHULUAN</b>		
<b>Persiapan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru membuka proses pembelajaran dengan mengucapkan salam dan menanyakan kabar peserta didik</li> <li>• Guru dan peserta didik berdoa untuk memulai pembelajaran (<b>PPP-Beriman dan bertaqwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia</b>)</li> <li>• Guru memastikan kesiapan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik dan kerapihan peserta didik (<b>PPK-disiplin</b>)</li> </ul>	15 Menit
<b>Apersepsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apersepsi dengan mengingatkan peserta didik tentang konsep yang sudah dipelajari sebelumnya mengenai materi kalorimetri dan perubahan entalpi (<b>4C-Communication</b>)</li> </ul>	
<b>Motivasi/Pertanyaan Pemantik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan motivasi/Pertanyaan Pemantik kepada peserta didik berupa:</li> </ul>	

	<p>1. Pada pertemuan sebelumnya kita sudah mempelajari mengenai Hukum Hess, masih ingatkan kalian bagaimana cara menentukan Hukum Hess menggunakan diagram tingkat energi?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.</li> <li>• Guru menyampaikan langkah kegiatan pembelajaran dan teknik penilaian yang digunakan. <b>(4C- Colaboratif)</b></li> </ul>	
<b>TAHAP PEMBELAJARAN (INTI)</b>		
<p><b>Orientasi Peserta Didik Pada Masalah</b></p>	<p><b>Menamati (Observing)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mengamati gambar dari slide power point:</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Menanya (Questioning)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik diberi kesempatan untuk bertanya</li> </ul>	60 Menit

	<p>setelah memperhatikan dan mengajukan pertanyaan tentang gambar yang telah ditayangkan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menanyakan kepada siswa mengenai ilustrasi tersebut “mengapa kalorimeter dapat digunakan untuk menentukan jumlah kalor yang diserap oleh air?”</li> </ul>	
<p><b>Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk Belajar</b></p>	<p><b>Mengumpulkan Informasi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dibagi menjadi 5 kelompok yang masing-masing kelompok terdiri dari 6-7 orang (<i>4C- Collaborative</i>)</li> <li>• Setiap kelompok diberi lembar petunjuk praktikum (<i>4C Creatiif, Colaboratif</i>).</li> <li>• Guru menjelaskan mengenai kegiatan praktikum dan peran anggota kelompok. Agar peserta didik mampu berkolaborasi dalam kelompoknya untuk menyelesaikan praktikumnya dengan baik</li> <li>• Peserta didik diberi kesempatan bertanya apabila terdapat hal yang dibingungkan (<i>4C-Comunication</i>)</li> </ul>	
<p><b>Membimbing Penyelidikan Individual/Kelompok</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik melakukan percobaan sesuai dengan petunjuk praktikum yang telah dibagikan</li> <li>• Guru berkeliling ke setiap kelompok untuk membimbing jalanya praktikum.</li> <li>• Peserta didik berdiskusi terhadap temuan yang sudah didapatkan dari kegiatan praktikum</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik menggali informasi tambahan dari berbagai sumber baik buku maupun internet untuk mengembangkan hasil percobaan dan menarik kesimpulan</li> <li>• Guru membimbing peserta didik mengolah data terkait dengan fenomena tersebut</li> </ul>	
<b>Mengembangkan dan Menyajikan hasil Karya</b>	<p><b>Mengasosiasi (Associating)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik merencanakan dan menyiapkan laporan hasil diskusi</li> </ul> <p><b>Mengkomunikasikan (Communication)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik mempresentasikan hasil praktikum kepada teman lain. (<i>4C-Communicatif</i>)</li> <li>• Peserta didik lain menanggapi hasil penyajian temannya jika ada perbedaan</li> <li>• Guru memberikan apresiasi berupa tepuk tangan kepada kelompok yang maju</li> </ul>	
<b>Menganalisis dan Mengevaluasi proses pemecahan masalah</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dengan bimbingan guru untuk memberikan penguatan, meriview, dan membuat kesimpulan dari hasil kegiatan praktikum</li> <li>• Guru memberikan penguatan konsep terkait materi penentuan perubahan entalpi reaksi (<math>\Delta H_{reaksi}</math>)</li> </ul>	
<b>PENUTUP</b>		

<b>Penutup</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Guru memberikan apresiasi kepada seluruh peserta didik yang telah bekerja sama dengan baik dalam kelompok.</li><li>• Peserta didik melaksanakan refleksi dari hasil pembelajaran</li><li>• Guru memberikan informasi terkait rencana pembelajaran yang akan datang.</li><li>• Guru mengingatkan peserta didik menyiapkan diri untuk penilaian sumatif di pertemuan yang akan datang</li><li>• Peserta didik bersama guru berdoa bersama-sama untuk mengakhiri pembelajaran hari ini dan ditutup dengan mengucapkan salam. <b><i>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada tuhan YME dan berakhlak mulia)</i></b></li></ul>	15 Menit
----------------	---	----------

## Lampiran 11. Modul Ajar Kelas Kontrol



## Informasi Umum

### Identitas Modul

Nama Penyusun	Ramona Wahyu Ningrum
Instansi/Sekolah	SMA Negeri 10 Semarang
Tahun Pelajaran	2024/2025
Mata Pelajaran	Kimia
Jenjang Sekolah	SMA
Kelas/Fase	XI/F
Semester	2
Alokasi Waktu	8 JP (1 JP × 45 menit)
Kurikulum	Merdeka

### Kompetensi Awal

Kompetensi awal yang harus dimiliki peserta didik untuk mencapai pembelajaran pada modul ini yaitu sebagai berikut:

4. Memahami materi sebelumnya mengenai hidrokarbon.
5. Mengingat peserta didik terkait konsep persamaan reaksi kimia tidak sama dengan persamaan termokimia.
6. Menjelaskan bahwa termokimia mempelajari perubahan kalor yang menyertai perubahan zat.

### Profil Pelajar Pancasila

Profil pelajar Pancasila yang diharapkan dapat tercapai yaitu beriman, bertakwa kepada Tuhan yang Maha Esa, mandiri, berpikir kritis, gotong royong, dan kreatif.

### Sarana dan Prasarana

Sarana	Prasarana
5. Laptop	1. Buku paket kurikulum Merdeka
6. LCD/Proyektor	2. Modul ajar
7. Alat Tulis	3. Powerpoint 4. Lembar asesment

## Target Peserta Didik

4. Peserta didik reguler/tipikal : umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.
5. Peserta didik dengan gaya belajar berbeda : auditory, visual, dan kinestetik.
6. Peserta didik dengan pencapaian tinggi : mencerna dan memahami dengan cepat, mampu mencapai keterampilan berfikir tingkat tinggi (HOTS dan memiliki kemampuan memimpin).

## Model Pembelajaran

No	Materi	Model	Metode	Alokasi Waktu
1	Pretest			2JP
2	Sistem & Lingkungan, Reaksi Eksoterm & Endoterm	Ceramah, diskusi dan tanya jawab	Konvensional berbantuan PPT	3 JP
3	Persamaan Termokimia Perubahan Entalpi Standar ( $\Delta H$ ) untuk berbagai reaksi	Ceramah, diskusi dan tanya jawab	Konvensional berbantuan PPT	2 JP
4	Penentuan Perubahan Entalpi Reaksi (Hukum Hess, perubahan	Ceramah, diskusi dan tanya jawab	Konvensional berbantuan PPT	3 JP

	entalpi pembentukan standar, dan energi ikatan)			
5	Penentuan $\Delta H$ reaksi berdasarkan eksperimen praktikum	Ceramah, diskusi dan tanya jawab	Konvensional berbantuan PPT	2 JP
6	Posstest			2 JP

### Sumber Belajar

#### 3. Sumber Belajar untuk Guru

- Buku kimia pegangan guru kimia kelas XI Kurikulum Merdeka Kemdikbudristek
- Sudarmo, unggul. 2013. Kimia untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta : Penerbit Erlangga

#### 4. Sumber Belajar untuk Siswa

- Buku kimia untuk siswa kimia kelas Xi kurikulum merdeka Kemdikbudristek
- Purnawan S & Naqiyah A. 2028. Kimia untuk SMA/MA Kelas X. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Bahan ajar mengenai termokimia yang disusun guru
- LKPD
- Sumber-sumber dari internet berupa vidio maupun artikel

## Kompetensi Inti



### Capaian Pembelajaran

Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia; mempelajari sifat, struktur, dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian; memahami dan menjelaskan aspek energi, laju dan kesetimbangan reaksi kimia; menggunakan konsep asam basa dalam keseharian; menggunakan transformasi energi kimia dalam keseharian termasuk termokimia dan elektrokimia; memahami kimia organik termasuk penerapannya dalam keseharian.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran pada materi termokimia yaitu sebagai berikut

### **Pertemuan 2**

- 1.1. Peserta didik mampu memahami dan menganalisis hubungan antara sistem dan lingkungan
- 1.2. Peserta didik mampu menentukan jenis-jenis sistem disertai contohnya
- 1.3. Peserta didik mampu mendeskripsikan reaksi eksotermik dan endotermik
- 1.4. Peserta didik mampu memberikan contoh reaksi eksotermik dan endotermik
- 1.5. Peserta didik mampu menentukan reaksi endotermik dan eksotermik melalui data percobaan dan berdasarkan harga perubahan entalpi
- 1.6. Peserta didik mampu mendeskripsikan persamaan termokimia

### **Pertemuan 3**

- 1.7. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Pembentukan Standar
- 1.8. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Penguraian Standar
- 1.9. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Pembakaran Standar
- 2.0. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Pelarutan Standar

2.1. Peserta didik mampu menentukan perubahan Entalpi Netralisasi

2.2. Peserta didik mampu menganalisis contoh-contoh perubahan entalpi standar untuk berbagai reaksi

#### **Pertemuan 4**

2.3. Peserta didik mampu memprediksi perubahan entalpi reaksi berdasarkan hukum Hess

2.4. Peserta didik mampu menganalisis penggunaan hukum Hess pada diagram siklus

2.5. Peserta didik mampu menghitung perubahan entalpi reaksi berdasarkan keadaan awal dan akhir dari sebuah reaksi

2.6. Peserta didik mampu memahami dan menjelaskan perubahan entalpi dalam keadaan standar

2.7. Peserta didik mampu memahami energi ikatan

2.8. Peserta didik mampu memperkirakan perubahan entalpi berdasarkan data energi ikatan

#### **Pertemuan 5**

2.9. Peserta didik mampu menghitung perubahan entalpi berdasarkan data yang diperoleh dari kalorimeter

## Assesment

ASESSMEN			
Jenis Penilaian	Teknik Penilaian	Bentuk Penilaian	Instrumen
Assesmen Formatif	Afektif : Observasi/Pengamatan	Lembar pengamatan aktivitas peserta didik dalam pembelajaran	Terlampir
	Keterampilan : Tes unjuk kerja	Lembar pengamatan aktivitas peserta didik dalam presentasi	Terlampir
Assesmen Sumatif	Tes Tertulis	Uraian	Terlampir



## Pemahaman Bermakna

Diharapkan peserta didik setelah belajar pada pertemuan ini dapat menghubungkan sistem dengan lingkungan, membedakan reaksi eksoterm & endoterm, mengukur kalor menggunakan kalorimeter, menentukan perubahan entalpi berdasarkan kalorimetri & harga energi ikatan, dan hukum Hess.

## Pertanyaan Pemantik

Pertanyaan pemantik yang digunakan untuk memotivasi siswa untuk belajar yaitu:

4. Berdasarkan fakta mengenai pengolahan sampah yang diubah menjadi energi listrik yang dilakukan oleh negara maju, kemudian mengapa sampah dapat diolah menghasilkan energi?
5. Bagaimana cara menentukan kalor yang dihasilkan atau dibutuhkan dalam perubahan kimia dan fisika?



## Kegiatan Pembelajaran

### ✚ Pertemuan Kedua (3 JP)

LANGKAH PEMBELAJARAN		
Sintak model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu (90 menit)
	Guru & Peserta Didik	

<b>PENDAHULUAN</b>		
<b>Persiapan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru membuka proses pembelajaran dengan mengucapkan salam dan menanyakan kabar peserta didik</li> <li>• Guru dan peserta didik berdoa untuk memulai pembelajaran (<b>PPP-Beriman dan bertaqwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia</b>)</li> <li>• Guru memastikan kesiapan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik dan kerapian peserta didik (<b>PPK-disiplin</b>)</li> </ul>	30 Menit
<b>Apersepsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apersepsi dengan mengingatkan peserta didik tentang konsep yang sudah dipelajari sebelumnya dan peserta didik menjawab pertanyaan guru mengenai materi prasyarat hidrokarbon (<b>4C-Communication</b>)</li> </ul>	
<b>Motivasi/pertanyaan pemantik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan motivasi/dengan menjelaskan tujuan dan manfaat pembelajaran pada materi di pertemuan ini</li> <li>• Guru menyampaikan langkah kegiatan pembelajaran dan teknik penilaian yang digunakan.</li> </ul>	
<b>TAHAP PEMBELAJARAN (INTI)</b>		
<b>Eksplorasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menyampaikan materi terkait Sistem dan Lingkungan, Reaksi Endoterm dan Eksoterm melalui PPT</li> </ul>	90 Menit

<b>Elaborasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan latihan soal kepada peserta didik secara individu</li> </ul>	
<b>Konfirmasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan arahan kepada peserta didik yang kesulitan mengerjakan soal</li> <li>• Guru mempersilahkan kepada salah satu peserta didik untuk menjelaskan jawaban di depan papan tulis</li> <li>• Guru bersama peserta didik mengoreksi hasil penyelesaian atau pengerjaan peserta didik yang dipresentasikan</li> </ul>	
<b>PENUTUP</b>		
<b>Penutup</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dengan bimbingan guru untuk memberikan penguatan, meriview, dan membuat kesimpulan dari hasil kegiatan pembelajaran.</li> <li>• Peserta didik melaksanakan refleksi dari hasil pembelajaran</li> <li>• Guru memberikan informasi terkait rencana pembelajaran yang akan datang.</li> <li>• Peserta didik bersama guru berdoa bersama-sama untuk mengakhiri pembelajaran hari ini dan ditutup dengan mengucapkan salam.</li> </ul>	15 menit

