PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* TERHADAP KETERAMPILAN ARGUMENTASI ILMIAH SISWA DALAM MATERI TERMOKIMIA

SKRIPSI

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

Oleh: Maulia Zada Fauziyah
NIM: 2108076090

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Maulia Zada Fauziyah

NIM : 2108076090

Jurusan : Pendidikan Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

Pengaruh Model *Problem Based Learning* Terhadap Keterampilan Argummentasi Ilmmiah Siswa Dalam Materi Termokimia.

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

Semarang, 10 Juli 2025

Pembuat Pernyataan



Maulia Zada Fauziyah

NIM : 2108076090

LEMBAR 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 Pembelajaran *Problem Based Learning* terhadap Keterampilan Argumentasi Ilmiah Siswa dalam Materi Termokimia
Nama	:	**Maulia Zada Fauziyah**
NIM	:	2108076090
Jurusan	:	Pendidikan Kimia

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

Semarang, 05/08/2025

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Mar'attus Solihah, M.Pd
NIP. 198908262019032009

Penguji II,

Deni Ebit Nugroho, M.Pd
NIP. 198507202019031007

Penguji III,

Sri Rahmania, M.Pd
NIP. 199301162019032017

Penguji IV,

Dr. Sri Mulyanti, M.Pd
NIP. 198702102019032012

KEMENTERIAN AGAMA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN WALISONGO SEMARANG REPUBLIK INDONESIA

Pembimbing I,

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

Pembimbing II,

Deni Ebit Nugroho, M.Pd
NIP. 198507202019031007

NOTA PEMBIMBING

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 2 Juli 2025

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
Assalamu'alaikum, wr.wb.

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

Judul : PENGARUH MODEL PROBLEM BASED LEARNING TERHADAP KETERAMPILAN ARGUMENTASI ILMIAH SISWA DALAM MATERI TERMOKIMIA

Penulis : Maulia Zada Fauziyah

NIM : 2108076090

Jurusan : Pendidikan Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum, wr.wb.

Pembimbing 1,

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

NOTA PEMBIMBING

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 2 Juli 2025

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
Assalamu'alaikum, wr.wb.

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

Judul : PENGARUH MODEL PROBLEM BASED LEARNING TERHADAP KETERAMPILAN ARGUMENTASI ILMIAH SISWA DALAM MATERI TERMOKIMIA
Penulis : Maulia Zada Fauziyah
NIM : 2108076090
Jurusan : Pendidikan Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum, wr.wb.

Pembimbing II,

Deni Ebit Nugroho, M.Pd
NIP. 198507202019031007

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap keterampilan argumentasi ilmiah *siswa* pada materi termokimia. Latar belakang penelitian ini berangkat dari rendahnya kemampuan *siswa* dalam menyusun argumen yang logis dan berbasis bukti, serta masih terbatasnya penggunaan model pembelajaran yang mendukung pengembangan keterampilan tersebut. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain *nonequivalent control group design*. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas XI IPA di SMA Negeri 12 Semarang, masing-masing 32 *siswa*. Kelas eksperimen menggunakan model PBL, sementara kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional. Instrumen yang digunakan berupa tes uraian berdasarkan kerangka *framework* Erduran untuk mengukur level argumentasi ilmiah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada penerapan model PBL terhadap peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah siswa. Siswa pada kelas eksperimen menunjukkan peningkatan pada skor *post-test* serta pada level argumentasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Dengan demikian, model PBL efektif diterapkan dalam pembelajaran kimia untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan argumenatif *siswa*.

Kata kunci: Argumentasi ilmiah, *Problem Based Learning*, termokimia.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Bismillahirrahmanirrahiim,alhamdulillahirabbil'aalamiin, wash shalaatu was salaamu'alaa Rasulillaahi. Amma ba'du.

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* terhadap Keterampilan *Argumentasi* Ilmiah Siswa dalam Materi Termokimia" ini disusun guna memenuhi tugas dan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Pendidikan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan, dukungan, dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi. Terima kasih diucapkan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Nizar, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang .
2. Bapak Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag sekalu Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

3. Ibu Wirda Udaibah, M.Si selaku Ketua Jurusan studi Pendidikan Kimia.
4. Ibu Dr. Atik Rahmawati, S.Pd.,M.Si selaku dosen pembimbing I yang dengan sangat sabar memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis hingga skripsi terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Deni Ebit Nugroho, M.Pd selaku dosen pembimbing II yang dengan sangat sabar memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis hingga skripsi terselesaikan dengan baik.
6. Ibu Resi Pratiwi, M.Pd selaku dosen wali yang senantiasa memberikan arahan selama studi.
7. Seluruh dosen Pendidikan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang, atas ilmu, arahan, dan bimbingan yang telah diberikan.
8. Orang tua penulis, Bapak M.Ahsin dan Ibu Susanti atas segala doa dan pengorbanan yang diberikan serta menjadi donatur utama sehingga penulis dapat menyelesaikan studi tanpa kekurangan suatu apapun.
9. Adik penulis, M. Hanafi Aslam, yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat.
10. Kakek dan nenek penulis, Suhardi, Sutinah, Daromi dan Urip yang ikut serta mendoakan penulis.

11. Saudara – saudara penulis Gayatri Utami, M.Sukron, Heru Susilo, dan Yeni Ristiyani yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat.
12. Ibu Sri Hartati, S.Pd selaku guru kimia kelas XI SMANegeri 12 Semarang yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
13. Siswa kelas XI F2, XI F3, dan XI F4 ataswaktu dan partisipasi dalam penelitian ini.
14. Mohamad Agung Fadhilah selaku patner diskusi dan sebagai *support system* sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan maksimal.
15. Azka zakiyyatur R, Indah Rifdah H, Reisti Saharani, Zakiya, Rista, Nia, Auliya, Syahna, Salma, Asyvina, Meylin, Aini, Asfa, Qonita, Hindiyani, Izza yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan skripsi.
16. Teman – teman kelas PK-C pendidikan kimia, yang memberikan warna dan pengalaman tak terlupakan.
17. Teman – teman PLP di SMA Negeri 12 Semarangatas semangat dan kebersamaan serta kenangan yang selalu diberikan.
18. Teman – teman KKN Reguler Posko 10 Angkatan 83 atas kebersamaan yang diberikan.
19. Teman – teman Pendidikan Kimia Angkatan 2021 atas kebersamaan dan kenangan indah selama masa studi.

20. Teman – teman organisasi PMII, SEMA-FST 2023, DEMA-FST 2024 atas kebersamaan dan kenangan indah selama masa studi.
21. Semua pihak yang telah membantu baik secaramoral maupun material, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam membantu penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda. Penulis juga berharap dengan adanya skripsi ini dapat memberi manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamual'aikum Warahmatullahi Wabarakatuh

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
NOTA PEMBIMBING ..... **iv**
NOTA PEMBIMBING ..... **v**
ABSTRAK ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Identifikasi Masalah 8
C. Pembatasan Masalah 8
D. Rumusan Masalah 9
E. Tujuan Penelitian 9
F. Manfaat Penelitian 10
BAB II LANDASAN PUSTAKA **11**
A. Kajian Teori 11
1. Model *Problem Based Learning* 11
2. Keterampilan Argumentasi Ilmiah 24
3. Termokimia 29
B. Kajian Penelitian yang relevan 44

C. Kerangka Berpikir 47
D. Hipotesis Penelitian 50
BAB III METODE PENELITIAN 57
A. Jenis Penelitian 57
B. Tempat dan Waktu Penelitian 58
C. Populasi dan Sampel Penelitian 58
D. Definisi Operasional Variabel 60
E. Teknik Pengumpulan Data 61
1. Wawancara 61
F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian 64
G. Teknik Analisis Data 71
BAB IV PEMBAHASAN 75
A. Deskripsi Hasil Penelitian 75
B. Pembahasan 92
C. Keterbatasan Penelitian 112
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 111
A. Simpulan 111
B. Saran 111
DAFTAR PUSTAKA 113
LAMPIRAN 117
Lampiran 1 Hasil Wawancara 117
Lampiran 2 Modul Ajar 118
Lampiran 3 135
***Lampiran 4* 141**
***Lampiran 5* 191**

Lampiran 6 ..... **202**
RIWAYAT HIDUP **219**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan alir argumentasi ilmiah Toulmin 27
Gambar 2.2 Kerangka Berfikir 49
Gambar 4.1 Grafik Skor Post-test Kelas Kontrol dan Eksperimen 91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sintaks Pembelajaran PBL 13
Tabel 2.2 Sintaks PBL 16
Tabel 3.1 Skema desain penelitian 58
Tabel 3.2 Kriteria Gregory 66
Tabel 3.3 Skala Indeks Reliabilitas Cronbach 68
Tabel 3.4 Kriteria Kesukaran Soal 70
Tabel 3.5 Kriteria Daya Beda Soal 71
Tabel 3.6 kategori Effect size 75
Tabel 4.1 Hasil Validitas Uji Coba 80
Tabel 4.2 Hasil Tingkat Kesukaran Uji Coba 81
Tabel 4.3 Hasil Daya Beda Soal Uji Coba 83
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Pre-test* Kelas Kontrol dan Eksperimen 86
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Post-test Kelas Kontrol dan Eksperimen 87
Tabel 4.6 Hasil Uji Normalitas Post-test 87
Tabel 4. 7 Jumlah Siswa Yang Mampu Menjawab Pada Level Argumentasi Ilmiah Pre-test 100
Tabel 4.8 Jumlah Siswa Yang Mampu Menjawab Pada Level Argumentasi Ilmiah Post-test 101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Wawancara 117
Lampiran 2 Modul Ajar 118
Lampiran 3 LKPD 135
Lampiran 4 Kisi – kisi Soal Argumentasi Ilmiah 141
Lampiran 5 Soal Argumentasi Ilmiah 191
Lampiran 6 Lembar Validasi Instrumen 202
Lampiran 7 Perhitungan Validitas oleh Validator 206
Lampiran 8 Data Siswa Uji Coba 208
Lampiran 9 Perhitungan Validitas, Reliabilitas, dan Tingkat Kesukaran 209
Lampiran 10 Data Hasil Pre-test dan Post-test 211
Lampiran 11 Perhitungan Normalitas dan Homogenitas 212
Lampiran 12 Hasil Uji Idendendent Sample t-Test dan Uji Effect Size 214
Lampiran 13 Nilai – Nilai r Product Moment 215
Lampiran 14 Dokumentasi Penelitian 216
Lampiran 15 Surat Izin Prariset 217
Lampiran 16 Surat Izin Riset 218

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Fokus abad 21 berada pada era revolusi industri 4.0 yang ditandai dengan ilmu pengetahuan sebagai penggerak utama kemajuan. Menghadapi era ini, memerlukan adanya keseimbangan antara aspek pengetahuan dan keterampilan guna menghasilkan individu yang kompeten dan berdaya saing tinggi (Mardhiyah *et al*., 2021). Keterampilan argumentasi ilmiah menjadi penting karena membantu menyusun pendapat yang didukung bukti yang relevan. Penguasaan argumentasi ilmiah sangat relevan dalam menyelesaikan masalah yang kompleks (Suraya *et al*., 2019).

Keterampilan berargumentasi secara ilmiah memberikan siswa untuk terlibat aktif dalam diskusi ilmiah secara efektif, baik pada konteks pendidikan formal maupun penerapannya di kehidupan nyata. Kemampuan ini berperan krusial dalam mempersiapkan generasi muda serta mengembangkan literasi sains guna menghadapi tantangan di era informasi digital (Anita & Tenriawaru, 2019).

Keterampilan argumentasi ilmiah membantu siswa memahami konsep ilmiah secara mendalam sekaligus melatih keterampilan menyampaikan pendapat secara logis. Argumentasi ilmiah dalam pembelajaran sains diperlukan untuk menjelaskan fenomena alam berdasarkan data yang valid. Keterampilan ini memiliki peranan yang signifikan dalam mendukung pengambilan keputusan yang rasional (Faiqoh *et al*., 2020).

Argumentasi ilmiah membantu siswa dalam mengevaluasi informasi secara kritis. Di era digital, keterampilan memilah informasi yang valid diperlukan. Siswa perlu dilatih menyusun argumen yang terstuktur dan logis. Oleh karena itu, pelatihan dalam argumentasi ilmiah menjadi aspek krusial (Probosari *et al*., 2016).

Pentingnya argumentasi ilmiah juga tercermin dalam kurikulum Pendidikan abad ke 21, yang berfokus pada pengembangan kemampuan berpikir kritis serta keterampilan dalam menuntaskan masalah secara sistematis. Siswa dilatih untuk menyusun klaim yang didukung oleh bukti serta mengembangkan alasan yang logis dalam mendukung pendapat siswa melalui

pembelajaran yang melibatkan argumentasi (Rianti *et al*., 2024).

Sebagian besar siswa mampu membuat klaim (pernyataan) dan *rebuttal* (respon atau tanggapan), meskipun tanpa adanya alasan yang jelas seperti data, *warrant* (alasan), dan *backing* (dukungan). Namun siswa masih mengalami kesulitan dalam memberikan justifikasi yang valid, kurangnya data dan alasan yang jelas menyebabkan argumentasi kurang meyakinkan (Rahman, 2018). Salah satu penelitian juga menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi ilmiah siswa, baik lisan maupun tertulis masih membutuhkan perhatian terhadap model pembelajaran yang diterapkan (Roja *et al*., 2020).

Menurut guru kimia di SMA Negeri 12 Semarang (Wawancara, 8 Oktober 2024) mengindikasi bahwa keterampilan argumentasi ilmiah siswa dalam materi termokimia masih cukup rendah. Hal ini dapat dilihat dari kecenderungan siswa mengambil informasi dari sumber yang tidak relevan. Kesulitan dalam mengevaluasi informasi secara kritis juga menjadi masalah yang signifikan. Akibatnya siswa tidak terbiasa menyusun argumen yang terstruktur dengan baik.

Selain itu, siswa cenderung pasif saat melakukan presentasi, sehingga tidak muncul proses diskusi yang melibatkan penyampaian pendapat yang berlawanan atau sanggahan.

Gambaran yang disampaikan guru kimia menunjukkan bahwa kendala keterampilan argumentasi ilmiah tidak hanya bersumber dari siswa, tetapi juga dari proses pembelajaran yang berlangsung di kelas. Kurangnya kesempatan untuk berlatih mengemukakan pendapat, mempertahankan argument, dan menanggapi pandangan orang lain membuat siswa belum terbiasa berargumen dengan baik. Hal ini sejalan dengan pengalaman siswa yang merasakan bahwa pembelajaran yang ada masih kurang memberikan ruang untuk mengasah pemahaman (Erduran et al., 2004)

Menurut salah satu siswa SMA Negeri 12 Semarang (Wawancara, 9 Oktober 2024), pembelajaran yang menekankan pada penjelasan yang mendetail sangat membantu dalam memahami konsep secara lebih menyeluruh dibandingkan pendekatan yang hanya memberikan tugas atau sekadar meminta siswa merangkum materi tanpa bimbingan lebih lanjut. Hasil

wawancara ini diperkuat dengan guru belum memfasilitasi model pembelajaran yang mendukung keterampilan argumentasi ilmiah siswa. Masalah ini berdampak pada rendahnya penguasaan siswa terhadap konsep – konsep dalam materi termokimia.

Pemahaman yang mendalam mengenai konsep dasar termokimia, seperti perubahan entalpi pada reaksi eksotermik dan endotermik serta penerapan prinsip termodinamika dalam konteks kehidupan nyata, menjadi aspek utama yang wajib dikuasai siswa dalam kegiatan belajar pada materi kimia. Capaian pembelajaran pada materi termokimia salah satunya siswa dapat mengkomunikasikan analisis termokimia dengan cara yang logis, berdasarkan data yang valid (Aprina *et al*., 2024). Kondisi tersebut menuntut adanya strategi pembelajaran yang tidak hanya mengembangkan keterampilan intelektual siswa, tetapi juga keterampilan siswa dalam berargumentasi ilmiah, salah satu strategi pembelajaran yang dianggap efektif adalah *Problem Based Learning* (PBL) (Roja *et al*., 2020).

Model PBL dapat diartikan sebagai model yang mengintegrasikan masalah nyata fokus utama dalam

pembelajaran. Melalui PBL, siswa didorong untuk berpikir kritis, mengeksplorasi pengetahuan baru, serta mengambil keputusan berdasarkan analisis terhadap permasalahan yang dihadapi. Model ini berpusat pada siswa dan menekankan keterlibatan aktif mereka dalam memecahkan masalah sebagai inti dari proses pembelajaran(Liu & Pásztor, 2022). Permasalahan nyata yang dihadirkan pada tahap awal pembelajaran PBL berperan sebagai pemicu motivasi bagi siswa untuk meperoleh informasi dan data yang relevan dalam rangka menyusun solusi terhadap permasalahan tersebut. (Amin, 2017).

PBL dapat diartikan sebagai model pembelajaran yang berorientasi pada siswa, dengan tujuan memfasilitasi siswa untuk mengembangkan keterampilan dalam mengidentifikasi, menganalisis dan menerapkan hubungan sebab akibat secara logis dalam konteks masalah (Wibawa, 2019). Penerapan model PBL dalam kegiatan pembelajaran berpotensi mengasah keterampilan argumentasi ilmiah siswa. Hal ini disebabkan oleh permasalahan yang disajikan yang cukup kompleks sehingga siswa harus melakukan investigasi mendalam melalui berbagai sumber

informasi untuk memberikan solusi disertai dengan bukti-bukti yang relevan terhadap permasalahan yang dianalisis (Rahmi & Cerya, 2020).

PBL adalah salah satu metode alternatif yang efisien pada proses pembelajaran. Model ini mampu meningkatkan keterlibatan siswa berpartisipasi aktif dalam menyelesaikan masalah kontekstual, serta mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan argumentasi ilmiah sesuai dengan tuntutan capaian pembelajaran (Aprina *et al*., 2024). Penerapan PBL diharapkan mampu memberikan efek positif pada keterampilan siswa dalam mengembangkan argumentasi ilmiah yang valid dan terstruktur, dalam konteks pembelajaran termokimia di SMA Negeri 12 Semarang. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh penerapan model PBL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa di SMA Negeri 12 Semarang dalam pembelajaran materi termokimia.

B. Identifikasi Masalah

Didasarkan pada uraian pada latarbelakang masalah, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Keterampilan argumentasi ilmiah siswa masih tergolong rendah terlihat dari siswa tidak terbiasa menyusun argumen yang terstruktur dengan baik.
2. Pemahaman siswa mengenai konsep termokimia yang masih rendah.
3. Siswa cenderung pasif saat melakukan presentasi, sehingga tidak muncul proses diskusi yang melibatkan penyampaian pendapat yang berlawanan atau sanggahan.
4. Kecenderungan siswa mengambil informasi dari sumber yang tidak relevan.
5. Guru belum memfasilitasi model pembelajaran yang mendukung keterampilan argumentasi ilmiah siswa.

C. Pembatasan Masalah

Didasarkan pada identifikasi masalah, supaya permasalahan dapat dikaji secara lebih mendalam

serta terarah maka dapat dibuat pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Keterampilan argumentasi ilmiah siswa masih tergolong rendah terlihat dari siswa tidak terbiasa menyusun argumen yang terstruktur dengan baik.
2. Pemahaman siswa mengenai konsep termokimia yang masih rendah.
3. Guru belum memfasilitasi model pembelajaran yang mendukung keterampilan argumentasi ilmiah siswa.

D. Rumusan Masalah

Didasarkan pada uraian latar belakang, identifikasi, serta pembatasan masalah yang telah disampaikan, maka dapat disusun rumusan masalah yaitu bagaimana pengaruh penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa dalam materi termokimia?

E. Tujuan Penelitian

Didasarkan pada rumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai oleh peneliti adalah untuk mengetahui pengaruh penerapan model Problem-Based Learning (PBL) terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa dalam materi termokimia.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan rangkaian diatas, dengan demikian manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat teoritis

   Hasil penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam upaya peningkatan kualitas pembelajaran kimia, terutama dalam mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah yang menjadi salah satu kompetensi penting di era abad ke-21.

2. Manfaat praktis

a. Bagi Guru

   Model PBL bisa diterapkan sebagai salah satu model pilihan untuk diimplementasikan saat pembelajaran di kelas.

b. Bagi Siswa

   Diharapkan, dengan diterapkannya model pembelajaran PBL, keterampilan argumentasi ilmiah siswa dapat mengalami peningkatan.

c. Bagi Peneliti Lain

   Penelitian ini bisa dijadikan rujukan untuk peneliti lain yang ingin melakukan penelitian yang berkaitan dengan keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada pokok bahasan dan subjek lain

BAB II
LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Model *Problem Based Learning*

a. Pengertian Model *Problem Based Learning*

Problem Based Learning (PBL) adalah salah satu model pembelajaran inovatif yang dirancang untuk mewujudkan lingkungan pembelajaran yang aktif, dimana siswa berperan aktif dalam proses penelusuran dan penyelesaian masalah. PBL sebagai model pembelajaran yang menuntut siswa untuk menyelesaikan permasalahan melalui langkah – langkah metode ilmiah. Melalui proses tersebut, siswa tidak hanya memperoleh pemahaman terhadap konsep – konsep, tetapi juga mengembangkan keterampilan dalam merumuskan solusi secara sistematis (Syamsidah & Suryani, 2018).

Problem Based Learning membantu siswa mengembangkan keterampilan yang diperlukan pada zaman globalisasi saat ini. Model pembelajaran PBL memberikan kepada siswa masalah – masalah nyata pada awal pembelajarannya, selanjutnya dipecahkannya dengan cara inkuiri, kemudian

diaplikasikan melalui pendekatan pemecahan masalah (Amir, 2009).

Beberapa pengertian mengenai *Problem Based Learning* :

1) Duch (2001) menyatakan bahwa PBL yaitu *instructional method that challeges students to "learn to learn", working cooperatively in groups to seek solutions to real world problems.* Masalah yang disajikan berfungsi sebagai pemicu untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dan keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran.
2) Menurut Arends (2012), PBL yaitu model pembelajaran yang memfasilitasi permasalah autentik terhadap siswa dengan tujuan agar siswa mampu mengembangkan pengetahuannya secara mandiri. Melalui pendekatan ini, siswa didorong sebagai upaya memperkuat keterampilan berpikir mendalam, kemampuan inkuiri, kemandirian dalam belajar, serta meningkatkan rasa percaya diri siswa.
3) Hmelo-Silver (2004) menyatakan bahwa PBL adalah *an insttructional method in which student learn through facilitated problem solving.* Masalah

nyata atau kontekstual dijadikan titik awal pembelajaran dan guru berperan sebagai fasilisator bukan pemberi informasi utama.