### ✚ Pertemuan ketiga (2 JP)

LANGKAH PEMBELAJARAN		
Sintak Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu (Menit)
	Guru & Peserta Didik	
<b>PENNDAHULUAN</b>		
<b>Persiapan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru membuka proses pembelajaran dengan mengucapkan salam dan menanyakan kabar peserta didik</li> <li>• Guru dan peserta didik berdoa untuk memulai pembelajaran <b>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia)</b></li> <li>• Guru memastikan kesiapan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik dan kerapihan peserta didik <b>(PPK-disiplin)</b></li> </ul>	15 Menit
<b>Apersepsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apersepsi dengan mengingatkan peserta didik tentang konsep yang sudah dipelajari sebelumnya <b>(4C-Communication)</b></li> </ul>	
<b>Motivasi/ pertanyaan pemantik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru menyampaikan langkah kegiatan pembelajaran dan teknik penilaian yang digunakan. <i>(4C- Colaboratif)</i></li> </ul>	
<b>TAHAP PEMBELAJARAN (INTI)</b>		
<b>Eksplorasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru menyampaikan materi terkait Perubahan Entalpi Standar untuk berbagai reaksi</li> </ul>	60 Menit
<b>Elaborasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru memberikan latihan soal</li> </ul>	
<b>Konfirmasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru memberikan arahan kepada peserta didik yang kesulitan mengerjakan soal</li> <li>Guru mempersilahkan kepada salah satu peserta didik untuk menjelaskan jawabanya didepan papan tulis</li> <li>Guru bersama peserta didik mengkoreksi hasil penyelesaian atau pengerjaan peserta didik yang dipresentasikan</li> </ul>	
<b>PENUTUP</b>		
<b>Penutup</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peserta didik dengan bimbingan guru untuk memberikan penguatan, meriview, dan membuat kesimpulan dari hasil kegiatan pembelajaran.</li> <li>Peserta didik melaksanakan refleksi dari hasil pembelajaran</li> <li>Guru memberikan informasi terkait rencana pembelajaran yang akan datang.</li> </ul>	15 menit

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik bersama guru berdoa bersama-sama untuk mengakhiri pembelajaran hari ini dan ditutup dengan mengucapkan salam. <b><i>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada tuhan YME dan berakhlak mulia)</i></b></li> </ul>	
--	---	--

### Pertemuan Keempat (3 JP)

<b>LANGKAH PEMBELAJARAN</b>		
<b>Sintak Pembelajaran</b>	<b>Deskripsi Kegiatan</b>	<b>Alokasi Waktu (Menit)</b>
	<b>Guru &amp; Peserta Didik</b>	
<b>PENNDAHULUAN</b>		
<b>Persiapan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru membuka proses pembelajaran dengan mengucapkan salam dan menanyakan kabar peserta didik</li> <li>• Guru dan peserta didik berdoa untuk memulai pembelajaran <b><i>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia)</i></b></li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru memastikan kesiapan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik dan kerapihan peserta didik (<b>PPK-disiplin</b>)</li> </ul>	30 Menit
<b>Apersepsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru memberikan apersepsi dengan mengingatkan peserta didik tentang konsep yang sudah dipelajari sebelumnya dan peserta didik menjawab pertanyaan guru (<b>4C-Communication</b>)</li> </ul>	
<b>Motivasi/ pertanyaan pemantik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.</li> <li>Guru menyampaikan langkah kegiatan pembelajaran dan teknik penilaian yang digunakan. (<b>4C-Colaboratif</b>)</li> </ul>	
<b>TAHAP PEMBELAJARAN (INTI)</b>		
<b>Eksplorasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru menyampaikan materi terkait Hukum Hess, Pembentukan Standar, serta Energi Ikatan</li> </ul>	90 Menit
<b>Elaborasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru memberikan latihan soal</li> </ul>	
<b>Konfirmasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guru memberikan arahan kepada peserta didik yang kesulitan mengerjakan soal</li> <li>Guru mempersilahkan kepada salah satu peserta didik untuk menjelaskan jawabanya didepan papan tulis</li> <li>Guru bersama peserta didik mengkoreksi hasil penyelesaian atau pengerjaan peserta didik yang dipresentasikan</li> </ul>	
<b>PENUTUP</b>		

<b>Penutup</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dengan bimbingan guru untuk memberikan penguatan, meriview, dan membuat kesimpulan dari hasil kegiatan pembelajaran.</li> <li>• Peserta didik melaksanakan refleksi dari hasil pembelajaran</li> <li>• Guru memberikan informasi terkait rencana pembelajaran yang akan datang.</li> <li>• Guru mengingatkan peserta didik membawa bahan yang dibutuhkan untuk praktikum pada pertemuan selanjutnya sesuai dengan pembagian kelompok</li> <li>• Peserta didik bersama guru berdoa bersama-sama untuk mengakhiri pembelajaran hari ini dan ditutup dengan mengucapkan salam. <i><b>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada tuhan YME dan berakhlak mulia)</b></i></li> </ul>	15 menit
----------------	---	----------

#### Pertemuan kelima (2JP)

LANGKAH PEMBELAJARAN		
Sintak Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu (Menit)
	Guru & Peserta Didik	
<b>PENDAHULUAN</b>		

<b>Persiapan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru membuka proses pembelajaran dengan mengucapkan salam dan menanyakan kabar peserta didik</li> <li>• Guru dan peserta didik berdoa untuk memulai pembelajaran <b><i>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia)</i></b></li> <li>• Guru memastikan kesiapan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik dan kerapihan peserta didik <b><i>(PPK-disiplin)</i></b></li> </ul>	15 Menit
<b>Apersepsi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan apersepsi dengan mengingatkan peserta didik tentang konsep yang sudah dipelajari sebelumnya mengenai materi Hukum Hess, Pembentukan Standar, serta Energi Ikatan <b><i>(4C-Communication)</i></b></li> </ul>	
<b>Motivasi/Pertanyaan Pemantik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.</li> <li>• Guru menyampaikan langkah kegiatan pembelajaran dan teknik penilaian yang digunakan.<b><i>(4C- Colaboratif)</i></b></li> </ul>	
<b>TAHAP PEMBELAJARAN (INTI)</b>		
<b>Eksplorasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menyampaikan materi terkait penentuan <math>\Delta H</math> reaksi berdasarkan data eksperimen praktikum kalorimetri</li> </ul> <b>Menanya (Questioning)</b>	60 Menit

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik diberi kesempatan untuk bertanya setelah memperhatikan dan menyimak, apabila ada hal yang dibingungkan.</li> </ul>	
<b>Elaborasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan latihan soal</li> </ul>	
<b>Konfirmasi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru memberikan arahan kepada peserta didik yang kesulitan mengerjakan soal</li> <li>• Guru mempersilahkan kepada salah satu peserta didik untuk menjelaskan jawabanya didepan papan tulis</li> <li>• Guru bersama peserta didik mengkoreksi hasil penyelesaian atau pengerjaan peserta didik yang dipresentasikan</li> </ul>	
<b>PENUTUP</b>		
<b>Penutup</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dengan bimbingan guru untuk memberikan penguatan, meriview, dan membuat kesimpulan dari hasil kegiatan praktikum</li> <li>• Peserta didik melaksanakan refleksi dari hasil pembelajaran</li> <li>• Guru memberikan informasi terkait rencana pembelajaran yang akan datang.</li> <li>• Guru mengingatkan peserta didik menyiapkan diri untuk penilaian sumatif di pertemuan yang akan datang</li> </ul>	15 Menit

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peserta didik bersama guru berdoa bersama-sama untuk mengakhiri pembelajaran hari ini dan ditutup dengan mengucapkan salam. <b><i>(PPP-Beriman dan bertaqwa kepada tuhan YME dan berakhlak mulia)</i></b></li></ul>	
--	---	--

## Lampiran 12. Lembar Kerja Peserta Didik Eksperimen



## Pertemuan Ketiga

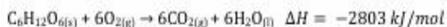


### Orientasi Siswa Pada Masalah

#### Polisi Hutan Ungkap Kasus Penebangan Liar yang Diduga Libatkan Politisi



Miris sekali di Indonesia masih banyak terjadi penebangan hutan secara liar dan ilegal terutama di beberapa hutan kawasan yang dilindungi pemerintah. Hutan dianggap sebagai paru-paru dunia, karena mampu menghasilkan oksigen yang digunakan pada reaksi pernafasan manusia dan beberapa makhluk hidup lain. Reaksi pernafasan membutuhkan oksigen untuk membakar glukosa dengan melepas energi agar manusia bisa hidup bergerak dan bertenaga. Persamaan reaksi termokimia dari proses pernafasan dalam keadaan standar, dapat ditulis seperti ini:



### Mengorganisasikan siswa dalam Belajar

Analisislah apa itu  
Persamaan termokimia?

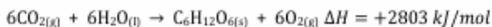


$\Delta H$  pada reaksi pembakaran glukosa merupakan reaksi yang dituliskan pada keadaan standar. Analisislah maksud dari pernyataan diatas?



### Penyelidikan Secara Berkelompok

Perhatikan reaksi fotosintesis dibawah ini dan jawablah pertanyaannya melalui kajian literatur dan diskusi bersama teman sekelompok!



1. Berapa kalor yang diserap, jika reaksi pembentukan glukosa tersebut hanya terbentuk sebanyak  $\frac{1}{2}$  mol?

2. Berapa mol gas  $\text{CO}_2$  yang digunakan, jika ternyata kalor yang diserap sebesar 1401 kJ/mol?



### Penyajian Hasil Diskusi

Dari hasil diskusi, silahkan presentasikan jawaban anda di depan kelas!



### Menganalisis dan Evaluasi Pemecahan Masalah

Tuliskan Kesimpulan dari hasil pembelajaran!

.....

.....

.....

.....

## Pertemuan Keempat

### Orientasi Siswa Pada Masalah

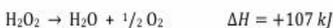


Kumbang memiliki dua kelenjar pada bagian pygidium untuk menyimpan dan memisahkan hydrogen peroksida dari hidrokuinon. Abdomen kumbang ini dirancang sangat baik sehingga dua bahan kimia berbahaya tersebut tidak tercampur.

Sehingga todak membuat kumbang tersebut meledak. Hanya saat terancam, kumbang pengebom menyempotkan kedua bahan kimia tersebut secara bersamaan, sehingga reaksinya memunculkan suara nyaring seperti ledakan kecil. Kedua cairan yang bercampur ini sangat panas hingga bisa mencapai 100°C. Kedua senyawa bisa dituliskan dnegan reaksi berikut:



Untuk menghitung seberapa besar panas yang diekluarkan oleh kumbang pengebom ini, bisa gunakan dasar hukum Hess, dnegan menggabungkan data reaksi termokimia dibawah ini:



Jika kita punya data entalpi pembentukan, kita juga bisa menghitung berapa kalor yang dihasilkan dari reaksi antara hidrokuinon dan hydrogen peroksida. Coba anda diskusikan dnegan teman kelompok berapa besarnya panas dari campuran zat yang diekluarkan kumbang pengebom.



### Mengorganisasikan siswa dalam Belajar

Berkumpulah dnegan kelompokmu untuk mendiskusikan masalah diatas!

Analisislah apa itu Hukum Hess??



Buktikan seberapa panas yang di keluarkan dari reaksi cairan semprot kumbang pengebom menggunakan data entalpi pembentukan!

Buktikan seberapa panas yang dikeluarkan dari reaksi cairan semprot kumbang pengebom menggunakan hukum Hess!



### Penyelidikan Secara Berkelompok

Masing-masing peserta didik mencari informasi melalui pembelajaran sebelumnya dan literatur untuk mengisi tabel dibawah ini!

Nama Siswa	Cairan pengebom reaksi eksoterm atau endoterm, mengapa?	Hukum Hess	Data entalpi pembentukan	Jawaban pilihan kelompok



### Penyajian Hasil Diskusi

Dari hasil diskusi, silahkan presentasikan jawaban anda di depan kelas!



### Menganalisis dan Evaluasi Pemecahan Masalah

Tuliskan Kesimpulan dari hasil pembelajaran!

.....

.....

.....

.....

Lampiran 13. Hasil Pengerjaan Lembar Kerja Peserta Didik

- Kelompok 4
- Amelia
  - Amin
  - Safira
  - Agung
  - Daffa
  - Satrio
  - Anggun

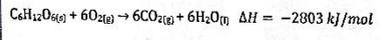
Pertemuan Ketiga

Orientasi Siswa Pada Masalah

Polisi Hutan Ungkap Kasus Penebangan Liar yang Diduga Libatkan Politisi



Miris sekali di Indonesia masih banyak terjadi penebangan hutan secara liar dan ilegal terutama di beberapa hutan kawasan yang dilindungi pemerintah. Hutan dianggap sebagai paru-paru dunia, karena mampu menghasilkan oksigen yang digunakan pada reaksi pernafasan manusia dan beberapa makhluk hidup lain. Reaksi pernafasan membutuhkan oksigen untuk membakar glukosa dengan melepas energi agar manusia bisa hidup bergerak dan bertenaga. Persamaan reaksi termokimia dari proses pernafasan dalam keadaan standar, dapat ditulis seperti ini:



Mengorganisasikan siswa dalam Belajar

Perubahan entalpi yang diukur dalam kondisi standar, yaitu pada suhu 25°C, tekanan 1 atm.

Analisislah apa itu Persamaan termokimia?



Persamaan termokimia adalah persamaan reaksi yang diikuti dengan penulisan perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) dan bentuk fase zat.

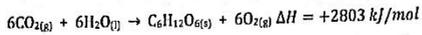
$\Delta H$  pada reaksi pembakaran glukosa merupakan reaksi yang dituliskan pada keadaan standar. Analisislah maksud dari pernyataan diatas?

Perubahan entalpi

### Penyelidikan Secara Berkelompok



Perhatikan reaksi fotosintesis dibawah ini dan jawablah pertanyaannya melalui kajian literatur dan diskusi bersama teman sekelompok!



1. Analisislah berapa kalor yang diserap, jika reaksi pembentukan glukosa tersebut hanya terbentuk sebanyak  $\frac{1}{2}$  mol?

Kalor yang diserap untuk membentuk 1 mol glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) adalah 2803 kJ/mol. maka untuk  $\frac{1}{2}$  mol glukosa =  $\frac{1}{2} \times 2803$   
 $= 1.401.5 \text{ kJ}$

2. Analisislah berapa mol gas  $\text{CO}_2$  yang digunakan, jika ternyata kalor yang diserap sebesar 1401 kJ/mol?

Kalor untuk 6 mol  $\text{O}_2 = 2803 \text{ kJ/mol}$   
 Kalor per mol  $\text{O}_2 = \frac{2803}{6} = 467 \text{ kJ/mol}$   
 Jumlah mol  $\text{CO}_2$  yang digunakan jika kalor yang diserap 1401 kJ  
 $\text{mol CO}_2 = \frac{1401}{467} = 3 \text{ mol}$

### Penyajian Hasil Diskusi



Dari hasil diskusi, silahkan presentasikan jawaban anda di depan kelas!



### Menganalisis dan Evaluasi Pemecahan Masalah

Tuliskan Kesimpulan dari hasil pembelajaran!

Kalor yang diserap apabila glukosa terbentuk sebanyak  $\frac{1}{2}$  mol yaitu 1.401.5 kJ. Sedangkan... mol gas  $\text{CO}_2$  yang digunakan, jika kalor yang diserap sebesar 1.401 kJ/mol yaitu 3 mol

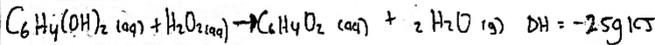
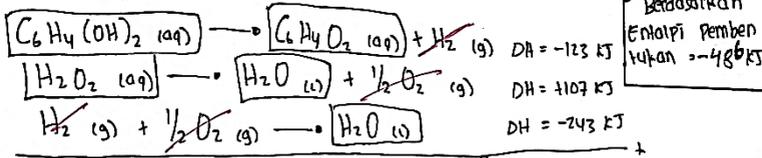
Kelompok 4

- Amelio - Agung - Anggun
- Amin - Daffa
- Safira - Satrio

Penelitian berkelompok

Nama Siswa	Cairan Pengeboman reaksi eksoterm /endoterm Mengapa ?	Hukum Hess	Data Entalpi Pembentukan	Jawaban pilihan kelompok
Daffa	Reaksi Eksoterm	-259 kJ	-486 kJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• merupakan reaksi eksoterm karena suhu naik</li> <li>• nilai DH berdasarkan hukum hess sebesar -159 kJ</li> <li>• Berdasarkan Entalpi Pembentukan = -486 kJ</li> </ul>
Agung	Eksoterm, suhu naik	-259 kJ	-1.228 kJ	
Amelia	Eksoterm, kenaikan suhu	-259 kJ	-1.228 kJ	
Satrio	Eksoterm, suhu naik	-159 kJ	-486 kJ	
Anin	Eksoterm, Kenaikan suhu	-159 kJ	-486 kJ	

Hukum Hess



Data Entalpi Pembentukan

- $\Delta H_f^\circ C_6H_4(OH)_2 (aq) = -180 \text{ kJ}$
- $\Delta H_f^\circ H_2O_2 (aq) = -191 \text{ kJ}$
- $\Delta H_f^\circ C_6H_4O_2 (aq) = -285 \text{ kJ}$
- $\Delta H_f^\circ 2 H_2O (l) = -286 \text{ kJ}$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{reaksi} &= \sum \Delta H_f^\circ \text{ Produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ Reaktan} \\
 &= (-285 + 2 \cdot -286) - (-180 + -191) \\
 &= (-285 + -572) - (-180 + -191) \\
 &= -857 - (-371) \\
 &= -486 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan

Cairan pengeboman pada kumbang termasuk reaksi eksoterm, karena mengalami kenaikan suhu hingga 100 °C. Besaran nilai perubahan entalpi jika dihitung menggunakan Hukum Hess sebesar -259 kJ, Sedangkan Data entalpi Pembentukan sebesar -486 kJ

## Lampiran 14. Petunjuk Praktikum

# LEMBAR PETUNJUK PRAKTIKUM

BERORIENTASI *GREEN CHEMISTRY* UNTUK  
SMA/MA KELAS XI SEMESTER 2



Disusun Oleh : Ramona Wahyu

## **TERMOKIMIA**

### **TUJUAN PEMBELAJARAN**

11.1 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan reaksi eksoterm dan endoterm

11.1.1 Merancang percobaan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm

11.1.2 melakukan percobaan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm

11.1.3 Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan reaksi eksoterm dan endoterm

11.2 merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan penentuan  $\Delta H$  suatu reaksi

11.2.1 Merancang percobaan penentuan  $\Delta H$  suatu reaksi

11.2.2 Melakukan percobaan penentuan  $\Delta H$  suatu reaksi

11.2.3 Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan penentuan  $\Delta H$  reaksi

## **GREEN CHEMISTRY BOX**

Praktikum ini menerapkan beberapa prinsip *green chemistry*, yaitu

### **✦ Pencegahan Limbah**

Pembelajaran berbasis praktikum ini didesain dengan penggunaan bahan dalam jumlah minimal dan sesuai kebutuhan saat praktikum sehingga limbah yang dihasilkan sapat diminimalisir.

### **✦ Penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang lebih aman**

Pelarut yang digunakan dalam praktikum merupakan pelarut yang aman, yaitu aquades.

### **✦ Mencegah penggunaan bahan kimia yang berbahaya, beracun dan tidak ramah lingkungan**

Bahan-bahan yang digunakan selama praktikum berlangsung menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan diantaranya:

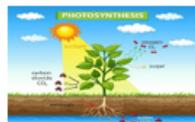
1. Larutan Teh merupakan senyawa yang aman untuk dikonsumsi dan tidak menimbulkan reaksi berbahaya seperti iritasi dan pencemaran lingkungan.
2. NaCl atau garam dapur merupakan senyawa yang aman untuk dikonsumsi dan tidak menimbulkan reaksi berbahaya seperti iritasi dan pencemaran lingkungan.
3. Kapur tohor atau kalsium oksida (CaO) dihasilkan melalui proses kalsinasi batu kapur, yang merupakan bahan alami aman dan dapat dikelola secara efektif tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Berbeda dengan kapur industri yang sering kali mengandung bahan tambahan berpotensi merusak lingkungan, kapur tohor tidak mengandung aditif yang berbahaya. Kapur tohor juga dapat dicampurkan dengan bahan-bahan alami lain untuk menghasilkan pupuk organik yang ramah lingkungan.

**PERCOBAAN PERTAMA**  
**TERMOMETER SEDERHANA**  
**(Menentukan Reaksi Eksoterm dan Endoterm)**

**Orientasi Peserta Didik pada Masalah**



**Gambar 1.** Kumbang Bombardir



**Gambar 2.** Proses Fotosintesis

Reaksi-reaksi kimia berlangsung dengan berbagai cara dan perantara. Ada reaksi kimia yang terjadi pada suatu benda mati, ada juga reaksi yang terjadi pada benda hidup (mahluk hidup). Reaksi kimia sendiri dapat disertai dengan perpindahan kalor (panas). Ada reaksi kimia yang menghasilkan panas, contohnya pada kumbang bombardir, dan ada juga reaksi kimia yang menyerap kalor (panas) contohnya pada proses fotosintesis tumbuhan. Berdasarkan jenis perpindahan kalornya, reaksi kimia dibagi menjadi dua yaitu reaksi eksoterm dan reaksi endoterm.

Lalu bagaimana perbedaan reaksi eksoterm dan endoterm?

**Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk belajar**

Bergabunglah dengan kelompok yang sudah ditentukan. Kemudian lakukan praktikum berikut sesuai dengan petunjuk!

## Membimbing Penyelidikan



### Tujuan

1. Menentukan reaksi eksoterm dan endoterm
2. Mengetahui perbedaan reaksi eksoterm dan endoterm

### Alat dan Bahan

**Alat:**

**Bahan:**

### Cara Kerja

#### 1. Membuat Termometer Sederhana

- Siapkan satu buah botol vial beserta tutupnya
- Lubangi tutup botol vial sebesar ukuran sedotan, agar sedotan bisa masuk ke dalamnya
- Masukkan sedotan ke dalam tutup botol vial yang sudah dilubangi
- Pasatkan tidak ada celah

#### 2. Percobaan Reaksi Endoterm dan Eksoterm

- Mengambil sekitar 5 mL air teh dan dimasukkan kedalam botol vial
- Tutup kembali botol vial
- Siapkan 2 mangkuk, isi mangkuk pertama dengan air panas, dan mangkuk kedua menggunakan air dingin hingga setengah penuh
- Letakkan botol vial kedalam mangkuk berisi air panas
- Amati hal yang terjadi
- Letakkan botol vial kedalam mangkuk berisi air dingin
- Amati hal yang terjadi

**Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya**



**Data Pengamatan**

No	Reaksi	Hasil Pengamatan	
		Sebelum Reaksi	Setelah Reaksi
1	Botol vial diletakkan ke dalam mangkuk berisi air panas	Dasar tabung terasa ..... Kondisi air di dalam botol vial .....	<b>Pengamatan reaksi</b> ..... Dasar tabung terasa ..... Kondisi air di dalam botol vial .....
2	Botol vial diletakkan ke dalam mangkuk berisi air dingin	Dasar tabung terasa ..... Kondisi air di dalam botol vial .....	Pengamatan reaksi ..... Dasar tabung terasa ..... Kondisi air di dalam botol vial .....

**Analisis Data**

1. Lakukan analisis mendalam terhadap jenis reaksi kimia yang terjadi pada percobaan diatas? dan diagnosis lah ciri-ciri yang terjadi pada percobaan tersebut!
2. Analisislah perbedaan reaksi eksoterm dan endoterm!

3. Diagnosis dan evaluasilah contoh lain dari reaksi eksoterm dan endoterm!

**Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah**



Buatlah Kesimpulan laporan dari praktikum diatas. Lakukan secara berkelompok!

**PERCOBAAN KEDUA****KALORIMETRI (Menentukan  $\Delta H$  Suatu Reaksi)****Orientasi Peserta Didik pada Masalah**

Kalorimeter merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor yang diserap atau dilepaskan oleh suatu larutan. Dalam kalorimeter memungkinkan terjadinya perpindahan energi seminimal mungkin. Fenomena dari kalorimeter dapat diamati ketika kita memasukkan air panas ke dalam termos. Termos merupakan contoh dari sistem yang terisolasi sehingga kemungkinan tidak terjadi pertukaran energi antara sistem dan lingkungan. Oleh karena itu air panas didalam termos akan tetap memiliki suhu yang sama. Selain menggunakan sistem yang terisolasi, kalor dapat diukur dengan kalorimeter yang sederhana yaitu menggunakan bejana plastik. Kalorimeter sederhana dibuat dari bahan plastik dengan tujuan agar kalor tidak berpindah ke lingkungan secara berlebihan.

Lalu bagaimanakah cara menentukan kalor dalam kalorimeter?

**Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk belajar**

Bergabunglah dengan kelompok yang sudah ditentukan. Kemudian lakukan praktikum berikut sesuai dengan petunjuk!

**Membimbing Penyelidikan****Tujuan:**

1. Menentukan  $q$  reaksi pada masing-masing percobaan dengan tepat
2. Menentukan perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) pada masing-masing percobaan

**Alat dan Bahan****Alat:****Bahan:****Cara Kerja**

1. Mengambil 100 mL aquadest kemudian dimasukkan kedalam kalorimeter.
2. Catat suhu awal pelarut.
3. Timbang 40 gram NaCl dengan menggunakan timbangan digital.
4. Campurkan 40 gram NaCl dengan aquades di dalam kalorimeter.
5. Pasang termometer dan pengaduk pada kalorimeter.
6. Aduk hingga larut.
7. Perhatikan perubahan suhu yang terjadi dan catat suhu konstan.
8. Ulangi langkah 1-7 dengan menggunakan 40 gram kapur tohor.

Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya



#### Data Pengamatan

No	Pereaksi	Suhu (°C)
1	Aquades	
2	Aquades + NaCl	
3	Aquades + Kapur tohor (CaO)	

#### Analisis Data

1. Analisislah persamaan reaksi untuk tiap-tiap percobaan!
2. Tafsirlah besaran  $q_{\text{reaksi}}$  pada masing-masing percobaan!
3. Analisislah berapa besaran  $\Delta H$  reaksi dari tiap-tiap percobaan diatas?

Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah



Buatlah Kesimpulan laporan dari praktikum diatas. Lakukan secara berkelompok!

## Lampiran 15. Hasil Pengerjaan Petunjuk Praktikum Peserta Didik

Kelompok 4

- Amelio	- Daffa	<b>Membimbing Penyelidikan</b>
- Anin	- Satrio	
- Safira	- Anggun	
- Agung		

↓

**Tujuan**

1. Menentukan reaksi eksoterm dan endoterm
2. Mengetahui perbedaan reaksi eksoterm dan endoterm

**Alat dan Bahan**

<p><b>Alat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Botol Vial (1)</li> <li>- Sedotan (1)</li> <li>- Mangkuk (2)</li> </ul>	<p><b>Bahan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Air teh (5 ml)</li> <li>- Air dingin</li> <li>- Air panas</li> </ul>
--	--

**Cara Kerja**

1. **Membuat Termometer Sederhana**
  - Siapkan satu buah botol vial beserta tutupnya
  - Lubangi tutup botol vial sebesar ukuran sedotan, agar sedotan bisa masuk ke dalamnya
  - Masukkan sedotan ke dalam tutup botol vial yang sudah dilubangi
  - Pasatkan tidak ada celah

2. **Percobaan Reaksi Endoterm dan Eksoterm**
  - Mengambil sekitar 5 mL air teh dan dimasukkan kedalam botol vial
  - Tutup kembali botol vial
  - Siapkan 2 mangkuk, isi mangkuk pertama dengan air panas, dan mangkuk kedua menggunakan air dingin hingga setengah penuh
  - Letakkan botol vial kedalam mangkuk berisi air panas
  - Amati hal yang terjadi
  - Letakkan botol vial kedalam mangkuk berisi air dingin
  - Amati hal yang terjadi

Mengembangkan dan Menyajikan  
Hasil Karya



**Data Pengamatan**

No	Reaksi	Hasil Pengamatan	
		Sebelum Reaksi	Setelah Reaksi
1	Botol vial diletakkan ke dalam mangkuk berisi air panas	Dasar tabung terasa <u>Dingin (suhu normal)</u> Kondisi air di dalam botol vial <u>Tetap pada wadahnya</u> <u>belum ada reaksi</u>	Pengamatan reaksi <u>Setelah dimasukkan</u> <u>ke dalam mangkuk, air</u> <u>nak melalui sedotan</u> Dasar tabung terasa <u>Panas</u> Kondisi air di dalam botol vial <u>mengalami kenaikan</u> <u>melalui sedotan, air</u> <u>nak perlahan</u>
2	Botol vial diletakkan ke dalam mangkuk berisi air dingin	Dasar tabung terasa <u>Panas (suhu sebelum</u> <u>perobaan)</u> Kondisi air di dalam botol vial <u>Tetap pada wadahnya</u> <u>belum ada reaksi,</u> <u>(air disedotan)</u>	Pengamatan reaksi <u>air turun dari</u> <u>yang semula berada</u> <u>disedotan</u> Dasar tabung terasa <u>Dingin</u> Kondisi air di dalam botol vial <u>mengalami penurunan</u> <u>yang mutunya nak,</u> <u>menjadi turun</u>

**Analisis Data**

1. Lakukan analisis mendalam terhadap jenis reaksi kimia yang terjadi pada percobaan diatas? dan diagnosis lah ciri-ciri yang terjadi pada percobaan tersebut!
2. Analisislah perbedaan reaksi eksoterm dan endoterm!

3. Diagnosis dan evaluasiilah contoh lain dari reaksi eksoterm dan endoterm!

**Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah**



Buatlah Kesimpulan laporan dari praktikum diatas. Lakukan secara berkelompok!

### Analisis Data

1. Pada percobaan pertama, terjadi reaksi eksoterm karena mengalami kenaikan suhu yang terlihat pada celah sedotan. Sedangkan pada percobaan kedua terjadi reaksi endoterm karena suhu seketika turun.
2. Reaksi eksoterm : terjadi kenaikan suhu,  $\Delta H = \text{negatif}$   
 - Reaksi endoterm : terjadi penurunan suhu,  $\Delta H = \text{positif}$
3. Contoh Eksoterm = Membuat Api Unggun  
 - Endoterm : Melarutkan garam pada air panas

### Kesimpulan

Pada percobaan pertama ketika botol vial dimasukkan kedalam mangkuk yang berisi air panas mengalami kenaikan suhu yang dapat dilihat melalui sedotan. Air yang ada didalam botol vial perlahan naik melalui sedotan. Ketika botol vial dipindahkan kedalam mangkuk yang berisi air dingin air yang semula naik seketika turun. Hal ini pada percobaan pertama terjadi reaksi eksoterm sedangkan pada percobaan kedua terjadi reaksi endoterm.