Model PBL dapat diartikan sebagai model pembelajaran yang bersifat inovatif, dimana permasalahan nyata digunakan sebagai titik awal untuk mendorong terjadinya peroses belajar. Melalui PBL, siswa diberi kesempatan untuk menuntaskan persoalan yang relevan dalam konteks kehidupan nyata, akibatnya pembelajaran dapat dikaitkan oleh siswa berdasarkan pengalaman nyata. Model ini bertujuan untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dengan pendekatan yang sistematis. PBL juga memotivasi siswa supaya berpartisipasi aktif dalam kegiatan pembelajaran, sehingga memperkuat pemahaman siswa. Model pembelajaran ini, siswa tidak hanya berfokus pada konsep, namun juga cara menghadapi tantangan yang dihadapi dalam kehidupan nyata.

b. Karakteristik *Problem Based Learning*

Karakteristik model PBL adalah sebagai berikut:

1) Permasalahan dijadikan sebagai titik awal dalam kegiatan pembelajaran, yang memotivasi siswa

supaya aktif mengeksplorasi konsep-konsep yang relevan.

2) Permasalahan yang digunakan bersifat autentik dan tidak terstruktur, mencerminkan kondisi nyata yang kompleks sebagaimana dijumpai dalam kehidupan sehari-hari..
3) Penyelesaian masalah menuntut siswa untuk mempertimbangkan berbagai sudut pandang (*multiple perspectives*), sehingga mendorong terjadinya diskusi kritis dan kolaboratif.
4) Permasalahan yang memotivasi siswa supaya menggunakan pengetahuan yang dimiliki, sikap, dan komperensi yang kemudian membutuhkan identifikasi kebutuhan belajar dan bidang baru dalam belajar.
5) Pembelajaran diarahkan untuk mengembangkan kemampuan belajar secara mandiri (*self-directed learning*), di mana siswa bertanggung jawab atas proses belajarnya sendiri, termasuk dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi kegiatan belajarnya.
6) Siswa didorong untuk memanfaatkan berbagai sumber informasi yang relevan, sekaligus

mengembangkan kemampuan dalam memilih, menggunakan, dan mengevaluasi keakuratan sumber – sumber pengetahuan tersebut.

(Rusman, 2012)

c. Tahapan *Problem Based Learning*

Model PBL terdiri atas lima tahapan, diawali dengan penyajian permasalahan, hingga pada tahap akhir berupa presentasi dan analisis terhadap solusi yang telah dikembangkan dalam proses pemecahan masalah (Trianto, 2011). Berikut sintak PBL :

Tabel 2.1 Sintak Pembelajaran PBL

Tahap	Tindakan
Tahap 1 : Orientasi masalah	Guru menjelaskan tujuan pembelajaran dan menginspirasi siswa supaya siswa aktif saat memecahkan masalah.
Tahap 2 : Mengorganisasi siswa untuk belajar	Guru membimbing siswa dalam pembelajaran
Tahap 3 : Membantu penyelidikan masalah	Guru membimbing siswa dalam mengeksplorasi masalah supaya memperoleh penyelesaian.
Tahap 4 : Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Guru membimbing dan mengarahkan siswa untuk menampilkan hasil jerja misalnya melalui presentasi.

Tahap 5 : Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru membimbing siswa dengan memberikan penguatan terhadap proses – proses yang mereka gunakan.

Sejalan dengan Trianto, menurut Arends terdapat lima sintak PBL (Arends, 2012), yaitu

Tabel 2.1 Sintaks PBL

Tahap	Tindakan
Tahap 1 : memberikan orientasi tentang permasalahanny a kepada siswa	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran, mendiskripsikan kebutuhan logistik penting dan menginspirasi siswa supaya ikut serta aktif saat kegiatan mengatasi masalah
Tahap 2 : Mengorganisasi siswa untuk meneliti	Guru memberikan arahan kepada siswa dalam menentukan serta mengelola aktivitas belajar yang sesuai dengan konteks permasalahan.
Tahap 3 : Membantu investigasi mandiri dan kelompok	Guru membimbing siswa dalam mengumpulkan data yang akurat, melangsungkan kegiatan eksperimen dan merumuskan jawaban serta penyelesaian masalah.
Tahap 4 : Mengembangkan dan mempresentasik an artefak dan *exhibit*	Guru membimbing siswa merancang dan mempersiapkan produk akhir yang sesuai, misalnya, laporan, dokumentasi video dan lain – lain serta mendukung siswa dalam mempresentasikan kepada teman sekelas.

Tahap 5 : Menganalisis dan mengevaluasi proses mengatasi masalah	Guru membimbing siswa dalam melaksanakan refleksi terhadap investigasinya dan langkah – langkah yang ditempuh oleh siswa.

Dua tahap pembelajaran *Problem Based Learning* diatas dapat disimpulkan bahwa terdiri atas lima tahap serta diterapkan pada penelitian, yaitu :

1) Orientasi terhadap masalah

   Tahap ini menekankan pentingnya orientasi awal, yaitu menjelaskan tujuan pembelajaran, mengidentifikasi masalah, serta menginspirasi siswa supaya aktif saat pembelajaran. Guru bertindak sebagai fasilitator yang mengarahkan siswa dalam memahami konteks masalah.

2) Pengorganisasian pembelajaran

   Tahap ini, fokus untuk mendefinisikan tugas pembelajaran, mengorganisasi siswa untuk bekerja dalam kelompok, serta menetapkan langkah – langkah untuk menyelesaikan masalah. Guru memiliki peran yang aktif dalam memberikan arahan.

3) Penyelidikan dan investigasi masalah

   Tahapan ini mengharuskan siswa untuk menelusuri dan menyelidiki permasalahan yang

telah ditentukan, baik secara mandiri maupun kelompok, untuk mencari data atau solusi berdasarkan bukti ilmiah.

4) Pengembangan dan penyajian solusi

Tahap ini merupakan proses mengembangkan solusi dan mempresentasikan hasil karya secara detail, termasuk dalam bentuk laporan atau artefak yang menjadi produdk akhir dari investigasi.

5) Refleksi dan evaluasi

Di tahap pelaksanaan ini, guru mengarahkan siswa dalam melakukan analisis proses pembelajaran dan mengevaluasi keefektifan solusi siswa. Refleksi bertujuan menguatkan pengetahuan dan memperbaiki proses berpikir siswa.

d. Prinsip dasar PBL

Prinsip dasar PBL terletak pada pemanfaatan permasalahan nyata sebagai sarana bagi siswa untuk mengonstruksi pengetahuan sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah. Permasalahan nyata yang dimaksud merupakan permasalahan yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan memiliki manfaat langsung apabila dapat diselesaikan. Masalah

dapat ditentukan baik oleh guru maupun siswa, dengan tetap mempertimbangkan kesesuaian terhadap kompetensi dasar yang ingin dicapai (Sofyan *et al*., 2016).

Prinsip pembelajaran PBL menurut (Berkel, 2010) sebagai berikut :

1) Pembelajaran Konstruktif

   Pembelajaran konstruktif menekankan keaktifan siswa dalam merancang pengetahuannya sendiri melalui proses berpikir dan keterlibatan langsung. Terdapat dua kriteria utama dalam pembelajaran aktif, yaitu kemampuan untuk memunculkan atau mengonstruksi pengetahuan saat menerima informasi baru, serta kemampuan untuk mengaitkan informasi tersebut dengan kerangka keilmuan yang telah dimiliki sebelumnya. Pengetahuan yang telah dimiliki siswa menjadi landasan dalam memahami konsep-konsep baru. Dalam proses pengaitan ini, siswa dapat melakukan diskusi, menjawab pertanyaan, serta merefleksikan informasi, sehingga memungkinkan mereka memperluas dan

menguatkan penguasaan konsep pada materi yang tengah dipelajari.

2) Pembelajaran Mandiri (*Self regulated learning*)

Model PBL bertujuan untuk mendorong terciptanya pembelajaran yang bersifat mandiri. Pembelajaran ini mengarahkan siswa untuk secara aktif merencanakan, memantau, dan mengevaluasi proses belajarnya secara mandiri. Tahap perencanaan mencakup kemampuan menyusun strategi penyelesaian tugas, menetapkan tujuan yang jelas, memilih pendekatan yang sesuai, serta menentukan potensi hambatan yang mungkin dihadapi dalam mencapai tujuan tersebut. Selain itu, siswa juga dituntut untuk memantau pelaksanaan kegiatan belajar secara berkelanjutan dan siap menghadapi kemungkinan perubahan atau kendala yang muncul selama proses pembelajaran. Setelah proses belajar selesai, siswa melakukan evaluasi terhadap efektivitas strategi dan hasil belajar yang telah dicapai.

3) Pembelajaran Kolaborasi

Pembelajaran kolaboratif merupakan pendekatan yang melibatkan beberapa siswa yang

tergabung dalam kelompok untuk saling berkomunikasi selama proses pembelajaran. Interaksi tersebut diharapkan dapat menciptakan dampak positif terhadap pencapaian hasil belajar. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk mendorong keterlibatan aktif siswa dalam berbagi informasi, pengetahuan, dan pengalaman yang telah diperoleh, sehingga tercipta proses pertukaran ide secara bermakna. Selain itu, pembelajaran kolaboratif juga dapat meningkatkan daya retensi informasi, memungkinkan siswa menyimpan dan memahami materi pembelajaran dalam kurun waktu yang lebih panjang.

4) Pembelajaran Kontekstual

Metode pembelajaran PBL mempunyai karakteristik kontekstual, yaitu proses belajar yang disusun berdasarkan situasi nyata yang dapat membimbing siswa dalam membangun pengetahuan baru. Melalui pendekatan ini, siswa dilatih untuk berpikir secara profesional dalam menghadapi permasalahan yang relevan dengan kasus yang disajikan. Meskipun demikian, pembelajaran kontekstual juga memiliki

tantangan, salah satunya adalah kesulitan siswa dalam menerapkan pemahaman sebelumnya untuk menyelesaikan masalah di situasi baru yang berbeda dari konteks awal pembelajaran.

e. Kelebihan dan kelemahan *Problem Based Learning*

Masing – masing model pembelajaran mempunyai keunggulan dan kelemahan. Kelebihan model PBL :

1) Dalam konteks kehidupan sebenarnya, siswa diarahkan untuk mengembangkan kemampuan dalam memecahkan permasalahan secara sistematis dan rasional.
2) Siswa secara aktif membangun pengetahuan siswa sendiri melalui keterlibatan langsung dalam proses pembelajaran.
3) Materi pembelajaran yang tidak relevan dengan pemecahan masalah tidak menjadi fokus utama, karena PBL menekankan pada pencapaian tujuan belajar melalui analisis terhadap permasalahan yang berkaitan dengan materi.
4) Aktivitas kerja kelompok dalam PBL mendorong terjadinya interaksi ilmiah di antara siswa, yang memperkuat proses berpikir kritis dan kolaboratif.

5) Siswa mampu memanfaatkan berbagai sumber informasi, seperti dari internet, perpustakaan, hasil observasi langsung, maupun wawancara, sebagai bagian dari proses investigasi.
6) Siswa diberi kesempatan untuk menilai kemajuan belajarnya sendiri melalui evaluasi terhadap proses dan hasil kegiatan pembelajaran yang telah dicapai..
7) Kegiatan diskusi akan membentuk kemampuan komunikasi siswa.
8) Dengan kerja kelompok, siswa yang mengalami kesulitan belajar akan mudah teratasi.

(Shoimin, 2017)

Sedangkan kekurangan model PBL menururt (Mudlofir & Rusydiyah, 2017) :

1) Jika siswa menunjukkan ketertarikan yang rendah dan menganggap bahwa permasalahan yang disajikan terlalu sulit untuk diselesaikan, maka kecenderungan mereka untuk terlibat aktif dalam proses penyelidikan akan menurun, sehingga menghambat keterlibatan dalam kegiatan pembelajaran.

2) Model PBL memerlukan perencanaan dan persiapan yang matang. Apabila guru tidak merancang strategi pembelajaran secara optimal, maka proses pelaksanaan pembelajaran dapat berjalan kurang efektif, yang pada akhirnya menghambat pencapaian tujuan pembelajaran.
3) Kurangnya pemahaman siswa terhadap isu-isu nyata di masyarakat dapat menjadi kendala dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis masalah, karena mereka kesulitan dalam mengaitkan materi pelajaran dengan konteks permasalahan yang relevan.

Berdasarkan uraian mengenai keuntungan dan kelemahan dalam penerapan model PBL dapat diperoleh kesimpulan bahwa kelemahan dalam penerapan model PBL dapat diatasi melalui peran guru yang aktif dalam menyampaikan motivasi kepada siswa dan pengelolaan waktu yang efisien dalam pelaksanaan pembelajaran.

2. Keterampilan Argumentasi Ilmiah

Argumentasi merupakan unsur penting dalam proses berpikir kritis yang tersusun dalam kerangka dan metode tertentu guna memecahkan masalah

melalui penyampaian pernyataan-pernyataan yang terorganisasi secara logis. Strategi argumentasi bertujuan untuk memperjelas dan menyempurnakan ide, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengevaluasi, mengklasifikasikan, serta menentukan kualitas atau tingkat argumentasi siswa adalah model *Toulmin's Argumen Pattern* (TAP). Model ini dinilai efektif sebagai kerangka kerja dalam menganalisis struktur dan bentuk argumentasi ilmiah secara sistematis (Erduran *et al*., 2004).

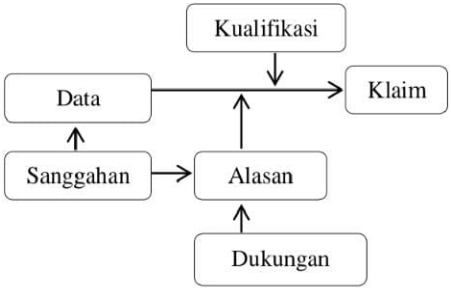
Argumentasi merupakan suatu bentuk aktivitas intelektual yang melibatkan proses berpikir dan mendorong pengembangan kemampuan berpikir kritis. Di era informasi saat ini, berbagai isu kontroversial tidak hanya disampaikan melalui televisi dan media cetak, tetapi juga tersebar luas melalui media massa dan platform digital. Oleh karena itu, siswa tidak seharusnya menerima informasi secara pasif, melainkan harus mampu mengevaluasi kebenaran dan validitas informasi yang diterima. Permasalahan yang bersifat kontroversial sering kali memunculkan perbedaan pendapat, sehingga dalam

pengambilan keputusan diperlukan penalaran yang logis. Dengan demikian, kebiasaan berargumentasi menjadi hal yang esensial dalam konteks nyata karena berkaitan dengan kemampuan membuat keputusan yang tepat dan berdasarkan pertimbangan rasional terhadap berbagai isu. (Istiana *et al*., 2019)

Argumentasi merupakan suatu upaya sistematis untuk menyampaikan bukti, mengidentifikasi kemungkinan penyebab, atau mengemukakan pendapat terhadap suatu permasalahan secara logis dan terstruktur (Keraf, 2010). Dengan demikian, argumentasi ilmiah dapat disimpulkan sebagai suatu upaya untuk mengemukakan ide atau gagasan secara logis yang didukung oleh bukti dan data yang relevan serta dapat dipertanggungjawabkan secara akademik.

Argumentasi merupakan suatu proses diskursif yang melibatkan penyusunan klaim, penyajian bukti yang mendukung klaim tersebut, serta kemampuan untuk mengevaluasi dan mengkritisi argumen secara logis dan sistematis. (Faize, 2015). *Toulmin's Argumenation Pattern* (TAP) merupakan kerangka yang relevan dan komprehensif untuk menganalisis struktur argumentasi. Penggunaan model ini dinilai

efektif dalam mengevaluasi tingkat keterampilan seseorang dalam menyusun argumen yang logis dan terstruktur.



Gambar 2.1 Bagan alir argumentasi ilmiah Toulmin

Argumentasi ilmiah sangat penting untuk melatih siswa berpikir kritis, menganalisis data, serta menyusun dan mempertahankan argumentasi berdasarkan fakta ilmiah. Berdasarkan struktur *Toulmin Argumenation Pattern* (TAP) pada Gambar 2.1 yang menggambarkan elemen – elemen penting dalam argumentasi ilmiah yaitu :

a. *Claim* (klaim) : Pernyataan yang ingin dibuktikan sebagai sebuah kebenaran.
b. *Evidence* (bukti/data) : Data atau informasi yang mendukung klaim.

c. *Warrant* (alasan) : Alasan yang menghubungkan bukti dengan klaim.
d. *Backing* (dukungan) : Dukungan tambahan untuk menguatkan alasan.
e. *Qualifier* (kualifikasi) : Tingkat keyakinan atau kondisi yang mendukung klaim.
f. *Rebuttal* (sanggahan) : Antisipasi terhadap argumen yang berlawanan atau penyanggahan terhadap klaim (Toulmin, 2003).

Kualitas argumentasi siswa dapat diukur dengan kerangka kerja yang diperkenalkan oleh Erduran dan Osborne yaitu framework tingkat argumentasi ilmiah. Kerangka ini dipakai untuk mengevaluasi keterampilan siswa dalam menyusun argumentasi (Erduran *et al*., 2004). Penelitian ini menerapkan *framework* dari Erduran sebagai acuan dalam menilai tingkat argumentasi ilmiah. Berikut adalah level – level dalam kerangka tersebut :

a. Level 1 : Argumentasi hanya berupa klaim tanpa didukung oleh bukti atau alasan logis.
b. Level 2 : Argumentasi terdiri atas klaim yang disertai dengan bukti, alasan, atau dukungan tetapi tidak mengandung sangkalan

c. Level 3 : Argumentasi dengan serangkaian klaim atau klaim berlawanan dengan data, alasan, atau dukungan dengan sangkalan yang lemah yang kadang – kadang terjadi
d. Level 4 : Argumentasi dengan serangkaian klaim dengan sangkalan yang dapat diidentifikasi secara jelas. Argumentasi ini mungkin memiliki beberapa klaim dan klaim berlawanan.
e. Level 5 : Menampilkan argumentasi yang lebih dari satu sangkalan

3. Termokimia

a. Pengertian Termokimia

Termokimia merupakan cabang ilmu kimia yang mengkaji perubahan energi panas yang terjadi selama proses reaksi kimia, baik dalam bentuk energi yang diserap maupun yang dilepaskan (Lathifa & Nugroho, 2020). Reaksi termokimia merupakan jenis reaksi yang membutuhkan atau membebaskan kalor. Perubahan energi panas selama reaksi kimia berlangsung ditandai melalui perubahan suhu pada zat yang ikut serta dalam reaksi tersebut. Setelah reaksi berlangsung, suhu zat kimia dapat menjadi lebih panas atau lebih dingin (Sutresna *et al*., 2016).

1) Sistem dan Lingkungan

Sistem adalah jenis zat dan jumlah yang bereaksi dan hasil reaksi (Lathifa & Nugroho, 2020). Proses yang terjadi dalam sistem melibatkan perubahan energi berupa melepaskan atau menyerap energi. Pemahaman tentang sistem penting untuk menganalisis bagaimana reaksi memengaruhi lingkungan sekitar. Sistem dapat bersifat tertutup, terbuka, atau terisolasi. Ketiga sistem tersebut memiliki karakteristik sebagai berikut:

a. Sistem terbuka terjadi pertukaran materi dan energi antara sistem dan lingkungannya.
b. Sistem tertutup memungkinkan transfer energi, namun tidak memungkinkan perpindahan materi.
c. Sistem terisolasi, tidak ada perpindahan energi meupun materi antara sistem dan lingkungannya.

Lingkungan merupakan segala sesuatu di luar sistem yang dapat berinteraksi dengan sistem (Lathifa & Nugroho, 2020). Lingkungan dapat menerima atau melepaskan energi yang

disebabkan oleh perubahan yang terjadi pada sistem (Sutresna *et al*., 2016). Misalnya, dalam reaksi eksoterm, enrgi panas dilepaskan ke lingkungan.

2) Energi dalam

Energi dalam (U) diartikan sebagai total energi potensial dan energi kinetik dari seluruh pertikel suatu sistem. Energi ini merupakan fungsi keadaan, yang nilainya ditentukan hanya bergantung pada sitem tersebut. Meskipun nilai energi dalam tidak dapat diukur secara langsung, namun perubahan energi dapat diketahui melalui hasil eksperimen (Lathifa & Nugroho, 2020). Perubahan energi dalam dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta U = U_{akhir} - U_{awal}$$

U_{akhir} merupakan energi internal produk dalam reaksi kimia, sedangkan U_{awal} merupakan energi internal peraksi. Berdasarkan pernyataan tersebut persamaan diatas dapat dijabarkan menjadi :

$$\Delta U = U_{produk} - U_{pereaksi}$$

3) Kalor

Satu – satunya energi yang berpindah diantara

dua benda adalah kalor, maka kalor yang keluar oleh benda harus diserap oleh benda lainnya. Persamaan kalor dapat ditulis sebagai berikut :

$q = C\Delta T$

keterangan :

q = kalor (Joule)

C = Kapasitas kalor ($J°C^{-1}$)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

Simbol C menyatakn kapasitas kalor, yakni besarnya kalor yang diperlukanoleh suatu benda dengan massa tertentu untuk meningkatkan suhunya sebesar 1°C (Lathifa & Nugroho, 2020). Nilai kapasitas kalor dipengaruhi oleh dua aspek utama yaitu massa dan jenis zatnya (Sutresna *et al*., 2016). Satuan internasional, satuan kapasitas kalor adalah *Joule* per *Kelvin* (J/K).