## Membimbing Penyelidikan



### Tujuan:

1. Menentukan  $q$  reaksi pada masing-masing percobaan dengan tepat
2. Menentukan perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) pada masing-masing percobaan

### Alat dan Bahan

#### Alat:

- Kalorimeter sederhana
- Timbangan digital
- Termometer
- Pengaduk (Stump)

#### Bahan:

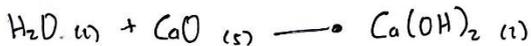
- Aquades
- NaCl
- Kapur Tohor

### Cara Kerja

1. Mengambil 100 mL aquadest kemudian dimasukkan kedalam kalorimeter.
2. Catat suhu awal pelarut.
3. Timbang 40 gram NaCl dengan menggunakan timbangan digital.
4. Campurkan 40 gram NaCl dengan aquades di dalam kalorimeter.
5. Pasang termometer dan pengaduk pada kalorimeter.
6. Aduk hingga larut.
7. Perhatikan perubahan suhu yang terjadi dan catat suhu konstan.
8. Ulangi langkah 1-7 dengan menggunakan 40 gram kapur tohor.

Data Pengamatan

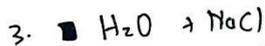
NO	Reaksi	Suhu (°C)
1	Aquades	29 °C
2	Aquades + NaCl	28 °C
3	Aquades + kapur tohor	30 °C

Analisis Data

$$\begin{aligned} q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 140 \cdot 4,2 \cdot (28 - 29) \\ &= 140 \cdot 4,2 \cdot -1 \\ &= -588 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



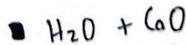
$$\begin{aligned} q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 140 \cdot 4,2 \cdot (30 - 29) \\ &= 140 \cdot 4,2 \cdot 1 \\ &= 588 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



$$q = -588 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H = q$$

Pada reaksi antara  $\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$  merupakan reaksi endoterm maka nilai  $\Delta H = +$   
Jadi  $\Delta H = +588 \text{ kJ/mol}$



$$q = 588 \text{ kJ/mol}$$

eksoterm

$$\Delta H = -588 \text{ kJ/mol}$$

### Kesimpulan

Pada Percobaan pertama, ketika NaCl dilarutkan kedalam aquades, suhu awal aquades yang mulanya  $29^{\circ}\text{C}$  turun menjadi  $28^{\circ}\text{C}$ . Pada percobaan kedua, ketika kapur tohor dilarutkan kedalam aquades, suhu awal aquades yang mulanya  $29^{\circ}\text{C}$  naik menjadi  $30^{\circ}\text{C}$ .

Dan didapatkan nilai  $\Delta H$  pada reaksi  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  sebesar  $+588 \text{ kJ/mol}$ . Reaksi  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$  sebesar  $-588 \text{ kJ/mol}$ .

## Lampiran 16. Kisi-Kisi Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

## KISI-KISI SOAL (KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS)

Mata Pelajaran : Kimia  
 Jenjang Pendidikan : SMA  
 Kelas/Semester : XI/Genap  
 Jumlah Soal : 10  
 Bentuk Soal : Essay  
 Materi : Termokimia

No	Materi	Tujuan Pembelajaran	Ranah Kognitif	Prinsip <i>Green Chemistry</i>	Aspek Berpikir Kritis	Indikator Soal	Soal
1	Sistem dan Lingkungan	Peserta didik mampu menganalisis pengertian antara sistem dan lingkungan serta mendiagnosis kedalam sistem dan lingkungan	C4	Efisiensi Energi (proses penguapan keringat terjadi secara alami pada suhu tubuh manusia, tanpa memerlukan tambahan energi)	<b>Memberikan Penjelasan Sederhana</b> (menganalisis pengertian dan mendiagnosis komponen pembentuk berdasarkan suatu informasi)	Mampu menganalisis pengertian sistem dan lingkungan serta mendiagnosis komponen-komponen yang berperan dalam membentuk hubungan antara sistem dan lingkungan berdasarkan artikel yang diberikan	Bacalah artikel berikut! <b>Artikel 1</b> Pada saat berolahraga, tubuh secara alami berkeringat, saat mulai berkeringat tubuh akan terasa dingin, rasa dingin tersebut bukan dari keringat tersebut namun adanya proses penguapan. Reaksi penguapan memerlukan energi atau yang disebut sebagai reaksi endotermik agar reaksi dapat terjadi. Energi yang digunakan

							diambil dari tubuh kita, sehingga membuat suhu tubuh kita lebih dingin. Tubuh kita bertindak sebagai lingkungannya. Penguapan air berupa keringat dikeluarkan melalui pori-pori kulit. Berdasarkan permasalahan diatas, analisislah yang dimaksud dengan sistem dan lingkungan? Serta diagnosis dari artikel tersebut mana yang tergolong dalam sistem dan lingkungan?
2	Sistem dan Lingkungan	Peserta didik mampu mengkategorikan kedalam sistem terbuka dan tertutup serta menafsirkan perbedaan antara keduanya	C6 & C5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan bahan baku terbarukan</li> <li>• Desain untuk efisiensi energi</li> </ul>	<b>Memberikan Penjelasan Lebih Lanjut</b> (mengkategorikan suatu sistem dan menafsirkan perbedaan berdasarkan informasi yang ada)	Mampu mengkategorikan fenomena 1&2 termasuk kedalam sistem terbuka atau tertutup dan mampu menafsirkan perbedaan sistem terbuka dan tertutup	Cermati dua fenomena di bawah ini! <b>Fenomena 1</b> Gunung berapi yang masih aktif sering mengalami letusan secara periodik atau tidak terduga. Biasanya saat gunung berapi sedang aktif menyebabkan proses termal seperti pelelehan batuan atau penguapan, kawah gunung berapi juga melepaskan energi panas ke lingkungan terutama saat letusan.

						<p>Selain itu, gas vulkanik, material vulkanik dapat mengalir keluar kawah gunung berapi dan memasuki lingkungan sekitarnya.</p> <p><b>Fenomena 2</b></p> <p>Rumah kaca adalah struktur bangunan yang dirancang khusus untuk menangkap dan mempertahankan panas dari sinar matahari, menciptakan lingkungan yang hangat dan lembab yang cocok untuk pertumbuhan tanaman. Rumah kaca biasanya digunakan untuk keperluan pertanian, penanaman tanaman hias, dan produksi tanaman di lingkungan yang terjadi.</p> <p>a. Berdasarkan 2 fenomena diatas kategorikan mana diantara fenomena diatas termasuk sietem terbuka, tertutup, atau terisolasi!</p> <p>b. Berdasarkan fenomena diatas, tafsirkan perbedaan antara</p>
--	--	--	--	--	--	--

							sistem terbuka dan sistem tertutup dalam konteks termokimia?									
3	Reaksi Eksoterm dan Endoterm	Peserta didik mampu menafsirkan dan mengategorikan reaksi eksotermik dan endotermik	C5 & C6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desain produk yang ramah lingkungan</li> <li>• Mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya</li> <li>• Pencegahan limbah</li> <li>• Penggunaan pelarut yang aman</li> </ul>	<b>Memberikan Penjelasan Lebih Lanjut</b> (menafsirkan dan mengategorikan data percobaan kedalam suatu reaksi)	Mampu menafsirkan reaksi yang terjadi serta mengategorikan suatu reaksi kedalam eksoterm maupun endoterm berdasarkan data hasil percobaan	<p>Perhatikan data percobaan dibawah ini!</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Reaksi</th> <th>Suhu mula-mula (Aquades)</th> <th>Suhu akhir setelah direaksikan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aquades + NaCl</td> <td>29 °C</td> <td>28 °C</td> </tr> <tr> <td>Aquades + Kapur tohor (NaCl)</td> <td>29 °C</td> <td>32 °C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Berdasarkan data percobaan di atas, diketahui bahwa salah satu zat menyebabkan penurunan suhu, sementara zat lainnya menyebabkan kenaikan suhu. Berdasarkan masing-masing percobaan di atas, tafsirkan reaksi apa yang terjadi dan kategorikan apakah reaksi tersebut termasuk reaksi eksoterm atau endoterm!</p>	Reaksi	Suhu mula-mula (Aquades)	Suhu akhir setelah direaksikan	Aquades + NaCl	29 °C	28 °C	Aquades + Kapur tohor (NaCl)	29 °C	32 °C
Reaksi	Suhu mula-mula (Aquades)	Suhu akhir setelah direaksikan														
Aquades + NaCl	29 °C	28 °C														
Aquades + Kapur tohor (NaCl)	29 °C	32 °C														

4	Persamaan Termokimia dan Diagram tingkat Energi	Peserta didik mampu menganalisis persamaan termokimia serta membuktikan dengan diagram energi	C4 & C5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi energi</li> <li>• Bahan baku terbarukan</li> <li>• Pencegahan limbah</li> </ul>	<b>Memberikan Penjelasan Sederhana</b> (menganalisis persamaan termokimia dan membuktikan dengan menggunakan diagram energi)	Mampu menganalisis persamaan termokimia berdasarkan bacaan serta membuktikan dengan menggunakan diagram energi	Amonia merupakan senyawa kimia yang biasanya ditemukan dalam bentuk gas. Senyawa ini terbentuk dari reaksi antara gas hidrogen dan gas nitrogen dengan melepas kalor sebanyak 92 kJ/mol. Amonia berfungsi sebagai bahan pembuatan amonium klorida pada baterai serta pembuatan asam nitrat sebagai bahan pendingin. Selain itu amonia juga digunakan sebagai campuran dalam industri pupuk sehingga terbentuk pupuk urea ( $CO(NH_2)_2$ ). Berdasarkan bacaan tersebut analisislah persamaan termokimia pembentukan amonia dan buktikan melalui diagram energinya!						
5	Perubahan Entalpi Standar dan Jenis Reaksi	Peserta didik mampu mengevaluasi nilai perubahan entalpi reaksi serta mengkaitkan dengan jenis reaksi yang terjadi	C5 & C4	• Efisiensi Energi	<b>Memberikan Kesimpulan</b> (Mengevaluasi dan mengkaitkan hasil pertimbangan berdasarkan fakta data yang ada)	Mampu mengevaluasi nilai perubahan entalpi reaksi serta mengkaitkan jenis reaksi yang terjadi berdasarkan data	Perhatikan perubahan entalpi senyawa berikut ini! <table border="1" data-bbox="1098 812 1418 936"> <thead> <tr> <th>Senyawa</th> <th>Perubahan entalpi standar (kkal/mol)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fe<sub>2</sub>O<sub>2</sub></td> <td>-198,5</td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub></td> <td>-94,1</td> </tr> </tbody> </table>	Senyawa	Perubahan entalpi standar (kkal/mol)	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-198,5	CO <sub>2</sub>	-94,1
Senyawa	Perubahan entalpi standar (kkal/mol)												
Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-198,5												
CO <sub>2</sub>	-94,1												

						perubahan entalpi standar	<table border="1"> <tr> <td>CO</td> <td>-26,4</td> </tr> </table> <p>Dalam industri, besi dibuat melalui proses reduksi dari oksidanya, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Zat pereduksi yang digunakan adalah gas karbon monoksida (CO) pada suhu tinggi. Reaksi yang terjadi:</p> $Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$ <p>Berdasarkan data tersebut, evaluasilah nilai perubahan entalpi reaksi dalam satuan kJ/mol serta kaitkan jenis reaksi yang terjadi! Sertakan alasan yang mendukung!</p>	CO	-26,4							
CO	-26,4															
6	Perubahan Entalpi	Peserta didik mampu menganalisis harga massa berdasarkan percobaan	C4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi energi</li> <li>• Penggunaan bahan baku yang dapat diperbarui</li> </ul>	<b>Membangun Keterampilan Dasar</b> (menganalisis besaran harga massa berdasarkan hasil percobaan)	Mampu menganalisis besaran harga massa zat berdasarkan data entalpi hasil percobaan	Jika kita ingin memanaskan air 1 kg dari suhu awal 24°C hingga suhunya 33,4°C, analisislah berapa gram zat arang atau karbon yang harus dibakar untuk menghasilkan kalor (panas) tersebut? Jika diketahui entalpi pembentukan standar CO <sub>2</sub> sebesar -94,1 Kkal. (Ar C = 12 sma. Cair = 4,2 J/g°C).									
7	Perubahan Entalpi Reaksi	Peserta didik mampu mengevaluasi perubahan entalpi berdasarkan data percobaan	C5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desain produk yang ramah lingkungan</li> <li>• Mengurangi penggunaan bahan kimia</li> </ul>	<b>Memberikan Kesimpulan</b> (mengevaluasi hasil pertimbangan berdasarkan fakta data percobaan yang ada)	Mampu mengevaluasi perubahan entalpi reaksi berdasarkan data percobaan	Perhatikan data percobaan kalorimetri di bawah ini! <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Pereaksi</th> <th>Suhu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Aquades</td> <td>29 °C</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Aquades + NaCl</td> <td>28 °C</td> </tr> </tbody> </table>	No	Pereaksi	Suhu	1	Aquades	29 °C	2	Aquades + NaCl	28 °C
No	Pereaksi	Suhu														
1	Aquades	29 °C														
2	Aquades + NaCl	28 °C														

				<p>yang berbahaya</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pencegahan limbah</li> <li>• Penggunaan pelarut yang aman</li> </ul>			<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>Aquades + Kapur tohor</td> <td>32°C</td> </tr> </table> <p>Berdasarkan data tersebut, diketahui volume aquades 100 mL, massa NaCl 4 gram dan massa kapur tohor 4 gram. Berdasarkan data percobaan diatas, evaluasilah nilai <math>\Delta H_{reaksi}</math> pada masing-masing percobaan!</p>	3	Aquades + Kapur tohor	32°C
3	Aquades + Kapur tohor	32°C								
8	Hukum Hess	Peserta didik dapat mengevaluasi perubahan entalpi reaksi berdasarkan hukum Hess serta mengaitkan jenis reaksi yang terjadi	C5 & C4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengurangi turunan bahan kimia</li> <li>• Desain untuk efisiensi energi</li> <li>• Pencegahan limbah</li> </ul>	<b>Memberikan Kesimpulan</b> (mengevaluasi serta mengaitkan hasil pertimbangan berdasarkan data yang ada)	<p>Mampu mengevaluasi nilai perubahan entalpi reaksi berdasarkan hukum Hess serta mengaitkan jenis reaksi yang terjadi menggunakan data yang ada</p>	<p>Kemasan self-heating merupakan salah satu teknologi yang memanfaatkan reaksi termokimia. Kemasan ini merupakan kemasan aktif yang mampu memanaskan isi makanan tanpa sumber panas atau daya eksternal. Kalsium oksida dan air adalah formula yang digunakan dalam kemasan pemanas otomatis. Saat tombol di kaleng ditekan memungkinkan air dan kalsium oksida bercampur dan bereaksi dan menghasilkan panas. Reaksi yang terjadi:</p> $CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$ <p>Evaluasilah nilai perubahan entalpi dari reaksi di atas, serta kaitkan jenis reaksi yang terjadi dengan menggunakan data berikut:</p> <table border="1"> <tr> <td>Reaksi</td> <td><math>\Delta H</math> (kJ/mol)</td> </tr> </table>	Reaksi	$\Delta H$ (kJ/mol)	
Reaksi	$\Delta H$ (kJ/mol)									

							<table border="1"> <tbody> <tr> <td><math>Ca_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CaO_{(s)}</math></td> <td>-635</td> </tr> <tr> <td><math>Ca_{(s)} + O_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)}</math></td> <td>-986</td> </tr> <tr> <td><math>Ca(OH)_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}</math></td> <td>-82</td> </tr> <tr> <td><math>H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}</math></td> <td>-286</td> </tr> </tbody> </table>	$Ca_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CaO_{(s)}$	-635	$Ca_{(s)} + O_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)}$	-986	$Ca(OH)_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$	-82	$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$	-286
$Ca_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CaO_{(s)}$	-635														
$Ca_{(s)} + O_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)}$	-986														
$Ca(OH)_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$	-82														
$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$	-286														
9	Energi Ikatan	Peserta didik mampu merancang strategi perhitungan perubahan entalpi berdasarkan data energi ikatan	C6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efisiensi atom</li> </ul>	<b>Mengatur Strategi dan Taktik</b> (merancang strategi dan langkah-langkah sistematis untuk memperoleh hasil yang akurat dan terukur)	Mampu merancang strategi perhitungan nilai perubahan entalpi pada reaksi hidrogenasi etena berdasarkan data energi ikatan	<p>Etena (<math>C_2H_4</math>) adalah senyawa hidrokarbon tak jenuh yang mengandung ikatan rangkap dua. Etena banyak digunakan dalam pembuatan plastik, bahan kimia, dan pelarut organik. Reaksi hidrogenasi etena menghasilkan etana (<math>C_2H_6</math>) yaitu hidrokarbon jenuh yang hanya memiliki ikatan tunggal antara atom karbon. Reaksinya sebagai berikut:</p> $C_2H_4 + H_2 \rightarrow C_2H_6$ <p>Jika diketahui energi ikatan rata-rata di bawah, rancanglah strategi perhitungan nilai perubahan entalpi berdasarkan reaksi tersebut!</p> $C = C = 607 \text{ kJ/mol}$								

							$H - H = 436 \text{ kJ/mol}$ $C - H = 415 \text{ kJ/mol}$ $C - C = 348 \text{ kJ/mol}$
10	Hukum Hess	Peserta didik dapat merancang strategi perhitungan nilai entalpi reaksi menggunakan hukum Hess	C6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pencegahan polusi</li> </ul>	<b>Mengatur Strategi dan Taktik</b> (merancang strategi dan langkah-langkah sistematis untuk memperoleh hasil yang akurat dan terukur)	Mampu merancang strategi perhitungan nilai entalpi berdasarkan persamaan termokimia menggunakan hukum Hess	<p>Hidrogen peroksida (<math>\text{H}_2\text{O}_2</math>) adalah senyawa yang memiliki kegunaan, seperti zat pemutih, antiseptik, dan oksidator. Dalam penyimpanannya, senyawa ini disimpan dalam botol berwarna gelap karena sifatnya yang sangat reaktif. Jika gas oksida nitrat (<math>\text{NO}</math>) bereaksi dengan gas klorin (<math>\text{Cl}_2</math>) dan hidrogen peroksida (<math>\text{H}_2\text{O}_2</math>), reaksi tersebut menghasilkan dua asam yaitu asam nitrat (<math>\text{HNO}_3</math>) dan asam klorida (<math>\text{HCl}</math>). Rancanglah strategi perhitungan nilai entalpi reaksi berdasarkan persamaan termokimia berikut!</p> $\text{NOCl}_{(g)} \rightarrow \text{NO}_{(g)} + \frac{1}{2} \text{Cl}_{2(g)} \quad \Delta H^\circ = 37 \text{ kJ}$ $\text{NOCl}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{HNO}_{3(g)} + \text{HCl}_{(g)} \quad \Delta H^\circ = -143 \text{ kJ}$

## Lampiran 17. Soal Tes Keterampilan Berpikir Kritis

**TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS**

Mata Pelajaran	: Kimia
Kelas/Semester	: XI/1 (Genap)
Materi Pokok	: Termokimia
Waktu	: 120 Menit

---

***Petunjuk Pengerjaan Soal***

1. Tuliskan identitas anda pada lembar jawaban secara lengkap dan jelas
  2. Bacalah soal dengan cermat, jika terdapat soal yang kurang jelas, silakan tanyakan pada guru
  3. Kerjakan soal secara mandiri
  4. Jangan lupa berdoa sebelum mengerjakan soal
- 

***Kerjakan soal berikut dengan jawaban yang tepat dan benar!***

1. Bacalah artikel berikut!

**Artikel 1**

Pada saat berolahraga, tubuh secara alami berkeringat, saat mulai berkeringat tubuh akan terasa dingin, rasa dingin tersebut bukan dari keringat tersebut namun adanya proses penguapan. Reaksi penguapan memerlukan energi atau yang disebut sebagai reaksi endotermik agar reaksi dapat terjadi. Energi yang digunakan diambil dari tubuh kita, sehingga membuat suhu tubuh kita lebih dingin. Tubuh kita bertindak sebagai lingkungannya. Penguapan air berupa keringat dikeluarkan melalui pori-pori kulit.

Sumber:

<https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/pastissues/archive-2013-2014/animal-survival-in-extreme-temperatures.html>

Berdasarkan permasalahan diatas, analisislah yang dimaksud dengan sistem dan lingkungan? Serta diagnosis dari artikel tersebut mana yang tergolong dalam sistem dan lingkungan?

2. Cermati dua fenomena di bawah ini!

#### **Fenomena 1**

Gunung berapi yang masih aktif sering mengalami letusan secara periodik atau tidak terduga. Biasanya saat gunung berapi sedang aktif menyebabkan proses termal seperti pelelehan batuan atau penguapan, kawah gunung berapi juga melepaskan energi panas ke lingkungan terutama saat letusan. Selain itu, gas vulkanik, material vulkanik dapat mengalir keluar kawah gunung berapi dan memasuki lingkungan sekitarnya.

#### **Fenomena 2**

Rumah kaca adalah struktur bangunan yang dirancang khusus untuk menangkap dan mempertahankan panas dari sinar matahari, menciptakan lingkungan yang hangat dan lembab yang cocok untuk pertumbuhan tanaman. Rumah kaca biasanya digunakan untuk keperluan pertanian, penanaman tanaman hias, dan produksi tanamandi lingkungan yang terjadi.

- a. Berdasarkan 2 fenomena diatas kategorikan mana diantara fenomena diatas termasuk sietem terbuka, tertutup, atau terisolasi!
  - b. Berdasarkan fenomena diatas, tafsirkan perbedaan antara sistem terbuka dan sistem tertutup dalam konteks termokimia!
3. Perhatikan data percobaan dibawah ini!

Reaksi	Suhu mula-mula (Aquad es)	Suhu akhir setelah direaksi kan
Aquad es + NaCl	29 °C	28 °C
Aquad es + Kapur tohor (NaCl)	29 °C	32 °C

- Berdasarkan data percobaan di atas, diketahui bahwa salah satu zat menyebabkan penurunan suhu, sementara zat lainnya menyebabkan kenaikan suhu. Berdasarkan masing-masing percobaan di atas, tafsirkan reaksi apa yang terjadi dan kategorikan apakah reaksi tersebut termasuk reaksi eksoterm atau endoterm!
4. Amonia merupakan senyawa kimia yang biasanya ditemukan dalam bentuk gas. Senyawa ini terbentuk dari reaksi antara gas hidrogen dan gas nitrogen dengan melepas kalor sebanyak 92 kJ/mol. Amonia berfungsi sebagai bahan pembuatan amonium klorida pada baterai serta pembuatan asam nitrat sebagai bahan

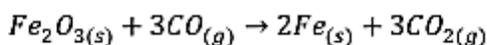
pendingin. Selain itu amonia juga digunakan sebagai campuran dalam industri pupuk sehingga terbentuk pupuk urea ( $CO(NH_2)_2$ ).

Berdasarkan bacaan tersebut analisislah persamaan termokimia pembentukan amonia dan buktikan melalui diagram energinya!

5. Perhatikan perubahan entalpi senyawa berikut ini!

Senyawa	Perubahan entalpi standar (kcal/mol)
$Fe_2O_3$	-198,5
$CO_2$	-94,1
$CO$	-26,4

Dalam industri, besi dibuat melalui proses reduksi dari oksidanya,  $Fe_2O_3$ . Zat pereduksi yang digunakan adalah gas karbon monoksida ( $CO$ ) pada suhu tinggi. Reaksi yang terjadi:



Berdasarkan data tersebut, evaluasilah nilai perubahan entalpi reaksi dalam satuan kJ/mol, serta kaitkan jenis reaksi yang terjadi! Sertakan alasan yang mendukung!

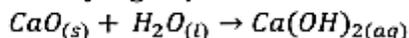
6. Jika kita ingin memanaskan air 1 kg dari suhu awal  $24^\circ C$  hingga suhunya  $33,4^\circ C$ , analisislah berapa gram zat arang atau karbon yang harus dibakar untuk menghasilkan kalor (panas) tersebut? Jika diketahui entalpi pembentukan standar  $CO_2$  sebesar  $-94,1$  Kkal. (Ar C = 12 sma. Cair =  $4,2$  J/g $^\circ C$ ).

7. Perhatikan data percobaan kalorimetri di bawah ini!

No	Pereaksi	Suhu
1	Aquades	29 °C
2	Aquades + NaCl	28 °C
3	Aquades + Kapur tohor	32°C

Berdasarkan data tersebut, diketahui volume aquades 100 mL, massa NaCl 4 gram dan massa kapur tohor 4 gram. Berdasarkan data percobaan di atas, evaluasilah nilai  $\Delta H_{reaksi}$  pada masing-masing percobaan!

8. Kemasan self-heating merupakan salah satu teknologi yang memanfaatkan reaksi termokimia. Kemasan ini merupakan kemasan aktif yang mampu memanaskan isi makanan tanpa sumber panas atau daya eksternal. Kalsium oksida dan air adalah formula yang digunakan dalam kemasan pemanas otomatis. Saat tombol di kaleng ditekan memungkinkan air dan kalsium oksida bercampur dan bereaksi dan menghasilkan panas. Reaksi yang terjadi:

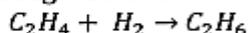


Evaluasilah nilai perubahan entalpi dari reaksi di atas, serta kaitkan jenis reaksi yang terjadi dengan menggunakan data berikut:

Reaksi	$\Delta H$ (kJ/mol)
$Ca_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CaO_{(s)}$	-635
$Ca_{(s)} + O_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)}$	-986
$Ca(OH)_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$	-82
$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$	-286

9. Etena ( $C_2H_4$ ) adalah senyawa hidrokarbon tak jenuh yang mengandung ikatan rangkap dua. Etena banyak digunakan dalam pembuatan plastik, bahan kimia, dan

pelarut organik. Reaksi hidrogenasi etena menghasilkan etana ( $C_2H_6$ ) yaitu hidrokarbon jenuh yang hanya memiliki ikatan tunggal antara atom karbon. Reaksinya sebagai berikut:



Jika diketahui energi ikatan rata-rata di bawah, rancanglah strategi perhitungan nilai perubahan entalpi berdasarkan reaksi tersebut!

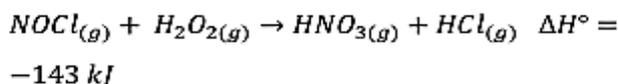
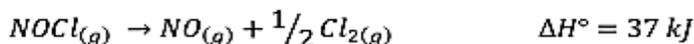
$$C = C = 607 \text{ kJ/mol}$$

$$H - H = 436 \text{ kJ/mol}$$

$$C - H = 415 \text{ kJ/mol}$$

$$C - C = 348 \text{ kJ/mol}$$

10. Hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) adalah senyawa yang memiliki kegunaan, seperti zat pemutih, antiseptik, dan oksidator. Dalam penyimpanannya, senyawa ini disimpan dalam botol berwarna gelap karena sifatnya yang sangat reaktif. Jika gas oksida nitrat ( $NO$ ) bereaksi dengan gas klorin ( $Cl_2$ ) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), reaksi tersebut menghasilkan dua asam yaitu asam nitrat ( $HNO_3$ ) dan asam klorida ( $HCl$ ). Rancanglah strategi perhitungan nilai entalpi reaksi berdasarkan persamaan termokimia berikut!



Lampiran 18. Kunci Jawaban Soal Tes Keterampilan Berpikir Kritis

**KUNCI JAWABAN INSTRUMEN TES**

1. Berdasarkan artikel tersebut sistem dapat didefinisikan sebagai tempat terjadinya reaksi termokimia, sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu diluar sistem yang berinteraksi dengan sistem tersebut, baik dengan menerima atau melepaskan energi.

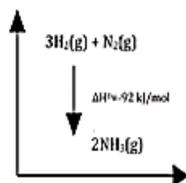
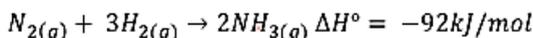
Contoh sistem dan lingkungan pada artikel tersebut:

- Sistem: proses penguapan keringat pada permukaan kulit
  - Lingkungan: tubuh manusia yang memberikan energi untuk mendukung proses penguapan tersebut
2. Berdasarkan fenomena tersebut didapatkan hasil
    - a. Fenomena 1 (gunung berapi yang aktif) termasuk kedalam sistem terbuka, sedangkan fenomena 2 (Rumah Kaca) termasuk kedalam sistem tertutup.
    - b. Perbedaan sistem terbuka dan tertutup pada fenomena diatas yaitu didalam sistem terbuka terjadi pertukaran energi dan materi antara sistem dan lingkungan, contoh pada fenomena 1 gunung berapi melepaskan energi panas ke lingkungan serta material vulkanik seperti gas dan abu keluar dari kawah.  
Sedangkan sistem tertutup yaitu hanya energi yang dapat ditukar dengan lingkungan, sedangkan materi tetap berada dalam sistem. Seperti contoh pada fenomena 2 rumah kaca memungkinkan radiasi matahari masuk dan memerangkap panas, tetapi tidak ada pertukaran materi seperti udara atau uap air keluar dari sistem
  3. Berdasarkan data percobaan didapatkan hasil yaitu
    - a. Pada reaksi  $\text{NaCl} + \text{Aquadest}$  : Terjadi penurunan suhu dari  $29^{\circ}\text{C}$  menjadi  $28^{\circ}\text{C}$ , hal ini menunjukkan bahwa

energi diserap dari lingkungan untuk melarutkan NaCl, sehingga dapat dikatakan reaksi yang terjadi yaitu reaksi endoterm.

- b. Pada reaksi Kapur Tohor (CaO) + Aquades : Terjadi kenaikan suhu dari 29 °C menjadi 32 °C, hal ini menunjukkan bahwa energi panas dilepaskan ke lingkungan selama reaksi, sehingga dapat dikatakan reaksi yang terjadi yaitu reaksi eksoterm.