Kalor jenis (c) dapat diartikan besarnya kalor yang dibutuhkan supaya meningkatkan suhu 1°C pada setiap gram suatu zat. Selain itu, kalor jenis diartikan sebagai tingkat kemampuan suatu zat untuk menyerap atau melepaskan kalor. Setiap zat memiliki nilai kalor jenis yang tidak sama. Satuan yang digunakan untuk menyatakan kalor jenis

ialah J/kg°C. Jadi persamaannya bisa dituliskan sebagai berikut:

$q = m.c.\Delta T$

4) Reaksi Endoterm dan Eksoterm

Reaksi endoterm (ΔH = +) merupakan jenis reaksi yang menyerap energi dari lingkungan selama berlangsungnya reaksi. Reaksi ini biasanya menyebabkan penurunan suhu atau menimbulkan efek dingin pada lingkungan sekitarnya (Lathifa & Nugroho, 2020). Contoh reaksi endoterm yaitu fotosintesis pada tumbuhan, pada reaksi berlangsung energi cahaya diserap dan digunakan untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa. Persamaan reaksi fotosintesis :

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{sinar\ matahari} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Reaksi Eksoterm merupakan jenis reaksi yang melepaskan energi ke lingkungan saat berlangsung reaksi. Reaksi ini biasanya menyebabkan kenaikan suhu atau menghasilkan efek panas (Lathifa & Nugroho, 2020). Contoh reaksi eksoterm yaitu pembakaran gas propana, jika gas propana dibakar oleh oksigen akan menghasilkan molekul CO_2 dan H_2O. Persamaan reaksi pembakaran propanol :

$$C_3H_8 + 6O_2 \rightarrow 3CO_2 + 6H_2O + panas$$

b. Kerja

Kerja adalah salah satu bentuk energi, namun berbeda dari kalor karena bentuk energi ini dapat berpindah antara sistem dan lingkungan secara berbeda. Kerja (W) dianggap positif apabila sistem menerima kerja dari lingkungan artinya lingkungan melakukan kerja terhadap sistem. Sebaliknya, kerja (W) bernilai negatif jika sistem melakukan kerja terhadap lingkungannya. Besarnya kerja bergantung pada jalannya proses, sehingga kerja tidak termasuk dalam fungsi keadaan. Kerja ekspansi pada gas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$W = -P\Delta V$$

c. Hukum pertama termodinamika

Perubahan energi dalam sistem melibatkan klaor (q) yang dipertukarkan serta kerja (w) yang dilakukan pada sistem tersebut (Sutresna *et al*., 2016). Hubungan antara kerja, kalor dan perubahan energi dalam dinyatakan sebagai hukum pertama termodinamika dirumuskan melalui persamaan berikut :

$$\Delta U = q + w$$

Kalor dan kerja tidak termasuk fungsi keadaan karena bukan merupakan sifat – sifat dari suatu sistem. Keduanya hanya muncul selama proses berlangsung dan nilainya ditentukan oleh lintasan proses tersebut, sehingga dapat berbeda – beda tergantung jalannya perubahan. Meskipun kalor dan kerja bukan fungsi keadaan, namun total energi dalam (ΔE), yang merupakan hasil penjumlahan antara q dan w akan tetap sama apabila keadaan awal dan akhir sistem serupa.

1) Kalor pada volume tetap

Hukum pertama termodinamika mampu diaplikasikan dalam dua kondisi yang berbeda yaitu pada isokhorik (volume tetap) dan isobarik (tekanan tetap). Reaksi kimia yang berlangsung pada volume konstan, tidak mengalami perubahan volume (ΔV = 0), sehingga tidak menghasilkan kerja dalam bentuk tekanan kali perubahan volume (PΔV). Persamaan dapat dituliskan:

$\Delta U = q_v - P\Delta V$

$\Delta U = q_v - 0$

$\Delta U = q_v$

2) Entalpi

Saat reaksi berlangsung pada tekanan konstan, maka sistem dapat mempertukarkan kalor (q_p) dan melakukan kerja ekspansi (w), sehingga untuk menghitung ΔU dapat digunakan persamaan berikut.

$\Delta U = q_p - P\Delta V$

Energi dalam yang dihitung menggunakan persamaan diatas memerlukan proses pengukuran perubahan volume pada sistem. Untuk menghindari hal tersebut, diperkenalkan fungsi termodinamika yang baru yang disebut dengan perubahan entalpi (ΔH) yang memiliki persamaan:

$\Delta H = \Delta U + \Delta PV$

Pada tekanan tetap $P\Delta V = - w$, maka

$\Delta H = \Delta U + \Delta PV$

$\Delta H = (q_p + w) + (-w)$

$\Delta H = q_p$

Jadi, perubahan entalpi (ΔH) adalah kalor reaksi pada tekanan tetap.

Reaksi kimia banyak yang berlangsung dalam tekanan tetap, maka perubahan entalpi didefinisikan oleh persamaan

$\Delta H = H_{akhir} - H_{awal}$

Untuk reaksi kimia,

$\Delta H = H_{produk} - H_{pereaksi}$

Nilai entalpi reaksi bisa berupa positif atau negatif, tergantung pada jenis proses yang terjadi. Pada reaksi endoterm, perubahan entalpi (ΔH) bernilai positif ($\Delta H > 0$). Sedangkan pada reaksi eksoterm , ΔH bernilai negatif ($\Delta H < 0$).

3) Hubungan ΔH dan ΔU

ΔH dan ΔU terdapat selisih sebesar $P\Delta V$. Hal ini disebabkan pada reaksi yang melibatkan gas dapat terjadi perbedaan volume yang besar. Pada gas ideal dapat dimodifikasi menjadi :

$\Delta H = \Delta U + \Delta PV$

$\Delta H = \Delta U + \Delta(nRT)$

$\Delta H = \Delta U + RT\Delta n$

Keterangan :

Δn = jumlah mol gas produk – jumlah mol gas reaktan.

d. Persamaan termokimia

Persamaan termokimia merupakan bentuk reaksi kimia yang mencantumkan besarnya energi panas yang terlibat dalam proses tersebut. Besarnya

kalor yang dilepaskan atau diserap bergantung pada jumlah mol zat pereaksi yang terlibat dalam reaksi.

1) Koefisien dalam persamaan stoikiometri selalu merepresentasikan jumlah mol masing – masing zat. Perhatikan persamaan termokimia berikut ini :

   $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ ΔH = 6,01 kJ

   Persamaan di atas dapat dibaca : pembentukan 1 mol air dari 1 mol es pada suhu 0°C, disertai perubahan entalpi sebesar 6,01 kJ.

2) Jika persamaan stoikiometri dibalik, maka peran reaktan dan produk berubah, akibatnya ΔH tetap, akan tetapi tandanya berubah. Sebagai contoh saat reaksi menyerap energi termal dari lingkungan (reaksi endoterm), maka kebalikannya harus membebaskan kembali energi (reaksi eksoterm). Jadi dengan membalikkan reaksi pelelehan es, persamaan reaksi termokimianya adalah

   $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ ΔH = - 6,01 kJ

3) Ketika persamaan termokimia dikalikan dengan suatu faktor n, maka nilai ΔH harus disesuaikan sesuai faktor tersebut. 2 mol air (n=2), maka persamaan termokimia yang diperoleh dari proses pelelehan es adalah :

$2H_2O_{(s)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 2 \times 6{,}01$ kJ = 12, 02 kJ

4) Wujud fisis dari semua pereaksi dan produk dalam persamaan termokimia harus dituliskan. Penulisan wujud fisis dari seluruh produk dan pereaksi sangat penting untuk menentukan nilai perubahan entalpi secara akurat. Sebagai ilustrasi, perhatikan contoh persamaan termokimia reaksi pembakaran metana berikut ini:

$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H$ = -890,4kJ

Apabila uap air digunakan sebagai pengganti air cair sebagai hasil reaksi, maka persamaan termokimia akan berubah menjadi :

$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$ ΔH = -802,4 kJ

Nilai perubahan entalpi bergeser dari -890,4 kJ menjadi -802,4 kJ karena diperlukan 88,0 kJ untuk mengubah 2 mol air cair menjadi uap air, yaitu :

$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H$ = 88,0 kJ

e. Perubahan entalpi standar

Penghitungan kalor reaksi dinyatakan dalam keadaan standar, yaitu tekanan 1 atm atau konsentrasi 1 M (untuk larutan) dan suhu 25℃. Kalor reaksi standar ($\Delta H°$) merujuk pada ΔH yang terjadi selama

reaksi berlangsung dalam kondisi tersebut, dengan jumlah mol pereaksi sesuai dengan koefisien dalam persamaan reaksi. Beberapa jenis entalpi yang dapat dihitung pada kondisi standar antara lain : perubahan entalpi pembentukkan standar ($\Delta H°_f$), perubahan penguraian standar ($\Delta H°_d$), entalpi pembakaran standar ($\Delta H°_c$), entalpi pelarutan standar ($\Delta H°_s$).

1) Perubahan entalpi pembentukan standar ($\Delta H°_f$)

   Entalpi pembentukan standar merupakan besar kalor yang dibutuhkan atau dilepaskan selama proses pembentukkan 1 mol senyawa dari unsur – unsur pada keadaan paling stabil yakni keadaan standar, dalam persamaan kimia koefisien produk yang dibentuk harus satu (Lathifa & Nugroho, 2020). Menurut ketetapan internasional, nilai entalpi pembentukan standar bagi unsur – unsur dalam bentuk yang stabil (didapatkan bebas di alam) bernilai nol. Contohnya $O_{2(g)}$, $H_{2(g)}$, $C_{(grafit)}$, $Na_{(s)}$, $Hg_{(l)}$. Contoh persamaan reaksi :

   $C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightarrow CH_{4(g)} \quad \Delta H°_f$ = -74,8 kJ

2) Entalpi penguraian standar ($\Delta H°_d$)

   Entalpi penguraian standar diartikan sebagai besarnya kalor yang dibutuhkan atau dilepaskan

dalam proses penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur – unsur penyusunnya pada kondisi standar (298K, 1 atm, dan konsentrasi 1 M)(Lathifa & Nugroho, 2020). Contoh reaksi penguraian standar senyawa NaCl. Satu mol NaCl padat dapat terurai menjadi 1 mol Na padat dan $\frac{1}{2}$ mol Cl_2 gas menghasilkan kalor sebesar 411 kJ. Persamaannya sebagai berikut :

$$NaCl_{(s)} \rightarrow Na_{(s)} + \frac{1}{2} Cl_{2(g)} \quad \Delta H°_d = +411 \text{ kJ}$$

3) Entalpi pembakaran standar ($\Delta H°_c$)

Entalpi pembakaran standar merupakan perubahan energi panas yang terjadi ketika 1 mol senyawa murni dibakar secara sempurna menggunakan oksigen murni pada kondisi standar, karena proses pembakaran secara konsisten melepaskan kalor, maka nilai entalpi pembakaran selalu negatif (eksoterm). Persamaan reaksi pembakaran standar senyawa CH_4

$CH_{4(g)}+2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}+2H_2O_{(g)} \quad \Delta H°_c$=-890,3kJ

4) Entalpi pelarutan standar ($\Delta H°_s$)

Entalpi pelarutan standar merupakan jumlah kalor yang diserap atau dilepaskan selama proses

pelarutan 1 mol zat dalam kondisi standar (298K, 1 atm, dan konsentrasi 1 M) (Lathifa & Nugroho, 2020). Proses pelarutan ini melibatkan interaksi antara partikel zat terlarut dengan pelarut, yang dapat menghasilkan perubahan energi. Persamaan termokimianya ditulis sebagai berikut.

$NaCl_{(s)} \rightarrow NaCl_{(aq)} \qquad \Delta H^\circ_s = +3{,}9$ kJ

f. Penentuan perubahan entalpi reaksi

1) Penentuan ΔH reaksi berdasarkan eksperimen (kalorimeter)

Kalor reaksi dapat ditentukan melalui metode kalorimetri dengan caraa mengukur perubahan suhu pada larutan dan kalorimeter mengacu pada prinsip perpindahan kalor. Prinsip ini menyatakan bahwa kalor yang dilepaskan oleh sistem sama besar dengan kalor yang diserap oleh lingkungan atau alat kalorimeter, sejalan dengan asas kekalan energi. Kalor reaksi dapat dihitung menggunakan rumus :

$Q_{larutan} = m \times c \times \Delta T$

$Q_{kalorimeter} = C \times \Delta T$

Kalor sistem (reaksi) dapat dihitung berdasarkan besarnya kalor yang diserap oleh

lingkungan (seperti larutan dan kalorimeter), karena energi yang dilepaskan oleh sistem akan sepenuhnya diterima oleh lingkungan. Pada ΔH_{reaksi} yang diukur adalah sistem maka besarnya adalah sama dengan Q_{reaksi} namun tandanya berbeda.

$$Q_{reaksi} = (Q_{larutan} + Q_{kalorimeter})$$

$$\Delta H = \frac{-Q_{reaksi}}{mol} = \frac{-(Q_{larutan} + Q_{kalorimetr})}{mol}$$

2) Penentuan ΔH reaksi dengan hukum Hess

Hukum Hess menyatakan bahwa perubahan energi total dalam suatu reaksi hanya dipengaruhi oleh perbedaan entalpi antara reaktan dan produk, bukan oleh langkah – langkah reaksi yang diambil untuk mencapainya. Artinya, perubahan entalpi (ΔH) reaksi tidak bergantung pada jalannya reaksi namun bergantunng pada keadaan awal dan akhir reaksi (Lathifa & Nugroho, 2020).

3) Penentuan ΔH reaksi berdasarkan data perubahan entalpi

Perubahan entalpi dapat dihitung dengan jumlah ΔH penguraian pereaksi dengan jumlah ΔH pembentukan produk reaksi. Persamaannya:

$\Delta H°$reaksi = $\sum \Delta H°_d$pereaksi + $\sum \Delta H°_f$produk

Karena $\Delta H°_d = -\Delta H°_f$, maka persamaannya juga dapat ditulis :

$\Delta H°$reaksi = $\sum \Delta H°_f$produk $- \sum \Delta H°_f$pereaksi

4) Penentuan ΔH reaksi menggunakan energi ikatan rata – rata

Penentuan perubahan entalpi reaksi (ΔH) dapat menggunakan energi ikatan rata – rata didasarkan pada besarnya energi rata – rata yang dibutuhkan untuk memecah ikatan antaratom dalam suatu senyawa berwujud gas (Lathifa & Nugroho, 2020).

$$\Delta H_{reaksi} = \sum \Delta EI_{kiri} - \sum \Delta EI_{kanan}$$

B. Kajian Penelitian yang relevan

Kajian penelitian terdahulu yang relevan digunakan sebagai acuan oleh peneliti yang dapat memperkuat landasan teoritis serta memperoleh informasi yang sesuai dengan topik yang dikaji. Adapun kajian penelitian yang relevan yang digunakan sebagai berikut :

1) Sudarmo, Lesmono dan Harijanto (2018) Analisis kemampuan argumentasi ilmiah siswa SMA pada konsep termodinamika. Tes pada penelitian ini menggunakan soal argumenatif ilmiah uraian,

diterapkan untuk mengukur kemampuan argumentasi siswa dalam konsep termodinamika fisika. Berbeda dengan penelitian ini, peneliti menerapkan model PBL pada materi termokimia untuk mengetahui pengaruh model PBL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada mata pelajaran kimia.

2) Sindy, Ondi, dan Rahma (2017) melakukan penelitian pengaruh model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan menganalisis dan keterampilan berargumentasi siswa pada konsep pencemaran lingkungan di kelas X. Hasil dan penelitian ini yaitu terdapat pengaruh yang signifikan penerapan model PBL terhadap kemampuan menganalisis dan keterampilan berargumentasi siswa pada konsep pencemaran lingkungan dan terdapat hubungan antara kemampuan menganalisis dengan keterampilan berargumentasi siswa melalui model pembelajaran PBL. Berbeda dengan penelitian yang dilaksanakan, peneliti menerapkan pada materi termokimia untuk mengetahui pengaruh model PBL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada mata pelajaran kimia.

3) Ika Sakti dan Woro Setyarsih (2017) melalukan penelitian Penerapan Model Pembelajaran Argumen Driven Inquiry (ADI) untuk melatih kemampuan argumentasi ilmiah siswa pada materi usaha dan energi. Penelitian ini menggunakan komponen yang dikemukakan oleh Sampson dan Schleigh. Hasil dari penelitian ini menunjukkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa meningkat di semua indikator. Pada saat *Pre-test* siswa hanya bisa mencapai level 1 dan 2 bahkan ada beberapa siswa level dibawah 1. Setelah diberikan pembelajaran siswa dapat mencapai level 3 pada saat *post-test*. Berbeda dengan penelitian yang dilaksanakan, peneliti menerapkan model PBL pada materi termokimia untuk mengetahui pengaruh model PBL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada mata pelajaran kimia.
4) I Pande Putu Alit Antara (2022) melakukan penelitian model *Problem Based Learning* untuk meningkatkan hasil belajar kimia pada pokok bahasan termokimia. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah model PBL dapat meningkatkan hasil belajar kimia siswa pada pokok bahasan termokimia. Selain itu, model PBL dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa,

keaktifan, kreativitas, dan keterampilan memecahkan masalah. Berbeda dengan penelitian yang dilaksanakan, peneliti menerapkan model PBL pada materi termokimia untuk mengetahui pengaruh model PBL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada mata pelajaran kimia.

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa model *Problem Based Learning* dapat memengaruhi berpikir kritis serta argumentasi ilmiah pada siswa, maka peneliti akan meneiliti Pengaruh Model *Problem Based Learning* Terhadap Keterampilan Argumentasi Ilmiah Pada Siswa Dalam Materi Termokimia.

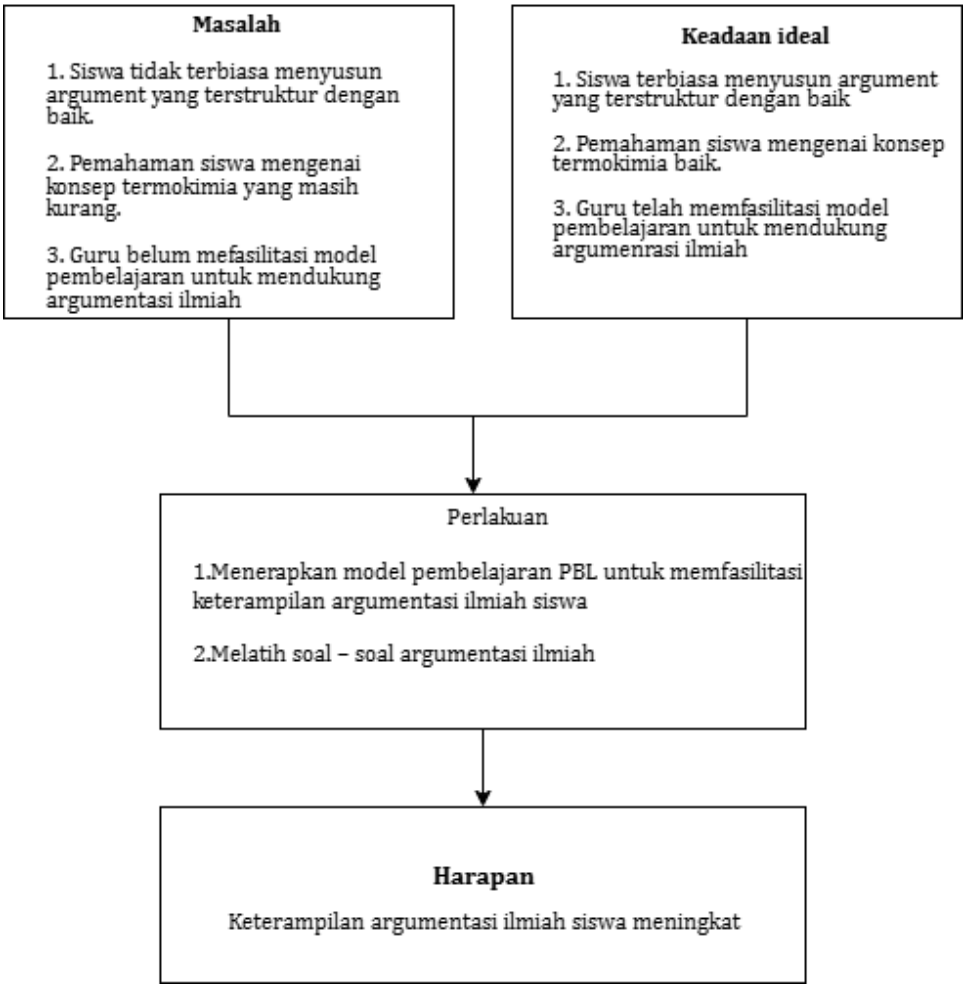
C. Kerangka Berpikir

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa dalam materi termokimia. Berdasarkan pengamatan awal di SMA 12 Semarang, ditemukan beberapa masalah terkait dengan keterampilan argumentasi ilmiah siswa. Sebagian besar siswa menemui hambatan ketika menyusun argumentasi ilmiah yang baik, strategi pengajaran yang digunakan

oleh guru, belum menyediakan ruang yang cukup bagi siswa untuk mengasah keterampilan berpikir kritis dan argumentasi ilmiah siswa.

Model PBL adalah salah satu pendekatan yang dapat mendukung perkembangan keterampilan tersebut. PBL berfokus pada penyelesaian masalah nyata, yang dapat memotivasi siswa supaya berpikir kritis dan menyusun argumentasi ilmiah berdasarkan data dan fakta yang ada. Melalui proses tersebut, siswa dilatih untuk mengembangkan keterampilan menyusun argumen yang logis, membuktikan argumen mereka dengan bukti yang valid, dan berkomunikasi secara efektif.

Kerangka berpikir merupakan hubungan antarvariabel yang ditunjukkan melalui gambaran berupa konsep(Setyawan, 2021). Kerangka ini berfungsi untuk memudahkan peneliti maupun pembaca dalam memahami alur logis penelitian. Pada penelitian, kerangka berpikir disusun sebagai berikut:



Gambar 2.2 Kerangka Berfikir

D. Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan dugaan sementara terhadap permasalahan penelitian yang masih memerlukan pembuktian (Sugiyono, 2017). Pernyataan ini bersifat asumtif dan harus divalidasi melalui data empiris yang dikumpulkan dalam proses penelitian (Dantes, 2012). Berdasarkan penjelasan tersebut, hipotesis yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah ”penerapan model PBL dapat meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada materi termokimia”.

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif, yakni suatu metode penelitian yang melibatkan pengumpulan dan analisis data numerik pada sampel tertentu dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah disusun sebelumnya. Desain penelitian yang digunakan adalah *nonequivalent control group design*. Dalam desain ini, terdapat dua kelompok diberikan *pre-test*. Salah satu kelompok kemudian diberikan perlakuan (*treatment*), sementara kelompok lainnya tidak diberikan perlakuan. Setelah perlakuan selesai, kedua kelompok diberikan *post-test* untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan yang diterapkan (Rukminingsih, 2022).

Kelompok eksperimen memperoleh perlakuan berupa penerapan model *Problem Based Learning*, sementara kelompok kontrol tidak menerima perlakuan tersebut dan tetap mengikuti kegiatan belajar seperti biasa (Priadana & Sunarsi, 2021). Skema desain penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3.1.**

Tabel 3.1 Skema desain penelitian

Kelompok	*Pre-test*	Perlakuan	*Post-test*
Eksperimen	Y_1	X	Y_2
Kontrol	Y_1	Z	Y_2

Keterangan :

Y_1 : Hasil pre test sebelum diberi perlakuan

Y_2 : Hasil post test setelah diberi perlakuan

X : Perlakuan pembelajaran *problem based learning*

Z : Perlakuan pembelajaran konvensional

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 12 Semarang yang berlokasi di Jl. Gunungpati, Plalangan, Kec. Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah, 50225. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025, yaitu dari tanggal 16 hingga 27 Mei 2025. Bedasarkan pertimbangan karakteristik sekolah yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian, terutama berkaitan dengan ciri – ciri subjek yang diteliti, maka sekolah ini dipilih sebagai tempat untuk melakukan penelitian.

C. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dapat diartikan objek/subjek yang mempunyai karakteristik dan standar tertentu yang di

generalisasi oleh peneliti untuk kemudian dianalisis dan didapatkan sebuah data sehingga diperoleh sebuah kesimpulan (Sugiyono, 2017). Populasi dalam penelitian ini yaitu seluruh siswa kelas XI di SMA 12 Semarang tahun ajaran 2024/2025 yang sedang mempelajari materi termokimia. Populasi ini dipilih karena siswa pada tingkat ini sedang berada dalam tahap pembelajaran yang relevan dengan materi termokimia.

Sampel dapat diartikan bagian dari populasi yang mempunyai karakteristik tertentu dan dijadikan sebagai sumber data pada penelitian ini. Teknik pengambilan sampel yang diterapkan yaitu *cluster random sampling*, yakni metode pemilihan sampel mengacu pada kelompok atau kelas yang telah ada dalam populasi. Dalam penelitian ini, dua kelas XI dipilih secara acak sebagai sampel, yaitu kelas X1-F3 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI-F2 sebagai kelas kontrol. Kelas eksperimen menerima pembelajaran menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL), sedangkan kelas kontrol mendapatkan pembelajaran dengan metode konvensional.

D. Definisi Operasional Variabel

Penelitian ini memfokuskan kajiannya pada dua variabel utama. Variabel bebasnya adalah penerapan model pembelajaran *problem based learning.* Sementara itu, keterampilan argumentasi ilmiah siswa sebagai variabel terikatnya.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model *Problem Based Learning* (PBL), yaitu model pembelajaran yang menekankan pada keterlibatan siswa dalam memecahkan permasalahan nyata untuk membangun pemahaman konsep secara mandiri. Pelaksanaan model PBL dalam penelitian ini dioperasionalkan melalui lima tahapan utama, yaitu : mengorientasikan siswa pada masalah, mengorganisasi siswa untuk belajar, membimbing penyelidikan mandiri maupun kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, serta menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah keterampilan argumentasi ilmiah, yaitu keterampilan siswa dalam menyusun argumen ilmiah pada materi termokimia berdasarkan *framework* Erduran.

Keterampilan ini dioperasionalkan dengan mengacu pada lima level argumentasi, yakni : Level 1 (hanya menyampaikan klaim), level 2 (menyampaikan klaim disertai alasan), level 3 (menyampaikan klaim, alasan, dan sangkalan lemah atau data mendukung), level 4 (menyampaikan klaim, alasan, dan sangkalan kuat), dan level 5 (menyampaikan klaim, alasan, dan sangkalan lebih dari dua). Data keterampilan argumentasi ilmiah diperoleh melalui tes uraian berbasis argumentasi ilmiah.

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Wawancara

Wawancara dapat diartikan sebagai bentuk komunikasi langsung antara dua individua atau lebih yang dilakukan melalui sesi tanya jawab dengan tujuan saling bertukar informasi dan pendapat, sehingga dapat tercipta pemahaman bersama mengenai suatu topik tertentu. Teknik ini digunakan dalam penelitian sebagai upaya untuk memperoleh data tambahan yang lebih mendalam terkait keterampilan argumentasi ilmiah siswa (Budiyono, 2017). Wawancara ditunjukan pada guru kimia dan satu siswa dari kelas yang mempelajari materi kimia.

2. Dokumentasi

Peneliti menerapkan metode studi dokumentasi sebagai teknik pengumpulan data, yaitu dengan menelusuri berbagai dokumen yang relevan dengan kebutuhan penelitian. Data yang dikumpulkan mencakup nilai hasil pembelajaran kimia siswa kelas XI-F3 dan XI-F2, dokumentasi foto kegiatan pembelajaran, serta berbagai dokumen pendukung lain yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian ini.

3. Tes

Teknik tes diterapkan dengan memberikan *pre-test* sebelum, dan *post-test* setelah pelaksanaan model pembelajaran *Problem Based Learning*. Tes ini bertujuan untuk menilai keterampilan argumentasi ilmiah siswa melalui enam butir soal berbentuk uraian. Tes dalam penelitian ini mencakup tes *essay* yang disesuaikan dengan level argumentasi menurut Erduran.

F. Instrumen Pengumpulan Data

1. Lembar Wawancara

Lembar wawancara adalah pedoman atau daftar pertanyaan yang disusun untuk memperoleh data

melalui teknik tanya jawab langsung antara peneliti dengan responden atau informan. Lembar wawancara berisi pertanyaan – pertanyaan yang telah dirancang sesuai dengan fokus penelitian. Pertanyaan dapat bersifat terbuka maupun tertutup. Lembar ini berguna sebagai panduan agar proses wawancara berjalan sistematis dan fokus pada tujuan yang ingin dicapai (Sugiyono, 2017).

2. Soal Tes Argumentasi Ilmiah

Suatu alat pengumpulan data yang mengharuskan subjek penelitian menjawab sejumlah pertanyaan maupun pertanyaan tertentu disebut dengan tes (Sugiyono, 2017). Tes ini digunakan sebagai alat ukur keterampilan argumentasi ilmiah siswa. Tes yang digunakan berbentuk soal *essay* yang berkaitan dengan materi termokimia. Tes ini dirancang untuk menggali kemampuan siswa dalam menyusun klaim, alasan, data pendukung, sangkalan lemah dan kuat yang merujuk pada indikator argumentasi yang disusun oleh Erduran. Pelaksanaan tes dilakukan pada saat *pre-test* dan *post-test* untuk kedua kelompok, yaitu eksperimen dan kontrol.

F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian

1. Uji Validitas

Validitas adalah alat ukur yang digunakan dalam pengujian untuk menentukan valid tidaknya suatu instrumen (Sugiyono, 2017). Kriteria penelaahan validitas konstruk diperiksa melalui penilaian para ahli untuk menilai kesesuaian soal dengan materi pokok, kesesuaian butir soal dengan kisi – kisi, alternatif kunci jawaban sudah benar, bahasa dan susunan kalimat yang digunakan tidak membingungkan siswa. Perhitungan validitas konstruk menggunakan rumus *Gregory* dengan ketentuan sebagai berikut :

1) Dosen validator dipercaya untuk menilai instrumen memberikan penilaian per butir menggunakan skala 1 – 4
2) Skala tersebut dikelompokkan dengan skor 1-2 dianggap kurang relevan dan 3-4 dianggap relevan
3) Penilaian oleh validator ditampilkan dalam bentuk matriks data tabulasi nilai pakar.

Matriks Data Tabulasi Nilai Pakar

Matriks 2×2		**Penilaian Ahli I**	
		Kurang relevan (skor 1-2)	Sangat relevan (3-4)
Penilaian Ahli 2	Kurang relevan (skor 1-2)	A	B
	Sangat relevan (3-4)	C	D

Rumus validitas isi :

$$\text{Validitas isi} : \frac{D}{(A+B+C+D)}$$

Keterangan

A : Sel yang menunjukkan ketidaksetujuan antara kedua penilai.

B dan C : Sel yang menunjukkan perbedaan pandangan antara penilai pertama dan kedua, penilai pertama setuju (sangat relevan), penilai kedua tidak setuju (kurang relevan), atau sebaliknya.

D : Sel yang menunjukkan persetujuan yang valid antara kedua penilai.

Koefisien dari 0,0 sampai dengan 1,0 dengan kriteria yang disajikan pada **Tabel 3.2** :

Tabel 3.2 Kriteria Gregory

Nilai	Kriteria
0,9 – 1,0	Sangat tinggi
0,6 – 0,89	Tinggi
0,4 – 0,59	Sedang
0,2 – 0,39	Rendah
0,0 – 0,19	Sangat rendah

(Gregory, 2015)

Validitas empiris dilakukan dengan mengujicobakan instrumen soal kepada siswa yang telah menyelesaikan materi termokimia. Uji validitas empiris bertujuan untuk mengetahui kevalidan masing – masing butir soal secara statistik, sehingga diperlukan pengolahan data menggunakan aplikasi SPSS (Fauzi, 2023).

Kevalidan tiap butir soal ditentukan dengan membandingkan nilai r-hitung dan r-tabel pada taraf signifikansi 5% (α = 0,05), menggunakan rumus *product moment pearson.* Butir soal dinyatakan valid apabila nilai r hitung > r tabel. Nilai r-hitung diperoleh dari kkolom *corrected item-total correlation* dalam *output* SPSS dan selanjutnya dibandingkan nilai r-tabel

yang disesuaikan dengan jumlah responden (N) dan taraf signifikansi yang digunakan (Fauzi, 2023).

2. Uji Reliabilitas

Reliabilitas merujuk pada sejauh mana suatu tes dapat menunjukkan hasil pengukuran yang konsisten, yang tercermin dari tingkat akurasi dan ketelitiannya. Sebuah instrumen dinyatakan reliabel apabila data yang dihasilkan menunjukkan konsistensi, sehingga memungkinkan untuk dianggap dapat dipercaya (Sugiyono, 2017). Penelitian ini, dilakukan uji reliabilitas dengan menggunakan metode *cronbach's alpha*, yang merupakan salah satu teknik paling umum untuk mengukur konsistensi internal suatu instrumen. Analisis ini dilakukan melalui bantuan perangkat lunak SPSS (Fauzi, 2023).

Langkah – Langkah untuk melakukan uji reliabilitas *cronbach's alpha* menggunakan SPSS adalah buka menu *analyze*, lalu pilih *scale*, dan klik *reliability analysis*. Pindahkan semua label ke kotak item menggunakan tanda panah. Klik tombol *statistics,* lalu centang pilihan item, *scale*, dan *scale if item deleted* pada submenu *descriptives for*. Klik *continue,* kemudian klik *ok* untuk menjalankan analisis (Fauzi, 2023).

Hasil uji reliabilitas akan ditampilkan dalam bentuk nilai *cronbach's alpha,* yang berada pada rentang antara 0,00 hingga 1,00. Nilai ini menunjukkan tingkat konsistensi internal dari keseluruhan item. Kriteria pengambilan keputusan dalam uji reliabilitas adalah jika nilai *cronbach's alpha* ≥ 0,70, maka instrumen dianggap reliabel. Sedangkan jika nilai *cronbach's alpha* < 0,70, maka instrumen dinyatakan tidak reliabel. Klasifikasi interpretasi data dapay disesuaikan dengan skala indeks reliabilitas *cronbach* pada **Tabel 3.3.**

Tabel 3.3 Skala Indeks Reliabilitas Cronbach

Nilai	Klasifikasi
1	*Perfect reliability*
$\boldsymbol{\alpha \geq 0,90}$	*Excellent reliability*
$\boldsymbol{0,80 \leq \alpha < 0,89}$	*Good reliability*
$\boldsymbol{0,70 \leq \alpha < 0,79}$	*Acceptable reliability*
$\boldsymbol{0,60} \leq \boldsymbol{\alpha} < 0,69$	*Questionable reliability*
$\boldsymbol{0,50} \leq \boldsymbol{\alpha} < 0,59$	*Poor reliability*
$\boldsymbol{\alpha} < 0,49$	*Unacceptable reliability*

(Fauzi, 2023)

Semakin tinggi nilai *cronbach's alpha* yang diperoleh, maka semakin tinggi pula tingkat keandalan instrumen. Nilai di atas 0,90 menunjukkan bahwa instrumen memiliki reliabilitas yang sangat tinggi. Sebaliknya, nilai di bawah 0,60 menunjukkan

reliabilitas yang rendah, yang mengindikasikan bahwa item – item dalam instrumen tersebut tidak konsisten dan kurang dapat diandalkan untuk mengukur konstruk yang dimaksud (Fauzi, 2023).

3. Uji Tingkat Kesukaran

Soal dianalisis dengan menggunakan perhitungan tingkat kesukaran dengan tujuan mengelompokkan setiap butir soal ke dalam kategori mudah, sedang, atau sulit. Pengelompokkan ini bertujuan agar soal yang digunakan dapat mewakili berbagai tingkat kemampuan siswa secara proporsional. Analisis ini juga dilakukan untuk memastikan bahwa tingkat kesulitan soal selaras dengan kemampuan siswa. Berikut rumus untuk menghitung tingkat kesukaran soal *essay* (Arifin, 2016).

$$\text{TK} = \frac{mean}{skor\ maksimum}$$

Keterangan :

TK : Tingkat kesukaran

Mean : Skor rata - rata

Skor maksimum : Skor terbesar yang terdapat pada panduan penskoran

Tabel 3.4 Kriteria Kesukaran Soal

Nilai *P*	Klasifikasi
0,00 < P ≤ 0,30	sukar
0,30 < *P* ≤ 0,70	sedang
P ≥ 0,70	mudah

(Arifin, 2016)

4. Uji Daya Beda Soal

Daya beda soal didefinisikan sebagai indeks deskriminasi soal yang menunjukkan sejauh mana soal membedakan tingkat kemampuan siswa. Soal dengan daya pembeda yang tinggi mampu mengidentifikasi perbedaan kemampuan siswa secara akurat. Nilai daya pembeda ini dapat diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus yang disajikan sebagai berikut (Arifin, 2016).

$$D = \frac{\bar{X}_a - \bar{X}_b}{SMI}$$

Keterangan :

D : Daya Pembeda

$\bar{X}_a$: *Mean* skor jawaban kelompok atas

$\bar{X}_b$: *Mean* skor jawaban kelompok bawah

SMI : Skor maksimum ideal

Tabel 3.5 Kriteria Daya Beda Soal

Nilai D	Kriteria
0,00 – 0,20	Lemah
0,21 – 0,40	Sedang
0,41 – 0,70	Kuat
0,71 – 1,00	Sangat Kuat

(Arifin, 2016)

G. Teknik Analisis Data

1. Uji Prasyarat

a. Uji Normalitas

Tujuan dari uji normalitas adalah mengetahui data dalam penelitian berdistribusi normal atau tidak. Penelitian ini menggunakan uji *Shapiro – Wilk* dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05. Data dianalisis dengan bantuan aplikasi SPSS versi 26. Langkah – Langkah untuk melakukan uji *Shapiro – Wilk* diawali dengan menginput data variable yang akan dianalisis dengan memilih menu *analyze,* lalu, *descriptive statistics,* dan klik *explore*. Hasil pengujian normalitas dapat dilihat melalui nilai signifikansi pada kolom *Shapiro – wilk*. Jika nilai signifikansi (sig) > 0,05 berarti data berasal dari populasi yang terdistribusi secara normal. Jika nilai sig < 0,05 menunjukkan bahwa data

berasal dari populasi yang tidak terdistribusi secara normal (Fauzi, 2023).

b. Uji Homogenitas

Tujuan dari uji homogenitas yaitu memastikan sampel yang digunakan berasal dari populasi yang memiliki variasi yang sama (homogen). Pengujian pada penelitian ini menggunakan *Levene Statistic* dengan bantuan *software* SPSS versi 26. Langkah – langkah melakukan uji homogenitas dengan *levene's test* adalah buka aplikasi SPSS dab masukkan data nilai yang telah disiapkan, klik menu *analyze,* kemudian pilih *descriptive statistics,* lalu pilih *explore,* pindahkan variable kelas ke dalam kotak *factor list,* dan variable nilai ke dalam *dependent list,* klik tombol *plots,* lalu centang pilihan *power estimation,* klik *continue,* kemudian klik *ok.* Interpretasi hasil pengolahan data didasarkan pada nilai signifikasi (sig) : jika sig > 0,05 maka data dianggap homogen, sebaliknya jika nilai sig < 0,05 maka data, tidak homogen (Fauzi, 2023).

2. Uji Hipotesis

a. Uji *Independent Sample t – Test*

Uji *T-test* diartikan sebagai salah satu teknik uji statistik yang bertujuan untuk menentukan apakah

terdapat perbedaan signifikan antara rata – rata dua kelompok data (Sugiyono, 2017). Jenis uji yang digunakan adalah *Independent Sample t-Test* yang berfungsi untuk membandingkan nilai rata-rata antara dua kelompok yang tidak saling bergantung, seperti antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Syarat uji ini adalah data harus terdistribusi normal. Uji hipotesis ini dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS (Fauzi, 2023).

Langkah – langkah menggunakan uji *independent sample t-test* adalah buka applikasi SPSS lalu masukan data yang akan diuji, klik *analyze,* klik *compare means,* lalu pilih *independent-samples t-test*, kemudian pindahkan label skor ke kotak *test variable* dan label kelompok ke *grouping variable*, kemudian klik *define groups,* klik *continue,* terakhir klik *ok* (Fauzi, 2023).

3. Uji *Effect Size*

Effect Size adalah metode yang digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas suatu model pembelajaran atau dapat diartikan sebagai indikator besarnya pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya. Ukuran ini menggambarkan perbedaan atau hubungan antarvariabel yang tidak dipengaruhi oleh

jumlah sampel yang digunakan (Santoso, 2019). Penelitian ini digunakan rumus cohen, yang dapat menggambarkan besar kecilnya pengaruh dalam suatu standar deviasi. Besarnya *effect size* dapat ditentukan menggunakan rumus *Cohen's d* :

$$d = \frac{M_e - M_k}{SD_{pooled}}$$

Keterangan :

M_e : Mean (rata-rata) kelompok eksperimen

M_k : Mean (rata-rata) kelompok kontrol

SD_{pooled} : Standar deviasi gabungan

Rumus standar devisiasi gabungan :

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{{SD_e}^2 - {SD_k}^2}{2}}$$

Keterangan :

SD_e = Standar deviasi kelompok eksperimen

SD_k = Standar deviasi kelompok control

Besarnya *effect size* (d) yang telah dihitung, selanjutnya diinterpretasikan yang mengacu pada kategori yang tercantum pada **Tabel 3.6.** Tabel tersebut menguraikan batasan nilai *effect size* untuk menentukan apakah efek yang dihasilkan tergolong rendah, sedang atau tinggi.

Tabel 3.6 kategori *Effect size*

Cohen's Standard	**Effect size**	**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
	1,2	88
	1,1	86
	1,0	84
	0,9	82
	0,8	79
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*., 2007)

BAB IV
PEMBAHASAN

A. Deskripsi Hasil Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kuantitatif yang menerapkan metode eksperimen semu (*quasi-esperimental).* Penelitian dilakukan di SMA 12 Semarang. Populasi penelitian adalah siswa kelas XI IPA Tahun Ajaran 2024/2025. Penelitian ini mengambil dua kelas sebagai sampel, yaitu setiap kelas, yakni XI-F2 dan XI-F3, terdiri dari 32 siswa. Total keseluruhan sampel dalam penelitian ini adalah 64 siswa.

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu *nonequivalent control group design*. Desain ini, terdapat dua kelompok perlakuan yaitu kelas kontrol dan kelas eksperimen. Pada penelitian ini, kelas XI-F3 ditetapkan sebagai kelas eksperimen, sedangkan kelas XI-F2 ditetapkan sebagai kelas kontrol. Kelas eksperimen diterapkan model pembelajaran PBL, sementara kelas kontrol diterapkan pembelajaran konvensional. Argumentasi ilmiah siswa dari kedua kelas dievaluasi melalui pemberian *pre-test* dan *post-test* dengan instrumen yang sama pada materi termokimia.

1. Tahap Awal

Tahap awal dalam penelitian ini yaitu melakukan pra-riset. Pra-riset dilakukan pada tanggal 9 Oktober 2024 di SMA Negeri 12 Semarang. Pra-riset dilakukan dengan wawancara secara langsung dengan guru kimia dan siswa kelas XII. Bedasarkan hasil wawancara terdapat beberapa permasalahan dalam pembelajaran kimia seperti, keterampilan argumentasi ilmiah siswa masih tergolong rendah terlihat dari siswa tidak terbiasa menyusun argumen yang terstruktur dengan baik, pemahaman siswa mengenai konsep termokimia yang masih rendah, siswa cenderung membaca materi saat presentasi tanpa memberikan penjelasan yang berasal dari pemahaman siswa itu sendiri. saat menjawab pertanyaan, guru belum memfasilitasi model pembelajaran yang mendukung keterampilan argumentasi ilmiah siswa, siswa cenderung mengutip informasi dari sumber yang kurang valid.

Argumentasi ilmiah dalam pembelajaran sains diperlukan untuk menjelaskan fenomena alam dengan data yang valid. Keterampilan ini penting dalam pengambilan Keputusan yang rasional (Faiqoh *et al*., 2020). Argumentasi ilmiah membantu siswa dalam

mengevaluasi informasi secara kritis. Di era digital, keterampilan memilah informasi yang valid diperlukan. Siswa perlu dilatih menyusun argumen yang terstuktur dan logis. Oleh karena itu, pelatihan dalam argumentasi ilmiah menjadi sangat penting (Probosari *et al*., 2016).

Tanpa pelatihan yang tepat, siswa menyusun argumentasi yang logis. Siswa cenderung menghafal konsep tanpa memahami cara memperoleh ilmu tersebut. Arkibatnya, siswa kurang mampu menjelaskan data dan mendukung klaim secara valid (Roja *et al*., 2020). Oleh sebab itu, dibutuhkan penerapan pembelajaran yang tidak hanya memfasilitasi transfer pengetahuan, namun juga dapat melatih siswa menyusun argumentasi ilmiah yang logis. Salah satu model yang mampu melatih siswa menyusun argumentasi ilmiah adalah *Problem Based Learning* (PBL).