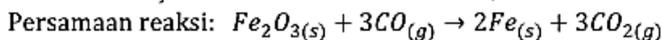
4. Persamaan termokimia:



5. Diketahui:  $\Delta H_f^\circ \text{Fe}_2\text{O}_3 = -198,5 \text{ kkal} = -831,3 \text{ kJ/mol}$

$$\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 = -94,1 \text{ kkal} = -394 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CO} = -26,4 \text{ kkal} = -110,5 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = [2(\Delta H_f^\circ \text{Fe}) + 3(\Delta H_f^\circ \text{CO}_2)] - [\Delta H_f^\circ \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3(\Delta H_f^\circ \text{CO})]$$

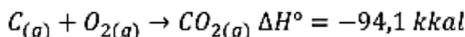
$$\Delta H_{\text{reaksi}} = [2(0) + 3(-394)] - [-831,3 + 3(-110,5)]$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = [-1.182] - [-1.162,8]$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -19,2 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi tersebut tergolong reaksi eksoterm. Hal tersebut ditandai dengan nilai entalpi bertanda negatif.

6. Persamaan termokimia:



Diketahui : M air = 1kg = 1000 g

$$C_{\text{air}} = 4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 33,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta H^\circ = -94,1 \text{ kkal}$$

Ditanya : massa karbon yang bereaksi?

Jawab:

$$Q = -m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = -1000 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot (33,4 - 24) \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = -39.480 \text{ J} = -9,44 \text{ kkal}$$

$$Q = \Delta H^\circ \cdot \text{mol}$$

$$\text{Mol} = \frac{Q}{\Delta H^\circ}$$

$$\text{Mol} = \frac{-9,44 \text{ kkal}}{-94,1 \text{ kkal}}$$

$$\text{Mol} = 0,1 \text{ mol}$$

$$\text{Massa C} = \text{Mol} \cdot \text{Ar C}$$

$$\text{Massa C} = 0,1 \text{ mol} \cdot 12 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Massa C} = 1,2 \text{ gram}$$

7. Langkah-langkah untuk menentukan  $\Delta H_{\text{total}}$  yaitu
- Massa total larutan: diasumsikan massa air 100 mL setara dengan 100 gram
    - Massa total larutan untuk NaCl = 100 g (aquades) + 4 gram (NaCl) = 104 g
    - Massa total larutan untuk kapur tohot (CaO) = 100 g (aquades) + 4 g (CaO) = 104 g
  - Perubahan suhu ( $\Delta T$ )
    - Untuk NaCl :
 
$$\Delta T = 28 \text{ }^\circ\text{C} - 29 \text{ }^\circ\text{C} = -1 \text{ }^\circ\text{C}$$
    - Untuk kapur tohor (CaO)
 
$$\Delta T = 32 \text{ }^\circ\text{C} - 29 \text{ }^\circ\text{C} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$$
  - Kalor yang dilepaskan atau diserap
    - NaCl
 
$$q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 104 \text{ g} \times 4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C} \times -1^\circ\text{C}$$

$$= -436,8 \text{ J}$$

- CaO

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 104 \text{ g} \times 4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C} \times 3^\circ\text{C}$$

$$= 1.310,4 \text{ J}$$

- d. Perubahan entalpi ( $\Delta H$ )

Karena  $\Delta H = q$  pada tekanan konstan, maka

- $q \text{ NaCl} = -436,8 \text{ J}$ , karena suhu turun, kalor  $q$  bernilai negatif. Artinya lingkungan kehilangan energi, sistem menyerap kalor,  $\Delta H$  harus positif.

$$\Delta H = \frac{q}{n}$$

$$n \text{ NaCl} = \frac{4}{58,5} = 0,068$$

$$\Delta H \text{ NaCl} = \frac{436,8}{0,068} = 6.423 \text{ J} = 6,423 \text{ KJ}$$

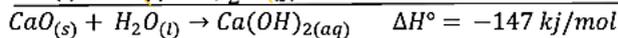
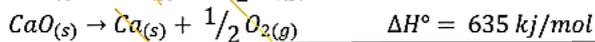
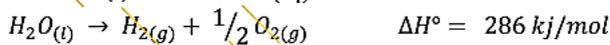
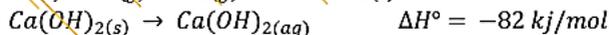
- $q \text{ CaO} = 1.310 \text{ J}$ , karena suhu naik, kalor  $q$  bernilai positif. Artinya sistem melepas kalor,  $\Delta H$  harus negatif

$$\Delta H = \frac{q}{n}$$

$$n \text{ CaO} = \frac{4}{56} = 0,071$$

$$\Delta H \text{ CaO} = \frac{-1.310}{0,071} = -18.456 \text{ J} = -18,456 \text{ KJ}$$

8. Persamaan termokimia:  $\text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$



(eksoterm)

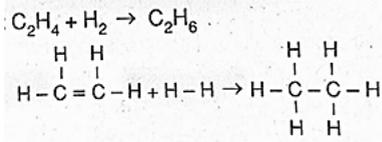
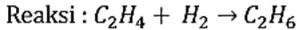
9. Diketahui energi ikatan rata-rata:

$$C = C = 607 \text{ kJ/mol}$$

$$H - H = 436 \text{ kJ/mol}$$

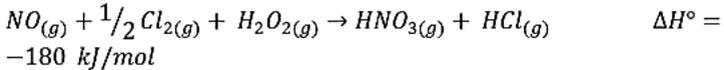
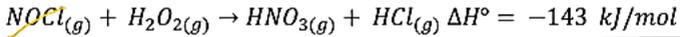
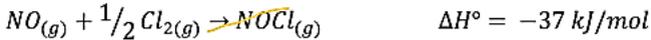
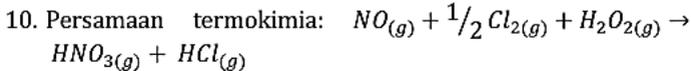
$$C - H = 415 \text{ kJ/mol}$$

$$H - C = 348 \text{ kJ/mol}$$



$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{reaksi}} &= \sum E_{\text{pemutusan}} - \sum E_{\text{pembentukan}} \\
 \Delta H_{\text{reaksi}} &= (1 \cdot E_{C=C} + 4 \cdot E_{C-H} + 1 \cdot E_{H-H}) - (1 \cdot E_{C-C} + \\
 &\quad 6 \cdot E_{C-H}) \\
 &= (607 + 4(415) + 436) - (348 + 6(415)) \\
 &= 2.703 - 2.838 \\
 &= -135 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Jadi,  $\Delta H$  reaksi pembentukan  $C_2H_6$  adalah -135 kJ/mol



## Lampiran 19. Pedoman Penskoran Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

### PEDOMAN PENSKORAN INSTRUMEN PENILAIAN

#### KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS

No Soal	Butir Pertanyaan	Bobot Soal	Kriteria Penskoran
1	Berdasarkan permasalahan diatas, analisislah yang dimaksud dengan sistem dan lingkungan? Serta diagnosis dari artikel tersebut mana yang tergolong dalam sistem dan lingkungan?	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Menganalisis pengertian sistem dan lingkungan</li> <li>Sistem merupakan jenis zat dan jumlah yang bereaksi dengan hasil reaksi.</li> <li>Lingkungan merupakan segala sesuatu diluar sistem yang berinteraksi dengan sistem tersebut, baik dengan menerima atau melepaskan energi.</li> <li>Air/zat keringat merupakan sistem, sedangkan tubuh sebagai lingkungannya (Skor 5)</li> <li>✓ Menjawab Pengertian lingkungan dan sistem dengan benar tetapi tidak menyebutkan contoh dari sistem dan lingkungan (Skor 3)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
2	Berdasarkan fenomena tersebut, kategorikan mana diantara fenomena diatas termasuk sistem terbuka, tertutup atau terisolasi serta tafsirkan perbedaan antara sistem terbuka dan sistem tertutup dalam konteks termokimia!	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mengkategorikan fenomena kedalam jenis-jenis sistem dan menafsirkan perbedaan antara sistem tertutup dan terbuka secara benar (Skor 5)</li> <li>✓ Mengkategorikan fenomena kedalam jenis-jenis sistem secara benar tetapi hanya menafsirkan perbedaan sistem tertutup dengan benar (Skor 4)</li> <li>✓ Hanya mengkategorikan fenomena kedalam jenis-jenis sistem dengan benar (Skor 3)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
3	Tafsirkan reaksi apa yang terjadi dan kategorikan apakah reaksi tersebut termasuk reaksi eksoterm atau endoterm!	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Menjawab semua jawaban benar disertai alasan (Skor 5)</li> <li>✓ Hanya menyebutkan reaksi yang terjadi tanpa penjelasan (Skor 3)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
4	Analisislah persamaan termokimia pembentukan amonia dan buktikan melalui diagram energinya!	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Menganalisis persamaan termokimia dan diagram energinya (Skor 5)</li> <li>✓ Menganalisis persamaan termokimia saja (Skor 3)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
5	Berdasarkan data tersebut, evaluasi nilai perubahan entalpi reaksi serta kaitkan	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mengevaluasi perhitungan nilai entalpi, jenis reaksinya serta alasan jawaban yang mendukung (Skor 5)</li> </ul>

	jenis reaksi yang terjadi! Sertakan alasan yang mendukung!		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mengevaluasi perhitungan nilai entalpi, jenis reaksinya serta alasan jawaban yang mendukung namun hasil perhitungan salah (Skor 4)</li> <li>✓ Mengevaluasi perhitungan nilai entalpi, jenis reaksinya tanpa memberikan alasan jawaban yang mendukung (Skor 3)</li> <li>✓ Menuliskan perhitungan nilai entalpi saja (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
6	analisislah berapa gram zat arang atau karbon yang harus dibakar untuk menghasilkan kalor (panas) tersebut?	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Menjawab pertanyaan dengan tepat melalui perhitungan yang benar (Skor 5)</li> <li>✓ Menjawab pertanyaan dengan tepat melalui perhitungan, namun hasil perhitungan salah (Skor 4)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
7	Berdasarkan data percobaan, evaluasilah nilai perubahan entalpi reaksi total!	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mengevaluasi nilai perubahan entalpi reaksi total dengan benar (Skor 5)</li> <li>✓ Mengevaluasi nilai perubahan entalpi reaksi total, namun hasil perhitungan salah (Skor 4)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
8	Evaluasilah nilai perubahan entalpi dari reaksi di atas, serta kaitkan jenis reaksi yang terjadi!	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mengevaluasi perhitungan nilai perubahan entalpi, serta mengaitkan jenis reaksi dengan benar (Skor 5)</li> <li>✓ Mengevaluasi perhitungan nilai perubahan entalpi, serta mengaitkan jenis reaksi tetapi perhitungan salah (Skor 3)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
9	Rancanglah strategi perhitungan nilai perubahan entalpi pembentukan etana dengan menggunakan data energi ikatan!	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Merancang strategi perhitungan nilai perubahan entalpi menggunakan data energi ikatan dengan benar (Skor 5)</li> <li>✓ Menuliskan perhitungan perubahan entalpi menggunakan data energi ikatan, namun hasil perhitungan salah (Skor 3)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>
10	Rancanglah strategi perhitungan nilai entalpi reaksi berdasarkan persamaan termokimia berikut!	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Merancang strategi perhitungan nilai entalpi reaksi berdasarkan persamaan termokimia dengan benar (skor 5)</li> <li>✓ Menghitung nilai entalpi, namun hasil perhitungan salah (skor 3)</li> <li>✓ Jawaban tidak sesuai dengan yang diharapkan penanya (Skor 1)</li> <li>✓ Tidak menjawab (Skor 0)</li> </ul>

## Lampiran 20. Lembar Validasi Instrumen

**LEMBAR VALIDASI AHLI SOAL INSTRUMEN**  
**PENILAIAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS**

Mata Pelajaran : Termokimia  
 Jenjang Pendidikan : SMA  
 Kelas/Semester : XI/Genap  
 Peneliti : Ramona Wahyu Ningrum  
 Tanggal Validasi : 3 Januari 2025  
 Validator : Julia Mardhiana, M.Pd.

**A. Pengantar**

Lembar validasi ini digunakan untuk memperoleh penilaian Bapak/Ibu terhadap instrumen tes yang telah dibuat pada materi termokimia. Saya mengucapkan terimakasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator.

**B. Petunjuk**

1. Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan semua aspek penilaian tanpa ada yang kosong
2. Mohon Bapak/Ibu dapat mengisi lembar validasi sesuai dengan pedoman penskoran yang telah disediakan
3. Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia pada tabel penilaian dengan kriteria skala penilaian telah ditentukan sebagai berikut:  
 1 = Tidak Baik                      4 = Baik  
 2 = Kurang Baik                    5 = Sangat Baik  
 3 = Cukup Baik
4. Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan saran dengan menuliskannya pada kolom saran yang telah disediakan

**C. Aspek Penilaian**

No	Aspek yang dinilai	Skor Penilaian				
		1	2	3	4	5
<b>A. Substansi Soal</b>						
1	Kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓	
2	Keterwakilan soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓	
3	Ketepatan kalimat soal				✓	
4	Keberagaman Soal				✓	

5	Kejelasan soal dalam mengukur keterampilan berpikir kritis berprinsip <i>green chemistry</i>						✓
<b>B. Kontruksi Soal</b>							
1	Kejelasan petunjuk mengerjakan soal						✓
2	Ketepatan kunci jawaban soal						✓
3	Kebenaran materi						✓
4	Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur						✓
<b>C. Bahasa</b>							
1	Kejelasan bahasa yang digunakan sehingga tidak menimbulkan penafsiran ganda atau salah pengertian						✓
2	Ketepatan bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia						✓
3	Penggunaan bahasa yang komunikatif						✓

**D. Komentar Umum dan Saran****E. Kesimpulan**

Setelah melakukan penilaian dan validasi terhadap instrumen, Ibu/Bapak dimohon untuk melingkari angka di bawah ini:

1. Valid digunakan untuk uji coba tanpa revisi
- ② Valid digunakan untuk uji coba setelah revisi
3. Tidak valid digunakan untuk uji coba

Semarang, Desember 2024

Validator



Julia Mardhiya, M.Pd

NIP. 199310202019032014

F. Penilaian

Aspek yang dinilai	Butir Soal																								
	1					2					3					4					5				
	Skor Penilaian																								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Substansi Soal</b>																									
Kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓						✓				✓	
Keterwakilan soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓						✓				✓	
Ketepatan kalimat soal				✓					✓					✓						✓				✓	
Keberagaman Soal				✓					✓					✓						✓				✓	
Kejelasan soal dalam mengukur keterampilan berpikir kritis berprinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓						✓				✓	
<b>Konstruksi Soal</b>																									
Kejelasan petunjuk mengerjakan soal				✓					✓					✓						✓				✓	
Ketepatan kunci jawaban soal				✓					✓					✓						✓				✓	
Kebenaran materi				✓					✓					✓						✓				✓	
Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur				✓					✓					✓						✓				✓	
<b>Bahasa</b>																									



Ketepatan kunci jawaban soal				✓										✓						✓
Kebenaran materi			✓				✓	✓						✓						✓
Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur				✓				✓						✓						✓
<b>Bahasa</b>																				
Kejelasan bahasa yang digunakan sehingga tidak menimbulkan penafsiran ganda atau salah pengertian			✓				✓							✓						✓
Ketepatan bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia			✓				✓							✓						✓
Penggunaan bahasa yang komunikatif			✓				✓							✓						✓

Validator



Julia Mardhita M.Ed.