PBL merupakan model pembelajaran yang berorientasi pada aktivitas dan kebutuhan siswa, yang dirancang untuk memberikan ruang kepada siswa dalam mengembangkan keterampilan dalam menggunakan dan menerapkan hubungan sebab

akibat dalam konteks masalah (Wibawa, 2019). PBL salah satu metode alternatif yang tepat dalam proses pembelajaran. Model ini dapat meningkatkan keterlibatan siswa berpartisipasi aktif dalam menghadapi persoalan kontekstual, serta mampu meninngkatkan keterampilan berpikir kritis dan argumentasi ilmiah sesuai dengan tuntutan capaian pembelajaran (Aprina *et al*., 2024).

Penelitian ini menggunakan modul ajar sebagai bahan ajar, lembar kerja siswa, serta instrumen argumentasi. Bahan ajar seperti modul ajar dan lembar kerja siswa dapat digunakan untuk penelitian setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing dengan revisi. Modul ajar penelitian ini dilampirkan pada **Lampiran 2** serta lembar kerja siswa dilampirkan pada **Lampiran 3.**

Instrumen yang digunakan adalah instrumen tes argumentasi ilmiah pada materi termokimia. Instrumen dapat digunakan setelah melalui beberapa tahap. Pertama, menentukan materi yang diteliti yaitu termokimia. Kedua, menyusun kisi – kisi instrumen tes disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang berada dimodul dan level argumentasi ilmiah menurut

erduran dan didapatkan 6 butir soal yang telah disesuaikan dengan tujuan pembelajaran dengan per butir soal ada 5 pertanyaan yang disesuaikan dengan 5 level argumentasi menurut Erduran (2004) disajikan pada **Lampiran 4**. Ketiga memvalidasikan instrumen tes kepada validator ahli.

Uji validitas oleh ahli dianalisis dengan menggunakan uji *Gregory.* Perhitungan dengan uji *Gregory* terdapat pada **Lampiran 7** dan hasil validasi ahli yang disajikan dalam **Lampiran 6**. Bedasarkan hasil perhitungan dengan rumus *Gregory* didapatkan nilai 1,0. Menurut kategori *Gregory* (2015), nilai tersebut termasuk dalam validitas sangat tinggi. Oleh karena itu, seluruh soal dianggap layak untuk digunakan.

Tahap setelah melalui validasi ahli adalah menguji validasi konstruk dan empirik dengan uji coba soal. Instrumen tes *essay* berjumlah 6 soal diujicobakan kepada siswa kelas XI F4 SMA Negeri 12 Semarang sebanyak 32 siswa yang telah mempelajari materi termokimia. Data siswa uji coba disajikan pada **Lampiran 7**. Analisis data hasil uji coba instrumen dilakukan secara menyeluruh untuk mengetahui

kualitas butir soal yang telah disusun. Proses analisis ini mencakup beberapa tahapan perhitungan, yaitu perhitungan nilai validitas, reliabilitas, dan tingkat kesukaran.

Perhitungan validitas pada penelitian ini menggunakan SPSS. Hasil tes uji coba 32 responden kelas XI F4 mengacu pada taraf signifikansi 5% diperoleh r-tabel 0,349. Selanjutnya hasil r-hitung dibandingkan dengan nilai r-tabel, jika r-hitung>r-tabel, maka instrumen dikatakan valid. Berdasarkan perhitungan validitas pada **Lampiran 8**, diperoleh hasil pada **Tabel 4.1** berikut :

Tabel 4.1 Hasil Validitas Uji Coba

No Soal	Skor Validitas	Kesimpulan
1	0,396	VALID
2	0,364	VALID
3	0,438	VALID
4	0,418	VALID
5	0,534	VALID
6	0,486	VALID

Berdasarkan **Tabel 4.1**, keenam butir soal yang diuji memiliki skor validitas yang semuanya berada dalam rentang yang diterima. Dengan demikian, seluruh butir soal terbukti valid dan sesuai untuk digunakan untuk

mengukur keterampilan argumentasi ilmiah siswa dalam materi termokimia.

Instrumen yang telah divalidasi kemudian diuji reliabilitasnya untuk menunjuk seberapa konsisten instrumen dapat diandalkan. Reliabilitas diukur menggunakan SPSS dengan *cronbach's alpha.* Hasil perhitungan terlampir pada **Lampiran 9** dengan nilai *cronbach alpha* sebesar 0,696 dengan interpretasi *questionable reliability* atau dapat dikatakan reliabel.

Uji tingkat kesukaran digunakan untuk mengkategorikan soal tergolong mudah, sedang maupun sukar. Pada analisis ini dilakukan berdasarkan setiap pertanyaan yang ada. Berdasarkan perhitungan yang disajikan pada **Lampiran 9** dapat disajikan pada **Tabel 4.2.** Analisis ini bertujuan memastikan bahwa soal yang digunakan memiliki tingkat kesulitan yang seimbang.

Tabel 4.2 Hasil Tingkat Kesukaran Uji Coba

Nomor Soal	Tingkat Kesukaran
1a, 1b, 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, 4a, 4b, 4c, 5a, 5b, 5c, 6a, 6b	Mudah
1c, 2d, 3c, 3d, 3e, 4d, 4e, 5d, 5e, 6c	Sedang
1d, 1e, 2e, 6d, 6e	Sukar

Distribusi Tingkat kesukaran ini menunjukkan bahwa dari 30 butir pertanyaan yang dianalisis, terdapat 15 soal termasuk kategori mudah, 10 soal berada pada kategori sedang, dan 5 soal tergolong sukar. Instrumen memiliki variasi soal yang seimbang, sehingga mampu mengukur kemampuan siswa dengan berbagai Tingkat pemahaman. Keberagaman ini penting untuk memastikan bahwa instrumen tidak hanya cocok untuk siswa dengan kemampuan tinggi, tetapi juga relevan bagi siswa dengan kemampuan sedang hingga rendah.

Daya beda soal merupakan indikator yang menggambarkan sejauh mana suatu butir soal mampu membedakan siswa yang memiliki tingkat kemampuan tinggi dan rendah. Semakin tinggi nilai daya beda, semakin baik kemampuan soal tersebut dalam mengidentifikasi perbedaan tingkat penguasaan materi antarsiswa. Dengan demikian, butir soal yang digunakan dapat memberikan gambaran akurat mengenai pencapaian yang dikukur. Hasil analisis daya beda soal disajikan pada **Tabel 4.3.**

Tabel 4.3 Hasil Daya Beda Soal Uji Coba

No Soal	Skor Daya Beda	Keterangan
1	0,21	Sedang
2	0,15	Lemah
3	0,12	Lemah
4	0,19	Lemah
5	0,28	Sedang
6	0,46	Kuat

Bedasarkan hasil perhitungan, skor daya beda soal pada instrumen menunjukkan variasi kualitas yang beragam. Soal nomor 6 memiliki skor daya beda yang termasuk kategori kuat, artinya butir soal ini mampu dengan baik membedakan siswa berkemampuan tinggi dan rendah. Soal nomor 1 dan 5, beada pada keterangan sedang. Hal ini menandakan bahwa keduanya masih cukup efektif digunakan. Soal nomor 2, 3 dan 4 tergolong lemah dalam membedakan kemampuan siswa. Kondisi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti redaksi soal yang kurang jelas atau tingkat kesukaran yang terlalu mudah atau terlalu sulit.

Bedasarkan hasil uji validitas dan reliabilitas terhadap 6 butir soal yang telah disusun dan diujicobakan serta hasil tingkat kesukaran terhadap setiap pertanyaan dari ke enam butir soal yang

jumlahnya 30 pertanyaan, diperoleh bawa ke enam soal tersebut memiliki validitas dan reliabilitas yang layak serta dari 30 pertanyaan memiliki variasi tingkat kesukaran yang seimbang. Demikian, penelitian ini secara selektif memilih 6 soal dengan 5 pertanyaan setiap soalnya.

2. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Penelitian mulai dilaksanakan Senin, 16 Mei 2025 hingga 27 Mei 2025 di SMA Negeri 12 Semarang. Sampel penelitian menggunakan teknik *cluster random sampling.* Teknik *cluster random sampling* yaitu sa;ah satu teknik pengambilan sampel dalam penelitian, di mana populasi yang besar dibagi menjadi beberapa kelompik (*cluster*) yang memiliki karakteristik heterogen didalamnya namun relatif homogen antar-*cluster.* Setelah itu, *cluster-cluster* tersebut dipilih secara acak untuk dijadikan sampel penelitian (Sugiyono, 2017).

a. Perlakuan Kelas Eksperimen dan Kontrol

Penelitian ini menggunakan kelas XI-F3 dan XI-F2 sebagai kelas eksperimen dan kelas kontrol, kedua kelas tersebut diberikan 6 butir pertanyaan yang sama untuk *pre-test* dan *post-test* namun

dengan metode pembelajaran yang berbeda. Kelas XI-F2 sebagai kelas kontrol diberikan model pembelajaran konvensional sedangkan kelas XI-F3 sebagai kelas eksperimen diberikan model pembelajaran PBL (*Problem Based Learning*). Berikut tahapan model PBL yang digunakan dalam penelitian.

1) Orientasi siswa terhadap masalah
2) Mengorganisasikan siswa untuk belajar
3) Membimbing penyelidikan kelompok
4) Mengembangkan dan menyajikan hasil karya
5) Menganalisis dan mengevaluasi pemecahan masalah

b. Hasil Data *Pre-test* dan *Post-test*

Data hasil *pre-test* dari siswa pada kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan secara lengkap pada **Lampiran 9.** Penyajian data ini bertujuan untuk memberikan gambaran awal mengenai kemampuan awal siswa sebelum diberikan perlakuan pembelajaran, sehingga dapat diketahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok pada kondisi awal. Pengskoran tes argumentasi ilmiah disesuaikan juga dengan

tingkat level. Satu nomor memiliki skor maksimal 15 jadi jumlah skor maksimal tes argumentasi ilmiah adalah 90. Hasil perhitungan data *pre-test* disajikan pada **Tabel 4.4** berikut.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Pre-test* Kelas Kontrol dan Eksperimen

	Kontrol	**Eksperimen**
N	32	32
Min	12	12
Max	57	45
Mean	33,063	24,906
Median	32,5	23,5
Modus	31	21
Standar Deviasi	10,463	7,319

Data hasil *post-test* siswa dari kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan secara rinci dalam **Lampiran 9**. Penyajian data ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai hasil akhir pembelajaran setelah perlakuan diberikan. Data perhitungan hasil *post-test* disajikan pada **Tabel 4.5.** Melalui penyajian ini, dapat dilakukan perbandingan capaian antara kedua kelas untuk melihat pengaruh penerapan model pembelajaran yang digunakan.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Post-test* Kelas Kontrol dan Eksperimen

	Kontrol	Eksperimen
N	32	32
Min	48	48
Max	59	80
Mean	53,469	67,156
Median	53	68,5
Modus	53	67
Standar Deviasi	2,770	9,267

c. Uji Prasyarat

Data hasil *post-test* diuji normalitas dan homogenitas. Uji normalitas dan homogenitas tersebut digunakan sebagai uji prasyarat sebelum masuk uji hipotesis dengan parametrik atau non parametrik. Penelitian ini menguji normalitas menggunakan aplikasi SPSS *Shapiro-wilk* dikarenakan jumlah sampel kurang dari 50 (Fauzi, 2023). Hasil uji normalitas disajikan dalam **Tabel 4.6.**

Tabel 4.6 Hasil Uji Normalitas *Post-test*

Kelas	Nilai Sig.	Keterangan
Eksperimen	0,107	Normal
Kontrol	0,905	Normal

Berdasarkan hasil uji normalitas *post-test* yang disajikan pada **Tabel 4.6** diperoleh nilai signifikansi pada kelas eksperimen 0,107 dan pada kelas kontrol

sebesar 0,905. Kedua nilai tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data *post-test* pada kedua kelas terdistribusi normal. Dengan demikian, salah satu asumsi untuk melakukan uji parametrik telah terpenuhi pada tahap ini.

Selanjutnya data skor *post-test* juga diuji homogenitas. Uji homogenitas yang digunakan adalah uji *levene's test*. Hasil uji homogenitas menunjukkah bahwa niliai sig. adalah 0,076 yang lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa varians data *post-test* pada kelas kontrol dan kelas eksperimen adalah homogen, sehingga asumsi homogenitas terpenuhi dan analisis dapat dilanjutkan menggunakan uji parametrik yang sesuai.

d. Hasil Uji Hipotesis

Uji hipotesis penelitian ini menggunakan uji parametrik *independent t-test.* Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengetahui rata – rata nilai *post-test* dari data kelas eksperimen maupun kelas kontrol, sehingga hipotesis penelitian dapat terjawab. Pengujian hipotesis menggunakan aplikasi SPSS. Pengujian dengan *independent sample t-test*

dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *post-test* siswa. Hipotesis statistik pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

H_0 : Tidak terdapat perbedaan keterampilan argumentasi ilmiah antara siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model PBL dan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional

H_a : Terdapat perbedaan keterampilan argumentasi ilmiah antara siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model PBL dan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

Kriteria pengujian pada penelitian ini ditetapkan dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0,05 yang berarti tingkat kesalahan maksimal yang masih dapat diterima dalam pengambilan Keputusan adalah 5%. Dengan kriteria ini, Keputusan pengujian adalah menolak H_0 jika nilai Sig. (2-tailed) $\leq$ 0,05, yang menunjukkan bahwa perbedaan yang ditemukan pada data memiliki kemungkinan kesalahan yang sangat kecil dan dapat

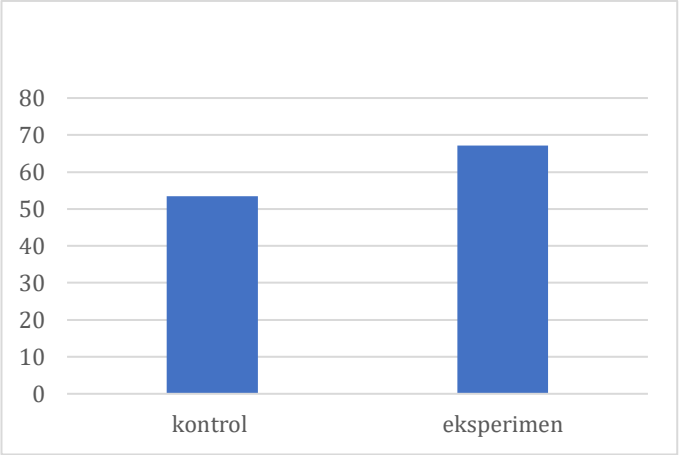
dianggap signifikan secara statistik. Sebaliknya, jika nilai Sig. (2-tailed) > 0,05 maka H_0 diterima, yang berarti tidak terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok. Penerapan kriteria ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh dari uji statistik mencerminkan perbedaan yang disebabkan oleh perlakuan pembelajaran

Bedasarkan hasil uji *independent sample t – test* diperoleh nilai signifikansi (Sig.2 – tailed) sebesar 0,000 yang berada dibawah angka 0,50 yang berarti H_0 ditolak dan H_a diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *post-test* kedua kelas.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat perbedaan yang antara hasil keterampilan argumentasi ilmiah siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model PBL dibandingkan dengan yang mengikuti pembelajaran konvensional.

e. Hasil Uji *Effect size*

Pengujian *effect size* digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perlakuan yang diberikan terhadap variabel yang diteliti. Uji ini dilakukan untuk memberikan gambaran tambahan yang lebih komprehensif mengenai dampak perlakuan yang diterapkan. Dalam penelitian ini, *effect size* dihitung menggunakan rumus *Cohen's d* untuk membandingkan perbedaan rata-rata antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Disajikan pada **Gambar 4.1** berikut



Gambar 4.1 Grafik Skor *Post-test* Kelas Kontrol dan Eksperimen

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.1** diperoleh hasil uji *effect size cohen's d* adalah 1,15. Menurut Cohen, ukuran efek dengan nilai d $\geq$ 0,8 sudah termasuk kategori tinggi, maka ukuran efek yang diperoleh dalam penelitian ini mengindikasi bahwa model PBL memberikan dampak dengan kategori tinggi terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa.

B. Pembahasan

Argumentasi ilmiah merupakan suatu proses berpikir kritis yang digunakan untuk membangun, mengevaluasi, dan mempertahankan klaim berdasarkan bukti dan penalaran yang logis. Dalam konteks pendidikan sains, keterampilan ini sangat penting karena memungkinkan siswa untuk mengaitkan konsep-konsep ilmiah dengan fenomena nyata, serta menilai keabsahan informasi secara rasional.

Kualitas argumentasi siswa dapat diukur dengan kerangka kerja yang diperkenalkan oleh Erduran dan Osborne yaitu framework tingkat argumentasi ilmiah. Kerangka ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan siswa dalam menyusun argumentasi

(Erduran *et al*., 2004). Berikut adalah level – level tersebut :

a. Level 1 : Argumentasi hanya berupa klaim tanpa didukung oleh bukti atau alasan logis.
b. Level 2 : Argumentasi terdiri atas klaim yang disertai dengan bukti, alasan, atau dukungan tetapi tidak mengandung sangkalan
c. Level 3 : Argumentasi dengan serangkaian klaim atau klaim berlawanan dengan data, alasan, atau dukungan dengan sangkalan yang lemah yang kadang – kadang terjadi
d. Level 4 : Argumentasi dengan serangkaian klaim dengan sangkalan yang dapat diidentifikasi secara jelas. Argumentasi ini mungkin memiliki beberapa klaim dan klaim berlawanan.
e. Level 5 : Menampilkan argumentasi yang lebih dari satu sangkalan.

PBL salah satu metode alternatif yang tepat dalam proses pembelajaran. Model ini dapat meningkatkan keterlibatan siswa secara aktif dalam menyelesaikan masalah nyata, serta dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan argumentasi ilmiah sesuai dengan tuntutan capaian pembelajaran (Aprina

et al., 2024). Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh model PBL terhadap argumentasi ilmiah siswa. Pengaruh model pembelajaran PBL terhadap argumentasi ilmiah siswa dilakukan dengan membandingkan kelas kontrol dan kelas eksperimen yang kemudian dianalisis pengaruhnya menggunakan uji *independent sample t-tesr* dan uji *effect size*.

Kegiatan pembelajaran termokimia dengan pembelajaran model PBL dilaksanakan sebanyak 2 kali pertemuan. Pelaksanaan model pembelajaran PBL didukung dengan LKPD (Lembar Kerja Siswa) yang mana didalamnya mencakup setiap fase dalam penerapan model PBL. Menurut Arends pembelajaran dengan model PBL me miliki lima langkah yakni :

1) Orientasi terhadap masalah

   Langkah awal orientasi terhadap masalah berfungsi untuk membangkitkan rasa ingin tahu dan memicu keterlibatkan aktif siswa dalam situasi pembelajaran. Tahap inni siswa berbicara melalui tanya jawab mengenai masalah nyata, yang efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (Sari *et al*., 2021). Tanya jawab ini

memfasilitasi siswa untuk menggali pemahaman awal serta mempersiapkan diri mengaitkan pengetahuan sebelumnya dengan permasalahan baru.

Konteks pembelajaran kimia khususnya materi termokimia, tahap orientasi ini dapat diwujudkan melalui pertanyaan seperti "pernahkah kalian berfikir jika ada sebuah sistem yang dinyatakan tertutup bisa menjadi terbuka? Apa yang menjadi faktor yang memengaruhi sistem tersebut menjadi terbuka? Atau menurut kalian hal tersebut mustahil karna pernyataan tersebut sudah mengatakan bahwa sistem tertutup?". Proses ini menggugah siswa untuk mengidentifikasi sistem, merumuskan hipotesis awal, dan mempersiapkan diri untuk tahap penyelidikan dan argumentasi ilmiah yang lebih intens.

2) Pengorganisasian pembelajaran

Tahap ini, fokus untuk mendefinisikan tugas pembelajaran, mengorganisasi siswa untuk bekerja dalam kelompok, serta menetapkan langkah – langkah untuk menyelesaikan masalah. Guru memiliki peran yang aktif dalam memberikan

arahan. Pengorganisasian ini penting agar setiap siswa memiliki peran aktif dalam proses pemecahan masalah dan kolaborasi tetap terjaga (Mardiansyah *et al*., 2022).

Konteks pembelajaran kimia khususnya materi termokimia, tahap pengorganisasian ini dapat diwujudkan melalui guru menjelaskan pembagian tugas yang jelas dalam kelompok, pembagian waktu diskusi secara jelas. Proses ini menggugah siswa untuk lebih fokus mengeksplorasi informasi sehingga siswa mampu menyusun argumen lengkap.

3) Penyelidikan dan investigasi masalah

Pada tahap ini siswa harus melakukan penyelidikan terhadap masalah yang diberikan, baik secara mandiri maupun kelompok, untuk mencari data atau solusi berdasarkan bukti ilmiah. Proses penyelidikan, siswa juga belajar memilah informasi yang valid. Proses investigasi ini mendorong siswa untuk membangun pengetahuan baru secara mandiri, sekaligus melatih keterampilan argumentasi ilmiah siswa.

Fase penyelidikan juga membuka peluang bagi siswa untuk membangun argumen ilmiah dengan struktur yang baik. Ketika mereka mengaitkan data dengan prinsip ilmiah, siswa akan terbiasa menyampaikan klaim, memberikan bukti, dan merumuskan alasan yang mendukung klaim tersebut. Hal ini sejalan dengan temuan dari Nurdin *et al*. (2023) yang menyatakan bahwa tahap investigasi dalam PBL sangat efektif dalam membentuk keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk keterampilan argumentasi ilmiah.

4) Pengembangan dan penyajian solusi

Tahap ini merupakan proses mengembangkan solusi dan mempresentasikan hasil karya secara detail, termasuk dalam bentuk laporan atau artefak yang menjadi produk akhir dari investigasi. Siswa dituntut untuk menerjemahkan hasil investigasi dan diskusi mereka menjadi solusi yang kemudian disajikan kepada audiens. Keberhasilan argumen tidak hanya terbatas pada logika tapi juga kualitas presentasi dan kemampuan mempertahankan argumen di hadapan audiens.

5) Refleksi dan evaluasi

Tahap ini guru membantu siswa untuk menganalisis proses pembelajaran dan mengevaluasi keefektifan solusi siswa. Refleksi bertujuan menguatkan pengetahuan dan memperbaiki proses berpikir siswa.

Berdasarkan hasil analisis level argumentasi pada soal nomor satu sampai enam menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan pada kelas eksperimen memiliki dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan level argumentasi ilmiah. Sementara kelas kontrol cenderung menunjukkan pola yang relatif stabil atau peningkatan yang tidak terlalu drastis dari *pre-test* ke *post-test*, kelas eksperimen menunjukkan pergeseran yang kuat dari level yang lebih rendah (Level 0 dan Level 1) menuju level yang lebih tinggi (Level 3, Level 4, dan bahkan Level 5). Hal ini mengindikasikan bahwa model yang diterapkan berhasil memfasilitasi siswa untuk mengembangkan keterampilan siswa dalam menyusun argumentasi ilmiah yang lebih baik.

Hasil keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada kelas eksperimen dianalisis berdasarkan lima level

menurut Erduran, Simon, dan Osborne (2004). Klasifikasi ini memungkinkan peneliti untuk menilai secara mendalam sejauh mana siswa dapat menyusun argumentasi ilmiah yang utuh. Berikut ini analisis hasil *post-test* berdasarkan enam soal uraian yang diberikan kepada kelas eksperimen.

Soal nomor 1 sampai 6 terdiri atas lima pertanyaan (A–E), yang masing-masing dirancang untuk mengukur tingkat argumentasi ilmiah dari level 1 hingga level 5. Pertanyaan A menargetkan level 1, pertanyaan B menargetkan level 2, dan seterusnya hingga pertanyaan E yang menargetkan level 5. Namun, dalam pelaksanaannya, siswa dapat menjawab pada sub mana pun dengan kualitas argumentasi yang lebih tinggi atau lebih rendah dari level yang ditargetkan. Oleh karena itu, dalam analisis ini akan ditinjau jumlah siswa yang benar-benar menjawab sesuai dengan level target masing-masing pertanyaan, sehingga dapat diketahui capaian argumentasi dengan desain pengukuran yang telah direncanakan. Analisis ini juga membantu mengidentifikasi adanya perbedaan pola pencapaian level argumentasi antara kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Tabel 4. 7 Jumlah Siswa Yang Mampu Menjawab Pada Level *Argumentasi* Ilmiah *Pre-test*

	Pre-test				
Kontrol	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Soal 1	32	31	12	0	0
Soal 2	32	32	5	3	0
Soal 3	32	28	1	0	0
Soal 4	31	29	5	2	0
Soal 5	32	31	6	0	0
Soal 6	4	18	3	0	0
eksperimen	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Soal 1	32	27	3	0	0
Soal 2	32	29	7	0	0
Soal 3	32	24	1	0	0
Soal 4	32	31	7	0	0
Soal 5	32	32	8	0	0
Soal 6	4	15	2	0	0

Berdasarkan hasil analisis level *argumentasi* ilmiah pada tahap *pre-test* yang disajikan pada **Tabel 4.7,** diketahui bahwa pada kelas kontrol, mayoritas siswa berada pada level 1 dan 2. Kondisi yang sama juga terjadi pada kelas eksperimen, di mana Sebagian besar siswa berada pada level 1 dan level 2. Hasil ini menunjukkan bahwa pada tahap awal pembelajaran, keterampilan *argumentasi* ilmiah siswa di kedua kelas masih berada pada level awal. Keterampilan *argumentasi* pada tahap *pre-test* ini menegaskan

bahwa siswa belum terbiasa mengembangkan argumen yang lebih kompleks.

Tabel 4.8 Jumlah Siswa Yang Mampu Menjawab Pada Level *Argumentasi* Ilmiah *Post-test*

	Post-test				
Kontrol	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Soal 1	32	32	16	0	0
Soal 2	32	32	12	0	0
Soal 3	32	32	13	0	0
Soal 4	32	32	11	0	0
Soal 5	32	32	9	0	0
Soal 6	32	32	8	0	0
eksperimen	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Soal 1	32	31	31	20	11
Soal 2	32	32	19	13	0
Soal 3	31	31	19	15	0
Soal 4	32	32	21	17	10
Soal 5	32	32	27	13	3
Soal 6	32	31	20	4	0

Hasil *post-test* menunjukkan perbedaan capaian keterampilan *argumentasi* ilmiah antara kelas kontrol dan eksperimen. Pada kelas kontrol, Sebagian besar siswa masih berada pada level 1 hingga 2 dengan sedikiy yang mencapai level 3 dan tidak ada yang mencapai level 4 maupun 5. Sebaliknya pada kelas eksperimen proporsi siswa pada level 3,4, dan 5.

Siswa di kelas kontrol pada saat *pre-test* mencapai level 4 namun pada saat *post-test* tidak ada yang mencapai level 4, hal ini menunjukkan siswa tidak mampu mempertahankan kualitas argumentasinya pada saat *post-test* ada beberapa faktor yang memengaruhi kondisi tersebut seperti metode pembelajaran konvensional yang digunakan kurang memberikan ruang untuk mengasah keterampilan argumentasi ilmiah. Selain itu, faktor motivasi dan kondisi saat ujian juga dapat memengaruhi seperti siswa lebih fokus dan berupaya maksimal ketika *pre-test*, tetapi ketika *post-test* terjadi penurunan semangat atau konsentrasi sehingga kualitas jawaban tidak lagi mencapai level 4.

Berdasarkan **Tabel 4.8** menunjukkan perbedaan yang cukup jelas antara kelas kontrol dan kelas eksperimen pada tiap level *argumentasi* ilmiah setelah diberikan *post-test.* Pada level 1, seluruh siswa kelas kontrol berada pada level ini di setiap butir soal. Hal ini mengindikasikan bahwa jawaban yang diberikan hanya berupa pernyataan tanpa alasan yang memadai. Pada kelas eksperimen, seluruh siswa berada di level 1 setiap butir soal, kecuali pada nomor 3 yang hanya 31

siswa yang bisa menjawab level 1. Contoh jawaban level 1 dari siswa:

"Sistemnya adalah 2 mol air (H_2O), 2 mol gas hidrogen (H_2) dan 1 mol oksigen (O_2). Sedangkan lingkungannya adalah segala sesuatu yang tidak teribat langsung dalam reaksi alat elektrolisis."

Berdasarkan jawaban siswa, terlihat bahwa siswa mampu mengemukakan pernyataan mengenai sistem dan lingkungan dengan menyebutkan zat-zat yang terlibat dalam reaksi, seperti dua mol air, 2 mol gas hidrogen, dan 1 mol oksigen sebagai sistem, serta alat elektrolisis sebagai lingkungan. Namun, pada level ini siswa belum mampu memberikan alasan lebih lanjut yang mendasari klaim tersebut. Tidak terdapat penjelasan mengenai dasar ilmiah mengapa zat-zat tersebut dikategorikan sebagai sistem dan mengapa alat elektrolisis termasuk lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa hanya menyampaikan klaim tanpa didukung oleh argumen atau bukti ilmiah yang kuat, sehingga jawabannya termasuk dalam level 1 argumentasi ilmiah. Pada level ini, siswa masih memerlukan bimbingan untuk mengembangkan

kemampuan berpikir ilmiah dalam menjelaskan alasan di balik klaim yang diajukan.

Pada level 2, seluruh siswa pada kelas kontrol mampu mencapai level ini. Hal ini berarti siswa mampu memberikan alasan, namun alasan tersebut bersifat sederhana dan kurang didukung bukti. Pada kelas eksperimen, seluruh siswa mampu menjawab level ini di soal nomor 2, 4, dan 5, sementara pada soal nomor 1,3, dan 6 hanya 31 siswa yang mampu menjawab. Berikut contoh jawaban level 2 dari siswa:

"Pendapat 1 eksotermik karena suhu sekitar meningkat, menandakan pelepasan energi ke lingkungan. Percobaan 2 endotermik karena suhu sekitar menurun, menandakan energi diserap dari lingkungan."

Berdasarkan jawaban siswa, terlihat bahwa siswa mampu menyampaikan klaim disertai dengan satu alasan pendukung yang relevan. Siswa mengidentifikasi bahwa percobaan pertama bersifat eksoterm karena suhu lingkungan meningkat, dan percobaan kedua bersifat endoterm karena suhu lingkungan menurun. Alasan yang diberikan menunjukkan adanya pemahaman awal mengenai konsep dasar perubahan suhu sebagai indikator pertukaran energi antara sistem dan lingkungan. Namun, pada level ini siswa belum mengaitkan alasan tersebut dengan prinsip

ilmiah yang lebih mendalam. Jawaban ini menunjukkan bahwa siswa berada pada level 2 argumentasi ilmiah, di mana klaim telah diperkuat dengan satu alasan, tetapi belum dilengkapi dengan penjelasan yang lebih kompleks atau bukti ilmiah tambahan yang dapat memperkuat argumen secara menyeluruh. Siswa masih perlu dibimbing untuk mengembangkan justifikasi ilmiah yang lebih kuat agar dapat meningkatkan kualitas argumentasinya.

Perbedaan signifikan mulai terlihat pada level 3. Kelas kontrol, jumlah siswa yang mencapai level ini relatif rendah berkisar antara 8-16 siswa, dengan jumlah tertinggi pada soal nomor 1 dan terendah pada soal nomor 6. Sementara itu , kelas eksperimen menunjukkan peningkatan yang cukup mencolok, di mana jumlah siswa yang mencapai level 3 berada pada rentang 19-31 siswa. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa model PBL efektif dalam mendorong siswa untuk memberikan alasan yang didukung oleh data atau sanggahan lemah. Berikut contoh jawaban siswa pada level 3:

"Energi hasil reaksi tidak hanya jadi panas yang mudah diukur tapi bisa juga berubah menjadi energi lain seperti getaran molekul, radiasi cahaya atau suara yang sulit dideteksi langsung oleh alat biasa."

Berdasarkan jawaban siswa, terlihat bahwa siswa telah menunjukkan kemampuan untuk menyampaikan

klaim yang disertai dengan alasan ilmiah yang relevan. Dalam pernyataannya, siswa menjelaskan bahwa energi hasil reaksi tidak hanya muncul sebagai panas, melainkan juga dapat berubah menjadi bentuk lain seperti getaran molekul, radiasi cahaya, atau suara, yang tidak selalu terdeteksi oleh alat biasa. Penjelasan ini menunjukkan adanya pemahaman bahwa energi dalam reaksi kimia dapat mengalami transformasi ke berbagai bentuk. Selain itu, terdapat indikasi sangkalan implisit terhadap anggapan umum bahwa energi hasil reaksi hanya berupa panas, meskipun sangkalan tersebut tidak dijelaskan secara eksplisit atau mendalam. Oleh karena itu, jawaban ini tergolong ke dalam level 3 argumentasi ilmiah, yaitu siswa mengajukan klaim dengan alasan pendukung dan terdapat sangkalan yang lemah atau implisit terhadap pandangan lain. Argumentasi ini menunjukkan adanya kemampuan awal dalam membangun struktur argumen yang lebih kompleks, namun masih perlu dilatih agar sangkalan yang disampaikan dapat lebih eksplisit dan kuat.

Pada level 4, tidak ada siswa kelas kontrol yang mampu mencapai level ini pada semua soal. Sebaliknya,

kelas eksperimen menunjukkan adanya siswa pada level 4, dengan jumlah antara 4-20 siswa. Jumlah tertinggi terdapat pada soal 1, yang menunjukkan bahwa pembelajaran PBL mendorong siswa untuk mulai mempertimbangkan kontra-argumen dalam penyusunan jawabannya. Berikut contoh jawaban level 4 :

"Saya mendukung pendapat 2 bahwa reaksi pembentukkan karbon dioksida adalah reaksi eksoterm. Hal ini didasarkan pada nilai ΔH -393,5 kJ/mol yang menunjukkan bahwa sistem melepaskan energi ke lingkungan. Pada awalnya diperlukan sedikit energi untuk memulai reaksi, namun tidak menjadikan reaksi secara keseluruhan sebagai reaksi endoterm. Sebaliknya, total energi yg dilepaskan jauh lebih besar dari pada energi yg dibutuhkan untuk memutus ikatan awal. Dengan demikian, hasil akhirnya tetap melepaskan energi, bukan menyerap, sehingga reaksi ini tetap dikategorikan sebagai eksoterm."

Berdasarkan jawaban yang dituliskan oleh siswa, terlihat bahwa siswa telah mampu menyampaikan klaim secara jelas, yakni bahwa reaksi pembentukan karbon dioksida termasuk reaksi eksoterm. Klaim ini

didukung oleh bukti berupa nilai perubahan entalpi (ΔH = -393,5 kJ/mol) yang menunjukkan bahwa sistem melepaskan energi ke lingkungan. Siswa kemudian menyajikan penjelasan analisis yang membandingkan kebutuhan energi pada tahap awal reaksi dengan energi total yang dilepaskan selama reaksi berlangsung. Penjelasan ini mengindikasikan adanya pemahaman bahwa meskipun terdapat energi aktivasi di awal, reaksi secara keseluruhan tetap eksoterm karena energi yang dilepaskan lebih besar dari energi yang dibutuhkan. Selain itu, siswa juga menyampaikan sangkalan terhadap pandangan bahwa reaksi tersebut bersifat endoterm hanya karena memerlukan energi aktivasi. Sangkalan tersebut ditulis dengan cukup eksplisit dan disertai alasan ilmiah, menjadikan struktur argumen yang dibangun tergolong kuat dan logis. Dengan demikian, argumentasi siswa dikategorikan pada level 4, yaitu argumentasi dengan klaim utama, bukti pendukung, serta sangkalan yang dapat diidentifikasi secara jelas terhadap klaim yang berlawanan.

Pada level 5 yang merupakan level tertinggi *argumentasi* ilmiah, tidak ditemukan pada kelas

kontrol. Pada kelas eksperimen, meskipun jumlahnya masih sedikit (3-11 siswa), capaian ini menunjukkan bahwa sebagian kecil siswa sudah mampu menyusun *argumen* secara lengkap dengan pernyataan, alasan, dan lebih dari satu sangkalan. Berikut contoh jawaban level 5:

"Saya tidak menyangkal bahwa nilai mutlak ΔH tetap sama, tetapi penting dipahami bahwa tanda ΔH berubah saat reaksi dibalik. Reaksi maju melepaskan energi (ΔH negatif), sedangkan reaksi balik menyerap energi (ΔH positif), jadi energi yg diperlukan reaksi balik sama besar tetapi berbeda arah (penyerapan bukan pelepasan)."

Berdasarkan jawaban siswa, dapat diketahui bahwa siswa tidak hanya menyampaikan satu klaim utama, tetapi juga menunjukkan adanya pemahaman mendalam dengan menyertakan lebih dari satu sangkalan terhadap kemungkinan pemahaman yang keliru. Dalam pernyataannya, siswa mengakui bahwa nilai mutlak dari ΔH memang tetap sama ketika reaksi dibalik, namun ia menyanggah secara eksplisit pemahaman yang menyamaratakan nilai ΔH tanpa memperhatikan arah reaksi. Siswa menjelaskan bahwa

tanda Δ*H* berubah karena arah energi yang terlibat juga berbeda, reaksi maju melepaskan energi (eksoterm, Δ*H* negatif), sedangkan reaksi balik menyerap energi (endoterm, Δ*H* positif). Sangkalannya tidak hanya satu, tetapi mencakup dua poin penting: penegasan terhadap arah perubahan energi dan makna tanda Δ*H* yang berubah. Argumentasi ini menunjukkan kemampuan berpikir reflektif dan kritis yang sangat baik, karena siswa mampu menyusun argumen yang lengkap, mengantisipasi pemahaman alternatif, serta memberikan klarifikasi yang logis dan ilmiah. Dengan demikian, jawaban ini dikategorikan pada level 5, yaitu level tertinggi dalam skema argumentasi ilmiah, yang ditandai dengan keberadaan lebih dari satu sangkalan yang mendalam dan relevan terhadap klaim yang diajukan.

Tahap ketiga pada penelitian yaitu *post-test* yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa. Analisis data dilakukan menggunakan uji *Independent Samples T-Test* melalui software SPSS 26. Uji ini digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan

antara kelas eksperimen (dengan perlakuan model PBL) dan kelas kontrol (pembelajaran konvensional). Berdasarkan hasil uji, diperoleh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,000, yang lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata hasil *post-test* keterampilan argumentasi ilmiah siswa di kedua kelas.

Analisis selanjutnya dilakukan untuk menentukan besarnya pengaruh perlakuan. E*ffect size* dihitung menggunakan *Cohen's d*, yang menunjukkan nilai sebesar 1,15 menunjukkan bahwa model PBL memberikan efek yang tinggi terhadap peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah siswa. Dengan demikian, penerapan model *Problem Based Learning* terbukti lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah siswa dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Temuan ini menjadi jawaban terhadap rumusan masalah dan mendukung pengaruh PBL dalam pembelajaran kimia, khususnya pada materi termokimia.

C. Keterbatasan Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki keterbatasan, sebagai berikut:

1. Lingkup penelitian ini dibatasi pada SMA Negeri 12 Semarang, tepatnya di kelas XI F2 dan XI F3. Dengan demikian, hasil yang diperoleh mungkin tidak mewakili situasi atau kondisi di sekolah lain dengan karakteristik siswa yang berbeda.
2. Penelitian yang terbatas memberikan waktu yang singkat untuk mengamati perubahan yang terjadi pada keterampilan *argumentasi* ilmiah siswa. Penelitian ini dilakukan selama proses penyusunan skripsi dan hanya dapat mengumpulkan data yang relevan dengan penelitian.
3. Keterbatasan dalam penelitian ini terletak pada karakteristik instrument soal. Bedasarkan hasil uji daya beda soal, diketahui bahwa tiga soal tergolong lemah. Hal ini dapat memengaruhi kemampuan soal dalam membedakan kualitas argumentasi siswa secara tajam, serta mengurangi sensitivitas instrument terhadap variasi kemampuan antarkelompok.

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan, dapat ditarik simpulan bahwa implementasi model pembelajaran *Problem Based Learning (PBL)* memiliki dampak yang signifikan terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada materi termokimia. Hal ini diperkuat oleh hasil pengujian hipotesis menggunakan uji *independent sample t-test* diperoleh nilai signifikansi (Sig.2 – tailed) sebesar 0,000 yang berarti lebih kecil dari 0,50, maka ada pengaruh pada perlakuan pembelajaran PBL dengan konvensional. Dan dilakukan uji *effect size* diperoleh nilai 1,15 maka ukuran efek yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model PBL memberikan pengaruh yang tinggi terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa.

B. Saran

Merujuk pada hasil penelitian yang telah diperoleh, peneliti menyampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penerapa model pembelajaran PBL dapat dimanfaatkan pendidik sebagai variasi pembelejaran untuk meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah siswa.

2. Penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk dikembangkan lebih lanjut oleh peneliti berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, S. (2017). Pengaruh model pembelajaran problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar geografi. *Jurnal Pendidikan Geografi*, *4*, 25–36.

Amir, M. T. (2009). *Inovasi Pendidikan melalui Problem Based Learning : Bagaimana Pendidik Memberdayakan Pemelajar di Era Pengetahuan*. KENCANA.

Anita, A., & Tenriawaru, A. (2019). Pentingnya keterampilan argumentasi di era ledakan informasi digital. *Prosiding Seminar Nasional FKIP*, *August*, 1740–1746.

Aprina, E. A., Fatmawati, E., & Suhardi, A. (2024). Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Muatan IPA Sekolah Dasar. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, *13*(1), 981–990.

Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach*. McGraw-Hill Education.

Arifin, Z. (2016). *Evaluasi Pembelajaran*. PT Remaja Rosdakarya.

Berkel, H. J. (2010). *Lessons from Problem-based Learning*. Oxford University Press.

Budiyono. (2017). *Pengantar Metodologi Penelitian Pendidikan*. UNS Press.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. Routledge.

Dantes, N. (2012). *Metode Penelitian*. Andi Offset.

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, *88*(6), 915–933.

Faiqoh, N., , Nadhirotul Khasanah, Lia Puji Astuti, R. P., & Prayitno, B. A. (2020). Profil Keterampilan Argumentasi Siswa Kelas X dan XI MIPA di SMA Batik 1 Surakarta pada Materi Keanekaragaman Hayati. *Jurnal Pendidikan Biologi*, *13*(2), 183–200.

Faize, F. A. (2015). Introducing Argumentation at Higher

Education in Pakistan A New Paradigm of Teaching Ethic based Topics. *FWU Journal of Social Sciences*, *9*(1), 8–13.

Fauzi, I. (2023). Statistik Penelitian Pendidikan Panduan Praktis Analisis Data Statistik Melalui Aplikasi SPSS-26. In *Badan Penerbit Stiepari Press*.

Gregory, R. J. (2015). Psychological testing: History, principles, and applications Boston, MA: Pearson. In *Global Edition*.

Istiana, R., Herawati, D., Nadiroh, N., & Angga Mahendra, P. R. (2019). Efektivitas Problem-Based Learning Terhadap Keterampilan Argumentasi Mahasiswa Tentang Isu Sosiosaintifik Lingkungan. *Edusains*, *11*(2), 286–296.

Keraf, G. (2010). *Diksi dan Gaya Bahasa*. Gramedia Pustaka Utama.

Lathifa, U., & Nugroho, D. E. (2020). *Gas dan hukum termodinamika dengan pendekatan unity of sciences*. UD.EkSySTIKa Press.

Liu, Y., & Pásztor, A. (2022). Effects of problem-based learning instructional intervention on critical thinking in higher education: A meta-analysis. *Thinking Skills and Creativity*, *45*, 101069. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101069

Mardhiyah, R. H., Aldriani, S. N. F., Chitta, F., & Zulfikar, M. R. (2021). *Pentingnya Ketrampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia*. *71*(1), 63–71.

Mardiansyah, F., Haryanto, & Riski Gusti, D. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) danKemampuan Pemecahan Masalah terhadap Kemampuan BerpikirKreatif Siswa pada Materi Larutan Penyangga. *Journal on Teacher Education*, *4*(2), 293–303.

Mudlofir, A., & Rusydiyah, E. F. (2017). *Desain Pembelajaran Inovatif Dari Teori ke Praktik*. Rajawali Pers.