**LEMBAR VALIDASI AHLI SOAL INSTRUMEN**  
**PENILAIAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS**

Mata Pelajaran : Termokimia  
 Jenjang Pendidikan : SMA  
 Kelas/Semester : XI/Genap  
 Peneliti : Ramona Wahyu Ningrum  
 Tanggal Validasi : 16 Desember 2024  
 Validator : Dr. Suwahono, M. Pd.

**A. Pengantar**

Lebar validasi ini digunakan untuk memperoleh penilaian Bapak/Ibu terhadap instrumen tes yang telah dibuat pada materi termokimia. Saya mengucapkan terimakasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator.

**B. Petunjuk**

- Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan semua aspek penilaian tanpa ada yang kosong
- Mohon Bapak/Ibu dapat mengisi lembar validasi sesuai dengan pedoman penskoran yang telah disediakan
- Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia pada tabel penilaian dengan kriteria skala penilaian telah ditentukan sebagai berikut:  
 1 = Tidak Baik                      4 = Baik  
 2 = Kurang Baik                    5 = Sangat Baik  
 3 = Cukup Baik
- Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan saran dengan menuliskannya pada kolom saran yang telah disediakan

**C. Aspek Penilaian**

No	Aspek yang dinilai	Skor Penilaian				
		1	2	3	4	5
<b>A. Substansi Soal</b>						
1	Kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>					√
2	Keterwakilan soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>					√
3	Ketepatan kalimat soal				√	
4	Keberagaman Soal				√	

5	Kejelasan soal dalam mengukur keterampilan berpikir kritis berprinsip <i>green chemistry</i>				✓	
<b>B. Kontruksi Soal</b>						
1	Kejelasan petunjuk mengerjakan soal					✓
2	Ketepatan kunci jawaban soal					✓
3	Kebenaran materi					✓
4	Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur				✓	
<b>C. Bahasa</b>						
1	Kejelasan bahasa yang digunakan sehingga tidak menimbulkan penafsiran ganda atau salah pengertian				✓	
2	Ketepatan bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia				✓	
3	Penggunaan bahasa yang komunikatif					✓

**D. Komentar Umum dan Saran**

Revisi diperlukan  
Setelah bisa di gunakan.

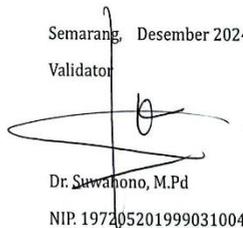
**E. Kesimpulan**

Setelah melakukan penilaian dan validasi terhadap instrumen, Ibu/Bapak dimohon untuk melingkari angka di bawah ini:

1. Valid digunakan untuk uji coba tanpa revisi
- ② Valid digunakan untuk uji coba setelah revisi
3. Tidak valid digunakan untuk uji coba

Semarang, Desember 2024

Validator



Dr. Suwahono, M.Pd

NIP. 197405201999031004

## F. Penilaian

Aspek yang dinilai	Butir Soal																								
	1					2					3					4					5				
	Skor Penilaian																								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Substansi Soal</b>																									
Kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓					✓						✓
Keterwakilan soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓					✓						✓
Ketepatan kalimat soal				✓					✓					✓					✓						✓
Keberagaman Soal				✓					✓					✓					✓						✓
Kejelasan soal dalam mengukur keterampilan berpikir kritis berprinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓					✓						✓
<b>Konstruksi Soal</b>																									
Kejelasan petunjuk mengerjakan soal				✓					✓					✓					✓						✓
Ketepatan kunci jawaban soal				✓					✓					✓					✓						✓
Kebenaran materi				✓					✓					✓					✓						✓
Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur				✓					✓					✓					✓						✓
<b>Bahasa</b>																									

Kejelasan bahasa yang digunakan sehingga tidak menimbulkan penafsiran ganda atau salah pengertian				✓					✓					✓					✓					✓
Ketepatan bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia				✓					✓					✓					✓					✓
Penggunaan bahasa yang komunikatif				✓					✓					✓					✓					✓

Aspek yang dinilai	Butir Soal																													
	6					7					8					9					10									
	Skor Penilaian																													
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
<b>Substansi Soal</b>																														
Kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓						✓					✓										✓					✓
Keterwakilan soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓						✓					✓										✓					✓
Ketepatan kalimat soal				✓						✓					✓										✓					✓
Keberagaman Soal				✓						✓					✓										✓					✓
Kejelasan soal dalam mengukur keterampilan berpikir kritis berprinsip <i>green chemistry</i>				✓						✓					✓										✓					✓
<b>Konstruksi Soal</b>																														
Kejelasan petunjuk mengerjakan soal				✓						✓					✓										✓					✓

Ketepatan kunci jawaban soal				√				√				√				√				√
Kebenaran materi				√				√				√				√				√
Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur				√				√				√				√				√
<b>Bahasa</b>																				
Kejelasan bahasa yang digunakan sehingga tidak menimbulkan penafsiran ganda atau salah pengertian				√				√				√				√				√
Ketepatan bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia				√				√				√				√				√
Penggunaan bahasa yang komunikatif				√				√				√				√				√

**LEMBAR VALIDASI AHLI SOAL INSTRUMEN  
PENILAIAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS**

Mata Pelajaran : Termokimia  
 Jenjang Pendidikan : SMA  
 Kelas/Semester : XI/Genap  
 Peneliti : Ramona Wahyu Ningrum  
 Tanggal Validasi : 16 Desember 2024  
 Validator : Subuh Jaenani, M.Pd.

**A. Pengantar**

Lembar validasi ini digunakan untuk memperoleh penilaian Bapak/Ibu terhadap instrumen tes yang telah dibuat pada materi termokimia. Saya mengucapkan terimakasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator.

**B. Petunjuk**

1. Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan semua aspek penilaian tanpa ada yang kosong
2. Mohon Bapak/Ibu dapat mengisi lembar validasi sesuai dengan pedoman penskoran yang telah disediakan
3. Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia pada tabel penilaian dengan kriteria skala penilaian telah ditentukan sebagai berikut:
 

1 = Tidak Baik	4 = Baik
2 = Kurang Baik	5 = Sangat Baik
3 = Cukup Baik	
4. Mohon Bapak/Ibu dapat memberikan saran dengan menuliskannya pada kolom saran yang telah disediakan

**C. Aspek Penilaian**

No	Aspek yang dinilai	Skor Penilaian				
		1	2	3	4	5
<b>A. Substansi Soal</b>						
1	Kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>					√
2	Keterwakilan soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>					√
3	Ketepatan kalimat soal					√
4	Keberagaman Soal				√	

5	Kejelasan soal dalam mengukur keterampilan berpikir kritis berprinsip <i>green chemistry</i>						✓
<b>B. Kontruksi Soal</b>							
1	Kejelasan petunjuk mengerjakan soal						✓
2	Ketepatan kunci jawaban soal						✓
3	Kebenaran materi						✓
4	Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur						✓
<b>C. Bahasa</b>							
1	Kejelasan bahasa yang digunakan sehingga tidak menimbulkan penafsiran ganda atau salah pengertian						✓
2	Ketepatan bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia						✓
3	Penggunaan bahasa yang komunikatif					✓	

**D. Komentar Umum dan Saran**

*Sudah baik dan dapat digunakan*

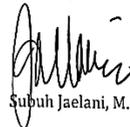
**E. Kesimpulan**

Setelah melakukan penilaian dan validasi terhadap instrumen, Ibu/Bapak dimohon untuk melingkari angka di bawah ini:

- ① Valid digunakan untuk uji coba tanpa revisi
2. Valid digunakan untuk uji coba setelah revisi
3. Tidak valid digunakan untuk uji coba

Semarang, Desember 2024

Validator



Subuh Jaelani, M. Pd.

NIP. 196807192008011004

F. Penilaian

Aspek yang dinilai	Butir Soal																								
	1					2					3					4					5				
	Skor Penilaian																								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Substansi Soal</b>																									
Kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓					✓					✓	
Keterwakilan soal dengan indikator berpikir kritis dan prinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓					✓					✓	
Ketepatan kalimat soal				✓					✓					✓					✓					✓	
Keberagaman Soal				✓					✓					✓					✓					✓	
Kejelasan soal dalam mengukur keterampilan berpikir kritis berprinsip <i>green chemistry</i>				✓					✓					✓					✓					✓	
<b>Konstruksi Soal</b>																									
Kejelasan petunjuk mengerjakan soal				✓					✓					✓					✓					✓	
Ketepatan kunci jawaban soal				✓					✓					✓					✓					✓	
Kebenaran materi				✓					✓					✓					✓					✓	
Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur				✓					✓					✓					✓					✓	
<b>Bahasa</b>																									



Ketepatan kunci jawaban soal				✓			✓			✓			✓			✓
Kebenaran materi				✓			✓			✓			✓			✓
Ketepatan pedoman penskoran dalam menilai kemampuan yang diukur				✓			✓			✓			✓			✓
<b>Bahasa</b>																
Kejelasan bahasa yang digunakan sehingga tidak menimbulkan penafsiran ganda atau salah pengertian				✓			✓			✓			✓			✓
Ketepatan bahasa yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia				✓			✓			✓			✓			✓
Penggunaan bahasa yang komunikatif				✓			✓			✓			✓			✓

## Lampiran 21. Hasil Validasi Isi Instrumen Soal Berpikir Kritis

Aspek Soal	Penilai			S1	S2	S3	$\Sigma S$	n(c-1)	V	Ket
	I	II	III							
1	4	4	5	3	3	4	10	12	0.83	TINGGI
2	4	4	5	3	3	4	10	12	0.83	TINGGI
3	4	5	4	3	4	3	10	12	0.83	TINGGI
4	4	5	5	3	4	4	11	12	0.92	TINGGI
5	5	4	4	4	3	3	10	12	0.83	TINGGI
6	4	5	4	3	4	3	10	12	0.83	TINGGI
7	4	4	5	3	3	4	10	12	0.83	TINGGI
8	4	5	4	3	4	3	10	12	0.83	TINGGI
9	4	4	5	3	3	4	10	12	0.83	TINGGI
10	4	5	5	3	4	4	11	12	0.92	TINGGI

Tabel Tabulasi Nilai Validasi Isi

Aspek Soal	Penilai						$\Sigma S$	V	Ket
	I	II	III	S1	S2	S3			
Butir 1-10	41	45	46	31	35	36	102	0.84	TINGGI

Tabel Kriteria Penilaian Validasi

Nilai koefisien validitas Aiken (v)	Keterangan
0,00–0,40	Kurang Valid (Rendah)
0,41–0,8	Cukup Valid (Sedang)
0,81 – 1,00	Sangat Valid (Tinggi)

(Retnawati, 2016: 31)



## Lampiran 23. Hasil Uji Reliabilitas Soal

No Absen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
UC-1	3	3	3	3	3	3	3	3	0	5	29
UC-2	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	9
UC-3	1	3	3	0	3	1	1	1	5	5	23
UC-4	1	3	5	1	3	3	1	0	0	5	22
UC-5	3	3	3	3	3	3	3	1	5	5	32
UC-6	1	3	3	0	3	3	3	3	1	0	20
UC-7	5	3	5	1	3	3	5	0	5	5	35
UC-8	1	3	3	1	3	1	1	1	5	5	24
UC-9	1	3	5	1	3	1	1	1	1	0	17
UC-10	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	34
UC-11	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
UC-12	1	3	3	0	3	1	1	0	0	0	12
UC-13	3	1	3	0	1	1	1	0	5	3	18
UC-14	1	1	3	1	1	1	1	1	0	0	10
UC-15	1	1	3	1	1	1	1	1	0	0	10
UC-16	5	3	3	0	3	3	0	0	0	0	17
UC-17	1	3	3	0	3	3	1	0	0	0	14
UC-18	1	3	3	3	3	3	3	3	5	5	32
UC-19	3	5	3	1	5	1	1	1	1	3	24
UC-20	5	3	5	0	3	3	5	0	5	5	34
UC-21	3	3	3	1	3	1	1	1	5	5	26
UC-22	1	3	3	0	3	3	1	0	0	0	14
UC-23	1	3	3	0	3	1	3	0	5	5	24
UC-24	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
UC-25	1	3	3	5	3	1	3	5	5	5	34
UC-26	1	3	1	3	3	3	3	3	5	5	30
UC-27	5	3	5	1	3	5	3	1	5	5	36
UC-28	1	3	5	1	3	5	3	1	1	5	28
UC-29	1	1	5	3	1	3	3	3	5	5	30
UC-30	1	3	5	3	3	3	3	3	1	5	30
UC-31	5	3	5	0	3	5	5	0	5	5	36
UC-32	1	3	5	0	3	3	1	0	1	1	18
UC-33	1	3	5	5	3	3	3	5	0	5	33
UC-34	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	34
UC-35	1	1	1	1	1	1	0	1	3	5	15
Varians	2.29412	1.1	1.6	2.2	1.1	1.55	1.87	2.2	5.4	5.151	
Jumlah Varian Butir	24.44706										
Total Varians	84.72773										
Koefisien Reliabilitas	0.790514792										

## Lampiran 24. Hasil Tingkat Kesukaran Butir Soal

No Absen	X_P1	X_P2	X_P3	X_P4	X_P5	X_P6	X_P7	X_PB	X_P9	X_P10	TOTAL
UC-1	3	3	3	3	3	3	3	3	0	5	29
UC-2	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	9
UC-3	1	3	3	0	3	1	1	1	5	5	23
UC-4	1	3	5	1	3	3	1	0	0	5	22
UC-5	3	3	3	3	3	3	3	1	5	5	32
UC-6	1	3	3	0	3	3	3	3	1	0	20
UC-7	5	3	5	1	3	3	5	0	5	5	35
UC-8	1	3	3	1	3	1	1	1	5	5	24
UC-9	1	3	5	1	3	1	1	1	1	0	17
UC-10	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	34
UC-11	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
UC-12	1	3	3	0	3	1	1	0	0	0	12
UC-13	3	1	3	0	1	1	1	0	5	3	18
UC-14	1	1	3	1	1	1	1	1	0	0	10
UC-15	1	1	3	1	1	1	1	1	0	0	10
UC-16	5	3	3	0	3	3	0	0	0	0	17
UC-17	1	3	3	0	3	3	1	0	0	0	14
UC-18	1	3	3	3	3	3	3	3	5	5	32
UC-19	3	5	3	1	5	1	1	1	1	3	24
UC-20	5	3	5	0	3	3	5	0	5	5	34
UC-21	3	3	3	1	3	1	1	1	5	5	26
UC-22	1	3	3	0	3	3	1	0	0	0	14
UC-23	1	3	3	0	3	1	3	0	5	5	24
UC-24	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
UC-25	1	3	3	5	3	1	3	5	5	5	34
UC-26	1	3	1	3	3	3	3	3	5	5	30
UC-27	5	3	5	1	3	5	3	1	5	5	36
UC-28	1	3	5	1	3	5	3	1	1	5	28
UC-29	1	1	5	3	1	3	3	3	5	5	30
UC-30	1	3	5	3	3	3	3	3	1	5	30
UC-31	5	3	5	0	3	5	5	0	5	5	36
UC-32	1	3	5	0	3	3	1	0	1	1	18
UC-33	1	3	5	5	3	3	3	5	0	5	33
UC-34	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	34
UC-35	1	1	1	1	1	1	0	1	3	5	15
Rata-rata skor	2	2.6	3.429	1.371	2.6	2.429	2.2	1.37	2.629	3.286	
Skor maks	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
TK	0.4	0.52	0.686	0.274	0.52	0.486	0.44	0.27	0.526	0.657	
Kriteria	Sedang	Sedang	Sedang	Sukar	Sedang	Sedang	Sedang	Sukar	Sedang	Sedang	

## Lampiran 25. Hasil Daya Beda Soal

**Item-Total Statistics**

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
X_P1	21.91	72.904	.368	.783
X_P2	21.31	75.163	.473	.775
X_P3	20.49	75.728	.335	.786
X_P4	22.54	70.667	.470	.771
X_P5	21.31	75.163	.473	.775
X_P6	21.49	74.610	.399	.780
X_P7	21.71	68.151	.651	.752
X_P8	22.54	72.903	.375	.782
X_P9	21.29	61.739	.485	.777
X_P10	20.63	55.240	.721	.732

## Lampiran 26.Data Populasi Peserta Didik

KELAS XI3			KELAS XI4			KELAS XI5		
NO	NAMA LENGKAP	NILAI	NO	NAMA LENGKAP	NILAI	NO	NAMA LENGKAP	NILAI
1	ADZILLA MASITA	88	1	AGUNG ARDI NUGROHO	84	1	ADYA ADZRA ZHARIFAH	99
2	ANDRA BAGUS B.	74	2	AKHMAD SATRIO KUSUMO PRAWIRO	78	2	ANIBALLEA BEAUTYKA NADISTHY	60
3	ANGGUN ALYA V.	89	3	AMELIA PUTRI PRIHANDINI	80	3	ARYA WIRA SENDO CHIKO	67
4	ANISA ARIYANTI	79	4	AMRINA ROSYADA	72	4	AUFLA RACHELIA KRISNAWATI	97
5	AUFA JIDDAN D.R.	98	5	ANGGUN MAULANA	81	5	AZRIL CAHYO NUGROHO	75
6	CHINTYA PUTRI N.	94	6	ANINDYA NAYAKA PRATISTA	63	6	BHINAR NUR CHAKIH	97
7	DESVIRA RASYA A.	80	7	ANNISA SAFIRA KUSUMAWARDHANI	90	7	CHAIRUNNISA CASMIRA S	83
8	DINA AYU S.R.	90	8	APPILIA DWI KURNIAWATI	91	8	DWI ZAHRA TUSSHIFA	97
9	DZIKA AQILLA K.	83	9	AUREL MAHARANI AL ZAHRA	82	9	EVELYN SAFIRA CHRISTANTO	86
10	ERYANI NAYLA C.	98	10	CINTA AULIA AFFRIANSYAH	67	10	FAREL ANAS TAUFIKI	84
11	EVI FATURCHMA	83	11	DAFFA SETYO FADLURAHMAN	95	11	GHAITSA YASMINE ALAYNA F	97
12	FIorentina IRIANI	87	12	DESTI PUSPITA KHOIRUNISA A	69	12	GIOVANI CHRISTIAN SAPUTRA	80
13	HAURA KEYSHANANDA	91	13	DIHELGA MAMORAYA DINARA	91	13	HERDIYANI AULIA LUFU	82
14	INAYAH KHOLIDAH	88	14	EARLINE NAFISWARI HAMID	72	14	KAMILA PUTRI ZAKARIYA	82
15	KAYLA DECTREE ANANTA A.	92	15	FABRIYAN ADIYAS PUTRA	69	15	KAYLA SHAF A SABILA	75
16	MOCHAMAD GALEH P.	65	16	FEBRIAN ZE A SAPUTRA	89	16	KEISHA KINANTI ANINDITA	75
17	MOCHAMMAD IRFAN	72	17	FILONI HELSA DWIPUTRA	67	17	KEYLA ANASTASYA CAHYA K	82
18	MUHAMAD SAIFUL H.	70	18	Gal GALUH DEVIRA ANGGRAENI	97	18	MICHELLE MABELA GLORY R	82
19	MUHAMMAD KAUTSAR H.	70	19	GIANNY PUTRI SAFIRA	75	19	MOHAMMAD ARIEF BUDIMAN	84
20	MUHAMMAD YUSUF	85	20	HILDA DIAS CAHYA	70	20	MUHAMMAD DEDE RIZQI	80
21	NADIA FIRA W.	90	21	HIMAWAN HANAFDI SAPUTRA	67	21	MUHAMMAD TAUFIKILAH	82
22	NAYLA ADINDA P.H.	92	22	KEYSHA FIRSY RAMADHANI	70	22	NADHIFA LUTFIL BAIHAQI	84
23	NISFIRA HANAN	89	23	MARCHEL RIDHO MAULANA	67	23	NATANAEAL MAHENDRA ADI P	92
24	NOUVEL HIDAYATULLAH	79	24	MOCHAMMAD SAIDAN RAFIAZKA WIBOWO	75	24	R. IGNATIUS AXEL ARMADILLO	82
25	NURUL AFIFAH B.S.	72	25	MUTIARA INDI BERLINA	88	25	RACHMA SABRINA GUDSY -	84
26	REIZA NADYA S.	75	26	NADYA AYU KUSUMANINGRUM	80	26	RAFIE ATHA RIZQI	75
27	SAKTIAJI DANANG P.	89	27	NEYLAN SAFIRA	62	27	RINDO DWI SAPUTRA	80
28	SAZYA OLIVIA	75	28	RAISSA HILMY ABYAN	61	28	SALSA RAHMA AYU FADILLAH	75
29	SONIA AYUNDA S.P.	84	29	RASYA ASYRAF WARDHANA	64	29	SAL SABILLA SHAFARAMADHANI	84
30	SURYATA AFTOWI C.	62	30	RATHI NUR HANIFAH SHOLEHAH	90	30	TIARA ARIELLA AZZAHRA	73
31	SYAHRIZAL A.	70	31	SUL THAN MAHQIQ P.	87	31	TRIA RAHMAWATI MEJANI	76
32	TRI SURYO W.	80	32	SRIKANDI FARIKHA H	60	32	VERLITA INDAH HIMPANJELA	78
33	VITO ARYAPUTRA P.	89	33	TIARA KASIH RAMADHANI	88	33	ZAHRA MALIKA AZIZAH	93
34	RINDYANA FITRIA A.H.	90	34	VANIA CITRA AGUSTIN	77	34	ZASLENA LALUWRA	83
						35	ZEIN AHMAD RIFQI	67
						36	ZIDAN FAIRUZ ZACKY	86

Lampiran 27. Data Kelas Eksperimen

NO	NAMA LENGKAP	PRETEST	POSTEST
1	AGUNG ARDI NUGROHO	24	96
2	AKHMAD Satrio KUSUMO PRAWIRO	46	80
3	AMELIA PUTRI PRIHANDINI	40	100
4	AMRINA ROSYADA	10	68
5	ANGGUN MAULANA	46	96
6	ANINDYA NAYAKA PRATISTA	36	84
7	ANNISA SAFIRA KUSUMAWARDHANI	24	92
8	APRILIA DWI KURNIAWATI	16	80
9	AUREL MAHARANI AL ZAHRA	24	60
10	CINTA AULIA AFFRIANSYAH	50	84
11	DAFFA SETYO FADLURAHMAN	30	76
12	DESTI PUSPITA KHOIRUNISA A	36	80
13	DIHIELGA MAMORAYA DINARA	16	72
14	EARLINE NARISWARI HAMID	60	96
15	FABRIYAN ADIYAS PUTRA	46	88
16	FEBRIAN ZEA SAPUTRA	50	88
17	FILONI HELSA DWIPUTRA	34	72
18	Gal GALUH DEVIRA ANGGRAENI	16	80
19	GIANNY PUTRI SYAFIRA	40	96
20	HILDA DIAS CAHYA	46	72
21	HIMAWAN HANARDI SAPUTRA	26	72
22	KEYSHA FIRSTY RAMADHANI	22	84
23	MARCHEL RIDHO MAULANA	56	76
24	MOCHAMMAD SAIDAN RAFIAZKA WIBOWO	34	100
25	MUTIARA INDI BERLINA	50	96
26	NADYA AYU KUSUMANINGRUM	44	100
27	NEYLAN SAFIRA	50	92
28	RAISSA HILMY ABYAN	44	60
29	RASYA ASYRAF WARDHANA	40	84
30	RATIH NUR HANIFAH SHOLEHAH	50	76
31	SULTHAN MARHIO P	36	100
32	SRIKANDI FARIKHA H	32	76
33	TIARA KASIH RAMADHANI	32	72
34	VANIA CITRA AGUSTIN	48	76

## Lampiran 28. Data Kelas Kontrol

NO	NAMA LENGKAP	PRETEST	POSTEST
1	ADYA ADZRA ZHARIFAH	34	60
2	ANIBALLEA BEAUTYKA NADISTHY	34	28
3	ARYA WIRA SENO CHIKO	30	48
4	AUFLA RACHELIA KRISNAWATI	36	52
5	AZRIL CAHYO NUGROHO	16	68
6	BHINAR NUR CHAKIH	60	48
7	CHAIRUNNISA CASIMIRA S	44	64
8	DWI ZAHRA TUSSHIFA	50	52
9	EVELYN SAFIRA CHRISTANTO	34	56
10	FAREL ANAS TAUFIKI	10	72
11	GHAITSAA YASMINE ALAYNA F	20	80
12	GIOVANI CHRISTIAN SAPUTRA	28	72
13	HERDIYANI AULIA LUFU	40	76
14	KAMILA PUTRI ZAKARIYA	52	52
15	KAYLA SHAFIYA SABILA	30	78
16	KEISHA KINANTI ANINDITA	44	68
17	KEYLA ANASTASYA CAHYA K	36	84
18	MICHELLE MABELA GLORY R	32	76
19	MOHAMMAD ARIEF BUDIMAN	10	40
20	MUHAMMAD DEDE RIZKI	30	80
21	MUHAMMAD TAUFIKILAH	44	72
22	NADHIFA LUTFIL BAIHAQI	48	60
23	NATANAEL MAHENDRA ADI P	34	56
24	R. IGNATIUS AXEL ARMADILLO	20	88
25	RACHMA SABRINA QUDSY	34	84
26	RAFIE ATHA RIZKI	36	80
27	RINO DWI SAPUTRA	34	68
28	SALSA RAHMA AYU FADILLAH	32	48
29	SALSABILLA SHAFARAMADHANI	26	80
30	TIARA ARIELLA AZZAHRA	40	40
31	TRIA RAHMAWATI MEIANI	40	40
32	VERLITA INDAH IMMANUELA	30	76
33	ZAHRA MALIKA AZIZAH	46	56
34	ZASLENA LAUWRA	42	68
35	ZEIN AHMAD RIFQI	42	64
36	ZIDAN FAIRUZ ZACKY	22	48

## Lampiran 29.

## Hasil Normalitas Populasi

**Tests of Normality**

	kelas	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
nilai	xi3	.154	34	.040	.950	34	.120
	xi4	.123	34	.200 <sup>*</sup>	.947	34	.100
	xi5	.169	36	.011	.947	36	.081

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

## Hasil Homogenitas Populasi

**Test of Homogeneity of Variances**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
nilai	Based on Mean	2.565	2	101	.082
	Based on Median	2.422	2	101	.094
	Based on Median and with adjusted df	2.422	2	99.136	.094
	Based on trimmed mean	2.514	2	101	.086

## Lampiran 30.

Hasil Uji Normalitas Nilai *Pretest* kelas Eksperimen dan Kontrol**Tests of Normality**

KELAS	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
NILAI PRETEST EKSPERIMEN	.124	34	.200 <sup>*</sup>	.961	34	.258
PRETEST KONTROL	.122	36	.192	.977	36	.630

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Hasil Uji Normalitas Nilai *Posttest* Kelas Eksperimen dan Kontrol**Tests of Normality**

KELAS	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
NILAI POSTTEST EKSPERIMEN	.134	34	.128	.941	34	.067
POSTTEST KONTROL	.120	36	.200 <sup>*</sup>	.960	36	.208

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

## Lampiran 31.

Hasil Uji Homogenitas Pretest Kelas Eksperimen dan kontrol

**Test of Homogeneity of Variances**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
nilai	Based on Mean	1.773	1	68	.187
	Based on Median	1.810	1	68	.183
	Based on Median and with adjusted df	1.810	1	67.802	.183
	Based on trimmed mean	1.754	1	68	.190

Hasil Uji Homogenitas *Posttest* Kelas Eksperimen dan Kontrol

**Test of Homogeneity of Variances**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
NILAI	Based on Mean	3.552	1	68	.064
	Based on Median	3.078	1	68	.084
	Based on Median and with adjusted df	3.078	1	63.024	.084
	Based on trimmed mean	3.400	1	68	.070

## Lampiran 32. Hasil Uji Hipotesis (*Independent Sample t-test*)

### Group Statistics

	Kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Nilai Keterampilan Berpikir Kritis	XI4	34	83.06	11.528	1.977
	XI5	36	63.39	15.095	2.516

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Nilai Keterampilan Berpikir Kritis	Equal variances assumed	3.552	.064	6.101	68	.000	19.670	3.224	13.236	26.104
	Equal variances not assumed			6.147	65.205	.000	19.670	3.200	13.280	26.060

Lampiran 33. Hasil Uji *Effect Size*

Descriptive Statistics Kontrol

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Posttest Kontrol	36	28	88	63.39	15.095
Valid N (Listwise)	36				

Descriptive Statistics Eksperimen

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Posttest Eksperimen	34	60	100	83.06	11.528
Valid N (Listwise)	34				

	<b>Eksperimen</b>	<b>Kontrol</b>
Standar Deviasi	11.528	15.095
Standar <i>Deviasi Pooled</i>	13.43	
<i>Effect Size</i>	1.465	
Presentasi	91.90%	

## Lampiran 34. Dokumentasi Penelitian





## RIWAYAT HIDUP

### A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Ramona Wahyu Ningrum  
Tempat & Tanggal Lahir : Semarang, 25 November 2002  
Alamat Rumah : Jln. Widuri III, RT. 06/RW. 08,  
Kel. Bangetayu Kulon Kec.  
Genuk, Semarang.  
No.HP/WA : 081779098657  
Email : [ramonawahyu596@gmail.com](mailto:ramonawahyu596@gmail.com)

### B. Pendidikan Formal

1. TK PGRI 65 (Lulus Tahun 2009)
2. SD Negeri Gebangsari 01 (Lulus Tahun 2015)
3. SMP Negeri 20 Semarang (Lulus Tahun 2018)
4. SMA Negeri 10 Semarang (Lulus Tahun 2021)
5. Mahasiswa UIN Walisongo Angkatan 2021

### C. Karya Ilmiah

1. Artikel Jurnal Sinta 4 dengan judul "Analysis of Moringa Leaves as a Material for Making Electrolytes in Bio-Batteries"

Semarang, 13 Maret 2025

Ramona Wahyu Ningrum  
NIM. 2108076092