Priadana, S., & Sunarsi, D. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Pascal Books.

Probosari, R. M., Ramli, M., Harlita, Indrowati, M., & Sajidan.

(2016). Profil Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP UNS pada Mata Kuliah Anatomi Tumbuhan. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, *8*(2), 29.

Rahman, D. (2018). Analisis Argumentasi dalam Isu Sosiosaintifik Siswa SMP. *Journal Of Natural Science Teaching*, *1*, 9.

Rahmi, E., & Cerya, E. (2020). Analysis of Lecturer Digital Literacy Skills in Entrepreneurship Course. *Atlantis Press*, *124*, 516–520.

Rianti, M., Listiawati, M., Islam, U., Sunan, N., Djati, G., & Model, P. (2024). Kemampuan Argumentasi Ilmiah Menggunakan Model Problem Based Learning dan Discovery Learning pada Materi Sistem Reproduksi. *Prosiding Semminar Nasional Biologi IP2B*, 124–133.

Roja, F. F. M., Yuliati, L., & A, S. (2020). Kemampuan Argumentasi dan Penguasaan Konsep Dinamika Rotasi dengan Pembelajaran Inkuiri untuk Pendidikan STEM pada Siswa Kelas XI SMAN 2 Malang. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, *5*(2), 129–133.

Rukminingsih. (2022). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif & Penelitian Tindakan Kelas)*. Erhaka Utama.

Rusman. (2012). *Model - model Pembelajaran*. PT Rajagrafindo Persada.

Santoso, S. (2019). *Mahir Statistik Parametrik*. Elex Media Komputindo.

Sari, Y. I., Sumarmi, Utomo, D. H., & Astina, I. K. (2021). The Effect of Problem Based Learning on Problem Solving and Scientific Writing Skills. *International Journal of Instruction*, *14*(2), 11–26.

Setyawan, A. D. (2021). *Hipotesis dan Variabel Penelitian*. Tahta Media Group.

Shoimin, A. (2017). *Model Pembelajaran Inovatif dalam*

kurikulum 2013. Ar-ruzz Media.

Sofyan, H., Komariah, K., & Wagiran. (2016). Problem Based Learning Dalam ImplementasiKurikulum 2013 Di Smk. *Jurusan PTBB FT UNY*, *15*, 24–35.

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. CV. Alfabeta.

Suraya, Setiadi, A. E., & Muldayanti, N. D. (2019). Argumentasi Ilmiah dan Keterampilan Berpikir Kritis melalui Metode Debat. *Center For Science Education*, *11*(2), 233–241.

Sutresna, N., Sholehudin, D., & Herlina, T. (2016). *Aktif dan Kreatif Belajar Kimia*. Grafindo Media Pratama.

Syamsidah, & Suryani, H. (2018). Buku Model Peoblem Based Learning (PBL). In *Deepublish CV Budi Utama*. Deepublish CV Budi Utama.

Toulmin, S. E. (2003). The uses of argument. In *Cambridge University Press*.

Trianto. (2011). *Model Pembelajaran Terpadu : Konsep, Strategi dan Implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)* (Edisi 1). Bumi Aksara.

Wibawa, F. A. (2019). Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Tingkat Tinggi. *PROMOSI (Jurnal Pendidikan Ekonomi)*, *7*(2), 99–106.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Wawancara

Pertanyaan Untuk Guru

1. Bagaimana Bapak/Ibu menilai keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada materi termokimia?
2. Apa yang membuat Bapak/Ibu menilai keterampilan argumentasi ilmiah?
3. Bagaimana kemampuan siswa dalam mengevaluasi informasi yang siswa peroleh?
4. Bagaimana struktur argumen yang biasanya disampaikan oleh siswa?
5. Bagaimana sikap siswa ketika melakukan presentasi?
6. Apakah selama presentasi terjadi proses diskusi atau tanya jawab yang aktif?
7. Menurut Bapak/Ibu, apa dampaknya terhadap pembajaran?
8. Apakah metode pembelajaran yang digunakan selama ini sudah mendorong siswa untuk berargumentasi?
9. Menurut Bapak/Ibu, apa faktor utama yang membuat siswa pasif dalam berargumentasi?
10. Bagaimana Bapak/Ibu menilai peran sumber belajar dalam membentuk keterampilan argumentasi ilmiah?

11. Menurut Bapak/Ibu, bagaimana cara meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah siswa?
12. Apakah sebelumnya ada yang penelitian mengenai Keterampilan Argumentasi Ilmiah di sekolah ini.

Jawaban yang diberikan

1. Secara umum, keterampilan argumentasi ilmiah siswa masih tergolong rendah. Banyak dari siswa yang belum mampu menyampaikan pendapat secara logis.
2. Saya melihat siswa sering mengambil informasi dari sumber yang kurang relevan, sehingga penjelasannya kadang tidak sesuai konteks materi.
3. Kemampuan mengevaluasi informasi secara kritis masih lemah. Siswa cenderung menerima informasi begitu saja.
4. Kebanyakan argumen yang siswa sampaikan belum terstruktur dengan baik. Terkadang siswa hanya menyebutkan fakta tanpa alasan yang mendukung.
5. Saat presentasi, banyak siswa yang cenderung pasif. Siswa hanya membaca teks atau slide tanpa mengembangkan penjelasan.
6. Jarang sekali. Diskusi kurang berkembang karena siswa enggan menyampaikan pendapat yang berbeda atau memberikan sanggahan.

7. Dampaknya, siswa tidak terbiasa berpikir kritis dan logis, sehingga sulit bagi siswa untuk menjelaskan konsep termokimia secara mendalam
8. Metode yang saya gunakan memang belum terlalu fokus pada pembentukan keterampilan argumentasi. Lebih banyak ceramah dan tanya jawab singkat.
9. Faktor utamanya adalah kurangnya rasa percaya diri, minimnya latihan berdiskusi, dan kebiasaan belajar yang lebih mengutamakan hafalan.
10. Susmber belajar sangat berpengaruh. Kalau siswa terbiasa menggunakan sumber yang relevan, argumennya akan lebih kuat. Tapi, siswa sering menggunakan sumber dari internet tanpa memeriksa kebenarannya.
11. Saya rasa perlu pembelajaran yang mendorong diskusi, sehingga siswa terbiasa menyusun argumen yang logis.
12. Belum pernah

Pertanyaan untuk siswa

1. Gimana menurut kamu cara guru mengajar materi termokimia selama ini?
2. Penjelasan detail itu, maksudnya bagaiamana?
3. Kalua semisal hanya dikasih tugas atau disuruh merangkum tanpa dijelasin, kamu gimana?

4. Menurut kamu, cara belajar di kelas sekarang sudah bikin kamu bisa melatih argumentasi belum?
5. Pernah atau tidak guru memberikan kegiatan yang bikin kamu diskusi?
6. Menurut kamu kenapa materi termokimia susah dipahami?
7. Kalau semisal ada cara mengajar yang bikin kalian sering diskusi dan tukar pendapat, kalian setuju tidak?

Jawaban yang diberikan

1. Menurut saya, pembelajaran yang menekan kan penjelasan yang detail sangat membantu untuk memahami konsep secara menyeluruh.
2. Misalnya guru menerangkan langkah demi langkah, memberikan contoh nyata dan menjelaskan alasan di balik setiap konsep atau rumus
3. Kalau hanya diberi tugas atau diminta merangkum tanpa penjelasan lebih lanjut, saya merasa sulit memahami materi. Kadang bingung harus mulai darimana
4. Belum terlalu, karena jarang ada diskusi atau latihan untuk menyampaikan pendapat dengan data yang kuat
5. Setahu saya, belum pernah. Biasanya pembelajaran lebih ke penjelasan materi dan latihan soal.

6. Banyak istilah dan konsep yang abstrak, ditambah lagi kalau penjelasan dari guru tidak detail jadi semmakin sulit dibayangkan
7. Setuju

Lampiran 2 Modul Ajar

MODUL AJAR

INFORMASI UMUM

A. Identitas Modul

Penyusun	: Maulia Zada Fauziyah
Instansi	: SMA N 12 Semarang
Tahun penyusunan	: 2025
Jenjang sekolah	: SMA
Mapel	: Kimia
Fase / kelas	: F / 11 (Sebelas)
Topik	: Termokimia
Alokasi Waktu	: 3 x 45 menit

B. Kompetensi Awal

1. Memahami materi hidrokarbon
2. Memahami materi terkait penulisan persamaan reaksi kimia

3. Memahami bahwa dalam perhitungan nilai ΔT dalam kelvin bukan sama dengan ΔT dalam derajat *celsius* ditambah 273
4. Memahami bahwa perubahan energi sering ditemui dalam kehidupan sehari – hari.

C. Profil Pelajar Pancasila

Bernalar kritis, mandiri, kreatif, bergotong royong

D. Sarana dan Prasarana

1. Bahan ajar : Buku LKS kimia, dan *power point*
2. Media pembelajaran : LKPD
3. Alat pembelajaran : *Handphone*, *proyektor*, papan tulis, spidol

E. Target *Siswa*

1. *Siswa* regular / tipikal : umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.
2. *Siswa* dengan pencapaian tinggi : mencerna dan memahami dengan cepat serta mampu mencapai keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS)

F. Metode, Model, dan Pendekatan Pembelajaran

1. Metode Pembelajaran : Diskusi
2. Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*

KOMPETENSI INTI

A. Capaian Pembelajaran

Pada akhir Fase F, *siswa* 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 memahami hidrokarbon, termasuk penerapannya dalam keseharian.

B. Tujuan Pembelajaran

1. *Siswa* mampu menganalisis hubungan antara sistem dan lingkungan serta mampu menentukan jenis – jenis sistem disertai dengan contohnya
2. *Siswa* mampu mendeskripsikan peristiwa eksotermik dan endotermik serta mampu memberikan contohnya
3. *Siswa* mampu mendeskripsikan hukum kekekalan energi dan menghubungkannya dengan termokimia

4. *Siswa* mampu mendeskripsikan persamaan termokimia
5. *Siswa* mampu menentukan jenis – jenis perubahan entalpi reaksi
6. *Siswa* mampu menentukan nilai perubahan entalpi dengan menggunakan data perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH°_{f}), hukum hess, dan data energi ikatan.

C. Assesment

1) Jenis Penelitian : Assesment Formatif
2) Teknik Penelitian :
    a. Afektif (Observasi/ Pengamatan)
    b. Keterampilan (Tes unjuk kerja)
    c. Kognitif (Tes tertulis berupa soal uraian berbasis masalah dan *argumen*atif)
3) Bentuk penelitian : Tes.

D. Pemahaman Bermakna

1. Pemahaman termokimia membantu *siswa* melihat hubungan antara perubahan energi dalam reaksi kimia dan fenomena sehari-hari, seperti pembakaran bahan bakar, yang menunjukkan pentingnya kimia dalam hidup manusia.

2. Hukum termodinamika memperkenalkan *siswa* pada keteraturan alam yang luar biasa, mengungkapkan bagaimana reaksi kimia diatur dan berfungsi dengan harmonis, mengagungkan kebesaran Sang Pencipta.

E. Langkah – Langkah Kegiatan Pembelajaran

Pertemuan 1

Sub Bab Materi :

1) Sistem dan lingkungan
2) Reaksi eksoterm dan endoterm
3) Hukum I Termodinamika

Model Pembelajaran : Problem Based Learning

Metode Pembelajaran : Diskusi dan *argumentasi*

Media Pembelajaran : *Power Point* dan LKPD berbasis masalah dan *argumentasi*

Kegiatan	Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
Pendahuluan	1. Guru membuka kelas dengan salam, doa, dan presensi	10 menit

	2. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kompetensi yang akan dicapai 3. Guru memotivasi siswa dengan mengaitkan materi dengan peristiwa sehari-hari.	
Inti	Tahap 1 : Orientasi Siswa Terhadap Masalah 1. Guru menampilkan gambar tentang tiga peristiwa yaitu : pembentukan amonia pada pabrik pupuk, pembentukan obat sakit kepala (aspirin) di pabrik farmasi, dan kompor gas dinyalakan. 2. Guru memancing diskusi : "Di pabrik pupuk, gas-gas dicampur dan menghasilkan amonia. Tapi proses itu butuh tekanan dan suhu tinggi. Kira-kira itu butuh energi atau menghasilkan energi?"	110 menit

	"Aspirin, obat yang kita konsumsi kalau pusing, ternyata dibuat dari bahan kimia tertentu yang direaksikan di pabrik. Kira-kira reaksi itu dingin atau panas?" "Kalau kompor dinyalakan, keluar nyala api. Artinya ada energi yang keluar dari bahan bakarnya. Tapi... kenapa bisa begitu ya?" Tahap 2 : Mengorganisasikan siswa untuk belajar 3. Guru membagi siswa menjadi kelompok kecil 4. Setiap kelompok menerima LKPD berisi soal yang melatih siswa untuk memberikan klaim, bukti, alasan dan sanggahan 5. Guru membimbing siswa memahami petunjuk mengerjakan tugas LKPD	

	6. Siswa bersama guru membuat kesepakatan bahwa diskusi harus selesai tepat waktu Tahap 3 : Membimbing Penyelidikan Kelompok 7. Siswa membaca sekaligus mendiskusikan permasalahan yang disajikan dalam LKPD 8. Siswa dibimbing oleh guru dalam kegiatan penyelidikan (Guru berkeliling, memancing siswa berpikir kritis misalnya dengan mengajukan pertanyaan "Bagaimana kalian bisa menyimpulkan jawaban demikian?" 9. Siswa dengan kelompok melakukan diskusi untuk menghasilkan solusi pemecahan masalah 10. Siswa mengumpulkan LKPD yang telah dikerjakan dengan tepat waktu Tahap 4 : Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya	

	11. Satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya di depan kelas 12. Kelompok lain memberikan sanggahan atau pendapat lain yang mendukung/menentang. 13. Siswa diberikan reward berupa tepuk tangan dan hadiah bagi yang selesai presentasi di depan kelas. Tahap 5 : Menganalisis dan mengevaluasi pemecahan masalah 14. Guru memandu refleksi kelas : “apakah kalian sudah bisa membedakan sistem dan lingkungan? “apakah kalian sudah bisa membedakan reaksi eksoterm dan endoterm? “bagaimana hukum I termodinamika terlihat dari proses tadi?	

	15. Siswa dan guru menyimpulkan pemecahan masalah yang telah dilakukan	
Penutup	1. Siswa bersama guru melakukan refleksi atas pembelajaran yang telah berlangsung, seperti : Bagaimana perasaan kalian selama mengikuti kegiatan pembelajaran hari ini ? 2. Siswa memperoleh informasi kegiatan pembelajaran yang akan datang 3. Salah satu siswa memimpin doa sebelum kegiatan diakhiri 4. Siswa dan guru saling memberi serta menjawab salam	15 menit

Pertemuan 2

Sub Bab Materi :

1) Persamaan Termokimia
2) Perubahan entalpi standar

3) Penentuan perubahan entalpi reaksi

Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*

Metode Pembelajaran : Diskusi dan *argumentasi*

Media Pembelajaran : *Power Point* dan LKPD berbasis masalah dan *argumentasi*

Kegiatan	Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
Pendahuluan	1. Guru membuka kelas dengan salam, doa, dan presensi 2. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kompetensi yang akan dicapai 3. Guru memotivasi siswa dengan mengaitkan materi dengan peristiwa sehari-hari.	10 menit
Inti	Tahap 1 : Orientasi Siswa Terhadap Masalah 1. Guru menampilkan ppt yang berisikan materi persamaan termokimia, perubahan entalpi standar, dan penentuan perubahan entalpi reaksi	110 menit

	2. Guru memancing diskusi : "Pembakaran 1 mol etanol menghasilkan energi sebesar –1367 kJ. Menurut kalian, bagaimana kita bisa yakin bahwa energi itu berasal dari reaksi kimia dan bukan dari luar sistem?" "Air memiliki nilai entalpi pembentukan standar –285,8 kJ/mol. Menurut kalian, mengapa nilai ini penting dalam membandingkan energi antar reaksi kimia?" "Jika kita tahu entalpi pembentukan semua zat dalam reaksi, apakah kita bisa selalu menentukan entalpi reaksinya dengan tepat?" Tahap 2 : Mengorganisasikan siswa untuk belajar 3. Guru membagi siswa menjadi kelompok kecil	

	4. Setiap kelompok menerima LKPD berisi soal yang melatih siswa untuk memberikan klaim, bukti, alasan dan sanggahan 5. Guru membimbing siswa memahami petunjuk mengerjakan tugas LKPD 6. Siswa bersama guru membuat kesepakatan bahwa diskusi harus selesai tepat waktu Tahap 3 : Membimbing Penyelidikan Kelompok 7. Siswa membaca sekaligus mendiskusikan permasalahan yang disajikan dalam LKPD 8. Siswa dibimbing oleh guru dalam kegiatan penyelidikan (Guru berkeliling, memancing siswa berpikir kritis misalnya dengan mengajukan pertanyaan “Bagaimana kalian bisa menyimpulkan jawaban demikian?”	

	9. Siswa dengan kelompok melakukan diskusi untuk menghasilkan solusi pemecahan masalah 10. Siswa mengumpulkan LKPD yang telah dikerjakan dengan tepat waktu Tahap 4 : Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya 11. Satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya di depan kelas 12. Kelompok lain memberikan sanggahan atau pendapat lain yang mendukung/menentang. 13. Siswa diberikan reward berupa tepuk tangan dan hadiah bagi yang selesai presentasi di depan kelas. Tahap 5 : Menganalisis dan mengevaluasi pemecahan masalah 14. Guru memandu refleksi kelas : “apakah kalian sudah bisa memahami materi persamaan kimia?	

	"apakah kalian sudah bisa memahami materi perubahan entalpi standar? "apakah kalian sudah bisa memahami materi penentuan perubahan entalpi reaksi?" 15. Siswa dan guru menyimpulkan pemecahan masalah yang telah dilakukan	
Penutup	16. Siswa bersama guru melakukan refleksi atas pembelajaran yang telah berlangsung, seperti : Bagaimana perasaan kalian selama mengikuti kegiatan pembelajaran hari ini ? 17. Siswa memperoleh informasi kegiatan pembelajaran yang akan datang 18. Salah satu siswa memimpin doa sebelum kegiatan diakhiri 19. Siswa dan guru saling memberi serta menjawab salam	15 menit

F. Refleksi

1. Bagi *siswa*
    a. Bagaimana perasaan ananda selama pembelajaran?
    b. Apa saja yang telah ananda pahami dari materi yang sudah dipelajari hari ini?
    c. Apa saja yang belum ananda pahami dari materi yang sudah dipelajari hari ini?
    d. Berikan masukan hal-hal apa yang membuat ananda lebih paham dan nyaman dalam belajar (jika ada) ?
2. Bagi guru
    a. Momen terbaik apa yang saya rasakan ketika melakukan kegiatan ini?
    b. Apa saja yang tidak berjalan dengan baik saat saya melakukan kegiatan? Mengapa?
    c. Bagaimana saya dapat memodifikasi kegiatan pembelajaran agar cocok dengan karakteristik *siswa* saya?

Mengetahui,

Kepala Sekolah	Guru Kimia SMA N 12 Semarang
Dr. Endah Dyah Wardani, M.Pd	Sri Hartati, S.Pd

Lampiran 3 LKPD

Nama Kelompok:

kelas

Pada reaksi pembakaran metana (CH_4) dalam wadah tertutup, metana bereaksi dengan oksigen (O_2) membentuk karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), sambil melepaskan energi panas yang tercatat sebesar 890 kJ. Persamaan reaksinya adalah :

$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

Jika ada yang berpendapat bahwa masih ada energi yang "tersembunyi" atau "tidak terdeteksi" dalam system meskipun tidak ada perubahan volume atau tekanan yang terlihat. Bagaimana kamu bisa menanggapi argumen tersebut?

Bagaimana kamu bisa menyangkal jika ada yang berpendapat bahwa meskipun reaksi ini dibalik, nilai ΔH tetap tidak akan berubah dan pendapat mengenai pembalikan reaksi ini memerlukan energi yang tetap sama?

Nama Kelompok

Kelas

Dua mol senyawa ammonia (NH_3) dapat diproduksi melalui proses sintesis Haber, yang melibatkan reaksi antara 1 mol nitrogen (N_2) dan 3 mol hidrogen (H_2) pada suhu dan tekanan tinggi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

Reaksi ini dilakukan dalam sebuah reaktor tertutup dan gas – gas hasil reaksi terkumpul dalam ruang yang sama.

Apakah ada kemungkinan bahwa system ini merupakan system terbuka? Berikan alasannya!

Jika ada yang berpendapat bahwa system ini terisolasi karena reactor bekerja pada suhu dan tekanan tinggi sehingga tidak ada energi atau massa yang berpindah. Berikan sangkalan terhadap pendapat ini yang berisi lebih dari 1 bukti.

Nama Kelompok

Kelas

Dalam sebuah reactor kimia di industry farmasi, dilakukan sintesis aspirin ($C_9H_8O_4$) melalui reaksi antara asam salisilat ($C_7H_6O_3$) dan anhidrida asetat ($C_4H_6O_3$) dengan katalis asam. Reaksi ini berlangsung dalam bejana tertutup, dan setelah beberapa saat, suhu dalam reactor meningkat secara signifikan. Reaksi yang terjadi :

$C_7H_6O_3 + C_4H_6O_3 \rightarrow C_9H_8O_4 + CH_3COOH$

Jika ada pendapat bahwa ada energi tamabahan dari luar, seperti pemanas eksternal yang digunakan dalam proses industry. Apakah ada kemungkinan pendapat itu benar? Berikan penjelasan

Pendapat 1 : kenaikan suhu ini bisa terjadi karena perubahan tekanan dalam bejana tertutup yang menyebabkan kenaikan suhu system secara keseluruhan

Pendapat 2 : suhu meningkat bukan hanya karena pelepasan energi dari reaksi, tetapi juga karena energi aktivasi yang diperlukan dalam reaksi ini cukup tinggi, sehingga terjadi pelepasan panas yang lebih besar setelah reaksi berlangsung

Berikan sanggahan terhadap pendapat 1 mengenai pengaruh tekanan terhadap kenaikan suhu dalam system tertutup dan pendapat 2 tentang energi aktivasi dan pelepasan panas dalam reaksi ini

Nama Kelompok

Kelas

Diketahui persamaan termokimia untuk reaksi pembakaran etanol sebagai berikut :

$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -1367$ kJ

Persamaan ini menunjukkan bahwa ketika satu mol etanol (C_2H_5OH) dibakar dalam oksigen, terbentuk dua mol karbon dioksida (CO_2) dan tiga mol air (H_2O), serta dilepaskan energi sebesar 1367 kJ.

Setelah reaksi dikalikan tiga, ada pendapat bahwa ΔH harus tetap sama karena energi yang dilepaskan tidak berubah. Apakah pernyataan tersebut benar? Jelaskan dengan alasan yang jelas!

Pendapat 1 : kenaikan suhu ini bisa terjadi karena perubahan tekanan dalam bejana tertutup yang menyebabkan kenaikan suhu system secara keseluruhan

Pendapat 2 : suhu meningkat bukan hanya karena pelepasan energi dari reaksi, tetapi juga karena energi aktivasi yang diperlukan dalam reaksi ini cukup tinggi, sehingga terjadi pelepasan panas yang lebih besar setelah reaksi berlangsung

Berikan sanggahan terhadap pendapat 1 mengenai pengaruh tekanan terhadap kenaikan suhu dalam system tertutup dan pendapat 2 tentang energi aktivasi dan pelepasan panas dalam reaksi ini

Nama Kelompok:

Kelas

Entalpi pembentukan standar air (H_2O) adalah -285,8 kJ/mol, dengan reaksi :

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

Reaksi ini menunjukkan bahwa pembentukan 1 mol air dari hydrogen dan oksigen selalu melepaskan energi sebesar -285,8 kJ

Jika ada yang berpendapat bahwa reaksi pembentukan air adalah reaksi endoterm. Berikan alasan yang mendukung dan menyangkal pendapat tersebut

Pendapat 1 : Pembakaran hidrogen dalam keadaan gas dengan oksigen menghasilkan perubahan entalpi yang lebih besar dibandingkan dengan pembakaran hidrogen dalam keadaan cair pada kondisi standar.

Pendapat 2 : Proses perubahan entalpi dalam pembakaran hidrogen menghasilkan panas, namun pada reaksi pembentukan air, reaksi tersebut berlangsung secara endotermik pada suhu tinggi.

Kedua pendapat di atas kurang tepat. Berikan analisis yang mendalam mengenai kedua pendapat di atas yang berupa alasan yang mendukung bahwa kedua pendapat tersebut kurang tepat!

Nama Kelompok:

Kelas

Pada reaksi berikut ini, hitunglah perubahan entalpi (ΔH) berdasarkan data yang diberikan, serta berikan argumentasi mengenai perbedaan hasil yang diperoleh jika menggunakan Hukum Hess dan menggunakan energi ikatan :

$2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 3H_2O_{(g)}$

Diketahui data berikut :

- $\Delta H^\circ_f\ (NH_{3(g)})$ = −45,9 kJ/mol
- $\Delta H^\circ_f\ (O_{2(g)})$ = 0 kJ/mol
- $\Delta H^\circ_f\ (NO_{(g)})$ = 90,3 kJ/mol
- $\Delta H^\circ_f\ (H_2O_{(g)})$ = −241,8 kJ/mol

Energi ikatan :

- Ikatan N−H = 391 kJ/mol
- Ikatan O=O = 498 kJ/mol
- Ikatan N=O = 607 kJ/mol
- Ikatan O−H = 463 kJ/mol

Apakah hasil perubahan entalpi sama atau berbeda? Jika berbeda, berikan alasannya!

Berikan sanggahan mengenai pernyataan "Metode energi ikatan seharusnya memberikan hasil yang sama dengan Hukum Hess karena keduanya didasarkan pada hukum kekekalan energi"!

Lampiran 4 Kisi – kisi Soal Argumentasi Ilmiah

KISI – KISI SOAL ARGUMENTASI ILMIAH

Jenjang Pendidikan	: SMA
Pelajaran	: Kimia
Kurikulum	: Merdeka Belajar
Kelas	: XI (Sebelas) / Fase F
Jumlah Soal	: 6
Bentuk Soal	: Essay
Materi	: Termokimia
Capaian pembelajaran	**:**Pada akhir Fase F, *siswa* 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 memahami hidrokarbon, termasuk penerapannya dalam keseharian.

Level Keterampilan *Argumentasi* ilmiah

a. Level 1 : *Argumentasi* hanya berupa klaim tanpa didukung oleh bukti atau alasan logis.

b. Level 2 : *Argumentasi* terdiri atas klaim yang disertai dengan bukti, alasan, atau dukungan tetapi tidak mengandung sangkalan

c. Level 3 : *Argumentasi* dengan serangkaian klaim atau klaim berlawanan dengan data, alasan, atau dukungan dengan sangkalan yang lemah yang kadang – kadang terjadi

d. Level 4 : *Argumentasi* dengan serangkaian klaim dengan sangkalan yang dapat diidentifikasi secara jelas. *Argumentasi* ini mungkin memiliki beberapa klaim dan klaim berlawanan.

e. Level 5 : Menampilkan *argumentasi* yang lebih dari satu sangkalan

No Soal	Indikator Soal	Level Argumentasi	Soal	Jawaban
1	Peserta diidk diberikan studi kasus mengenai air dapat diuraikan menjadi hidrogen dan oksigen dalam alat elektrolisis tertutup. *Siswa* mampu menentukan sistem dan lingkungan. *Siswa* mampu menjelaskan alasan yang logis pada soal sebelumnya. *Siswa*	a. Level 1 b. Level 2 c. Level 3 d. Level 4 e. Level 5	2 mol Air (H_2O) dapat diuraikan menjadi 2mol gas hydrogen (H_2) dan 1 mol oksigen (O_2), melalui proses elektrolisis. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut : $2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ Proses ini dilakukan dalam sebuah alat elektrolisis yang tertutup sehingga gas – gas hasil reaksi terkumpul dalam ruang yang sama. a. Berdasarkan konteks diatas tentukan mana yang termasuk system dan mana yang termasuk lingkungan b. Tuliskan kembali jawaban (a) dan jelaskan secara logis dan relevan alasan	a. **Klaim: ::** Sistem adalah 2mol air (H_2O) yang mengalami proses elektrolisis dan menghasilkan 2mol gas hidrogen (H_2) dan 1 mol oksigen (O_2). **Lingkungan:** Lingkungan adalah semua hal di luar sistem, seperti wadah alat elektrolisis dan udara di luar sistem yang tidak secara langsung terlibat dalam reaksi. b. Sistemnya adalah 2mol air (H_2O) yang mengalami proses elektrolisis dan menghasilkan 2mol gas hidrogen (H_2) dan 1 mol oksigen (O_2) **(Klaim)**, karena reaksi kimia terjadi pada air

	mampu menganalisis informasi dari data soal yang diberikan dan mencari kemungkinan yang berlawanan disertai alasan. *Siswa* mampu menyebutkan faktor yang mengubah sistem dari tertutup menjadi terbuka. *Siswa* mampu memberikan sangkalan dan menjelaskan lebih		kamu memilih jawaban tersebut! c. Berdasarkan informasi tersebut, apakah kamu setuju bahwa system ini termasuk system tertutup? Berikan alasannya. Apakah ada kemungkinan bahwa system ini bisa bukan system tertutup? Berikan alasannya d. Sebutkan beberapa kondisi atau factor yang bisa mengubah system ini dari tertutup menjadi terbuka! Dan jelaskan e. Apakah terdapat *argumen* lain yang menyangkal bahwa system ini selalu	tersebut **(alasan)**. Lingkungannya adalah alat elektrolisis **(klaim)**, karena alat tersebut mendukung proses elektrolisis tetapi tidak ikut terlibat dalam reaksi kimia **(alasan)**. c. Berdasarkan reaksi yang terjadi, sistem ini termasuk tertutup **(Klaim)**. Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan tetap berada di dalam alat elektrolisis dan tidak keluar alat, sehingga materi tetap ada dalam sistem. Dengan sistem tertutup, hanya energi yang bisa berpindah, tetapi materi tidak keluar **(alasan/data pendukung)**. Meskipun sistem ini seharusnya tertutup, ada kemungkinan jika alatnya tidak

	dari satu kemungkinan sistem tersebut tertutup			tertutup? Jelaskan lebih dari satu kemungkinan kondisi yang bisa memengaruhi jenis system ini!	sepenuhnya kedap udara, gas yang dihasilkan bisa saja keluar, yang akan mengubah sistem menjadi sistem terbuka **(sangkalan lemah)**. d. Ada bebrapa kondisi yang bisa mengubah system tertutup menjadi terbuka **(klaim)**. Misalnya, jika ada kebocoran pada alat elektrolisis (sambungan yang tidak rapat, retakan pada wadah yang menampung gas), gas hydrogen atau oksigen akan keluar dari alat, sehingga materi tidak lagi terperangkap dan system ini menjadi terbuka. Selain itu, jika alat tersebut rusak atau terjadi perubahan suhu atau tekanan ekstrem, gas – gas

				tersebut bisa juga keluar, mengubah system dari tertutup menjadi terbuka. Misalnya pemanasan berlebihan bisa menyebabkan pelarutan gas ke dalam air, dan penurunan tekanan juga bisa membiarkan gas keluar dengan lebih mudah identifikasi **(alasan/data pendukung dan sanggahan kuat)**. e. Meskipun sistem ini seharusnya tertutup, ada dua faktor tambahan yang dapat membuatnya berubah menjadi terbuka **(klaim utama)**: 1) Kondisi material alat elektrolisis: Jika alat elektrolisis terbuat dari bahan yang mudah pecah atau rapuh pada

				suhu tertentu (misalnya, temperatur tinggi atau suhu ekstrim) **(sangkalan 1)**, alat tersebut bisa pecah atau berretakan, menyebabkan gas-gas keluar dari sistem. Sebagai contoh, pemanasan yang berlebihan pada elektrolisis dapat mempengaruhi bahan alat dan menyebabkan kebocoran gas. Ini akan membuat sistem tidak sepenuhnya kedap, mengubahnya menjadi

				sistem terbuka **(alasan 1)**. 2) Kesalahan dalam proses elektrolisis: Kadang-kadang, jika arus listrik terlalu kuat atau alat tidak berfungsi dengan baik **(sangkalan 2)**, gas yang dihasilkan mungkin tidak tertampung dengan baik dan bisa bocor ke luar alat. Misalnya, penurunan performa elektroda yang menyebabkan gas terlepas lebih cepat dan

				keluar dari sistem **(alasan 2)**.
2	*Siswa* diberikan data hasil percobaan 1 dan 2. *Siswa* mampu menentukan reaksi endoterm dan eksoterm. *Siswa* mampu memberikan alasan atau data mengenai jawaban sebelumnya. *Siswa* mampu memberikan alasan jika terdapat pendapat	a. Level 1 b. Level 2 c. Level 3 d. Level 4 e. Level 5	Di laboratorium, praktikan melakukan dua percobaan reaksi kimia : Percobaaan 1 : Gas hydrogen (H_2) bereaksi dengan gas oksigen (O_2) menghasilkan air (H_2O) dan energi dalam bentuk panas. Persamaan reaksinya adalah: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{9(l)}$ + energi panas Selama reaksi, suhu di sekitar bejana meningkat Percobaan 2 : Asam nitrat (HNO_3) dicampur dengan ammonia (NH_3) di dalam air, menghasilkan ammonium nitrat (NH_4NO_3). Reaksi ini membuat suhu larutan menjadi dingin. Persamaan reaksinya adalah :	a. Percobaan 1 adalah reaksi eksotermik. Percobaan ke 2 adalah reaksi endotermik **(klaim)** b. Reaksi pada percobaan 1 adalah eksotermik **(klaim)**. Hal ini dapat dibuktikan dari kenaikan suhu di sekitar reaksi, yang menunjukkan bahwa energi dilepaskan ke lingkungan sebagai panas **(alasan)**. Reaksi pada percobaan 2 adalah endotermik **(klaim)**. Ini terlihat dari penurunan suhu pada larutan setelah

	yang bertentangan dengan data. Peserta didk mampu memberikan dukungan mengenai informasi dari percobaan 1 dan mampu memberikan sanggahan mengenai pendapat yang berbeda. *Siswa* mampu membrikan dukungan mengenai data		$H_2O_{(l)} + HNO_{3(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow NH_4NO_{3(aq)}$ + penurunan suhu Pertanyaan : a. Tentukan dari kedua percobaan, mana yang termasuk reaksi eksotermik dan reaksi endotermik! b. Jelaskan secara logis dan relevan alasan atau bukti kamu memilih jawaban tersebut pada soal sebelumnya c. Pada percobaan 1, Sebagian siswa berpendapat bahwa reaksi ini endotermik karena ada energi panas yang terlibat. Pada	reaksi berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi menyerap energi dari lingkungan, membuat suhu larutan menjadi lebih dingin **(alasan)**. c. Reaksi pada Percobaan 1 adalah eksotermik **(klaim)**, karena panas dilepaskan selama reaksi sehingga suhu di sekitar bejana meningkat. Dalam informasi yang diberikan, disebutkan bahwa reaksi: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{9(l)}$ + energi panas Terjadi dengan suhu lingkungan yang meningkat, menegaskan bahwa energi

	percobaan 1 dan 2 serta dapat memberikan sanggahan mengenai pendapat yang berbeda dari percobaan 1 dan 2			percobaan 2 beberapa siswa menyatakan bahwa reaksi ini eksotermik karena suhu air berubah. Benarkah pendapat ini? Jelaskan dengan alas an berdasrkan data yang ada! d. Apakah reaksi percobaan pertama bisa dikategorikan sebagai reaksi eksotermik ? jelaskan alasannya berdasarkan data yang ada. Jika ada yang berpendapat bahwa percobaan pertama tidak sepenuhnya eksotermik karena memerlukan sedikit energi untuk memulai reaksi, bagaimana kamu bisa	dari reaksi kimia dilepaskan ke lingkungan **(alasan/data pendukung)**. Oleh karena itu, klaim yang menyatakan bahwa ini adalah reaksi endotermik tidak tepat, karena endotermik mengacu pada reaksi yang menyerap panas dari lingkungan, sementara dalam hal ini justru terjadi pelepasan panas **(sangkalan lemah)**. Reaksi pada Percobaan 2 adalah endotermik **(klaim)**, karena suhu larutan menurun. Dari informasi pada soal, disebutkan bahwa mencampurkan asam nitrat (HNO_3) dan ammonia (NH_3)

				menyanggah pendapat tersebut menggunakan data yang ada!	membuat larutan menjadi dingin :
				e. Apakah kedua reaksi ini dapat dikategorikan sebagai reaksi eksotermik dan endotermik sesuai dengan data yang ada? Jelaskan alasannya. Beberapa orang berpendapat bahwa kedua reaksi ini tidak bisa langsung dikategorikan sebagai reaksi eksoterm dan endoterm karena reaksi pertama membutuhkan energi aktivasi (energi awal untuk memulai reaksi) dan reaksi	$H_2O_{(l)} + HNO_{3(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow NH_4NO_{3(aq)}$ + penurunan suhu Penurunan suhu menunjukkan bahwa energi dari lingkungan diserap untuk memungkinkan reaksi terjadi. Hal ini konsisten dengan sifat reaksi endotermik yang membutuhkan energi tambahan dari luar **(alasan/data pendukung)**. Oleh karena itu, klaim bahwa ini reaksi eksotermik salah, karena tidak ada pelepasan panas ke lingkungan, yang justru berbanding terbalik

			kedua terjadi secara perlahan (penurunan suhu yang tidak signifikan). Apa yang bisa kamu jelaskan untuk menyanggah pendapat ini ? sertakan lebih dari satu *argumen*		dengan ciri eksotermik **(sangkalan lemah)**. d. Percobaan 1 bisa dikategorikan reaksi eksotermik **(klaim)**, berdasarkan data menghasilkan lebih banyak energi dalam bentuk panas **(alasan)**. Namun beberapa orang berpendapat bahwa percobaan pertama tidak sepenuhnya eksotermik karena reaksi pembakaran hidrogen memerlukan sedikit energi awal (aktivasi) untuk memulai reaksi. Meskipun benar bahwa energi aktivasi diperlukan untuk memulai reaksi

				pembakaran, klaim ini tidak mempengaruhi kategori keseluruhan reaksi. Setelah reaksi dimulai, jumlah energi yang dikeluarkan selama reaksi (dalam bentuk panas) jauh lebih besar daripada energi yang dibutuhkan untuk memulai reaksi. Hal ini terlihat jelas ketika suhu di sekitar bejana meningkat. Oleh karena itu, meskipun membutuhkan energi awal, energi yang dikeluarkan selama reaksi jauh lebih dominan, sehingga reaksi ini tetap eksotermik **(sanggahan kuat)**.

				e. **Klaim Reaksi 1** : Reaksi ini adalah eksotermik. Berdasarkan data, reaksi ini menghasilkan energi panas yang berarti energi dilepaskan ke lingkungan selama reaksi. **Klaim berlawanan reaksi 1** : Beberapa orang berpendapat bahwa percobaan pertama tidak bisa disebut eksotermik karena membutuhkan sedikit energi aktivasi untuk memulai reaksi (energi yang diperlukan untuk memulai reaksi kimia). **Sangkalan**: Meskipun benar bahwa reaksi hidrogen dan

				oksigen memerlukan sedikit energi aktivasi untuk memulai reaksi (misalnya percikan api untuk memulai pembakaran), energi yang dihasilkan selama reaksi tersebut dalam bentuk panas jauh lebih besar daripada energi yang diperlukan untuk memulai reaksi. Hal ini terlihat jelas dengan meningkatnya suhu di sekitar bejana selama reaksi, yang menunjukkan bahwa reaksi secara keseluruhan mengeluarkan energi dan dapat dikategorikan sebagai eksotermik. Oleh karena itu, energi aktivasi tidak

				mengubah fakta bahwa reaksi ini adalah eksotermik. **Klaim Reaksi 2** : reaksi endotermik. Berdasarkan data, reaksi ini menyerap lebih banyak energi daripada yang dikeluarkan menyebabkan penurunan suhu. **Klaim berlawanan reaksi 2**: Beberapa orang berpendapat bahwa reaksi kedua tidak sepenuhnya endotermik karena reaksi terjadi perlahan dan penurunan suhu yang terjadi tidak cukup signifikan untuk membuktikan sifat endotermiknya.

				Sangkalan: Kecepatan reaksi tidak mempengaruhi apakah suatu reaksi adalah endotermik atau eksotermik. Penting untuk melihat proses energi selama reaksi. Reaksi kedua tetap endotermik karena penurunan suhu yang terjadi, yang berarti bahwa reaksi ini menyerap energi dari lingkungan selama reaksi. Meskipun reaksi ini tidak terjadi secepat pembakaran hidrogen dan oksigen, fakta bahwa suhu menurun tetap menunjukkan bahwa reaksi ini endotermik, karena

				energi diserap, meskipun terjadi lebih lambat.
3	Peserta diidk diberikan studi kasus mengenai pembakaran etana dalam wadah tertutup. *Siswa* mampu menjelaskan hubungannya dengan hukum 1 termodinamika. *Siswa* mampu menjelaskan alasan yang logis pada soal sebelumnya. *Siswa* mampu	a. Level 1 b. Level 2 c. Level 3 d. Level 4 e. Level 5	Pada reaksi pembakaran etena (C_2H_6) dalam wadah tertutup, etena bereaksi dengan oksigen (O_2) membentuk karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), sambil melepaskan energi panas sebesar 1560 kJ. Persamaan reaksinya adalah : $C_2H_{6(g)} + 3{,}5\ O_{2(g)} \rightarrow 2\ CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$ Pertanyaan : a. Bagaimana hukum pertama termodinamika diterapkan dalam reaksi pembakaran etana ini? b. Jelaskan secara logis dan relevan alasan kamu memilih jawaban tersebut pada soal (a)!	a. Energi ini berasal dari perubahan entalpi reaktan menjadi produk yang lebih stabil dengan energi potensial lebih rendah, sehingga kelebihan energi dilepaskan sebagai panas **(klaim)**. b. Alasannya adalah hukum pertama termodinamika berlaku untuk semua proses fisika dan kimia, termasuk reaksi pembakaran **(alasan)**. Energi kimia dalam reaktan (etana dan oksigen) berubah menjadi energi panas pada produk (karbon dioksida dan air) **(klaim)**. Karena wadah tertutup, tidak ada kerja (W) yang dilakukan oleh sistem terhadap

	menganalisis kemungkinan yang berlawanan disertai alasan. *Siswa* mampu menganalisis kemungkinan yang terjadi dan memberikan sangkalan pada kemungkinan tersebut. *Siswa* mampu memberikan sangkalan dari dua pendapat yang kurang tepat.		c. Menurut mu, adakah kemungkinan energi berubah bentuk menjadi energi yang sulit dideteksi? Jelaskan pendapatmu dengan alasan ilmiah yang relevan! d. Jika ada yang berpendapat bahwa ada energi yang hilang dalam sistem ini, bagaimana kamu bisa menyanggah pendapat tersebut menggunakan data yang ada? e. Berdasarkan hukum pertama termodinamika, energi tidak bisa diciptakan atau dimusnahkan, hanya bisa berubah bentuk. Berdasarkan data tersebut, ada dua pendapat yang muncul:	lingkungan ($\Delta V = 0$), sehingga seluruh perubahan energi muncul sebagai panas yang dilepaskan **(alasan/data pendukung)**. c. Energi dapat berubah bentuk menjadi energi yang sulit dideteksi, seperti energi vibrasi molekul atau energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik (radiasi). Dalam hukum pertama termodinamika, energi dapat berubah bentuk menjadi energi dalam yang tidak selalu terdeteksi secara langsung oleh alat ukur suhu atau tekanan. Misalnya, energi dapat diserap sebagai energi vibrasi atau rotasi pada molekul produk reaksi **(alasan/data pendukung)**.

			Pendapat 1: Ada yang berpendapat bahwa reaksi ini tidak seharusnya melepaskan sebanyak 1560 kJ energi, karena meskipun reaksi pembakaran terjadi dalam wadah tertutup, suhu wadah tidak meningkat secara signifikan. **Pendapat 2:** Ada yang berpendapat bahwa energi tidak hilang, tetapi jika energi 1560 kJ dilepaskan sebagai panas, berarti sebagian energi akan tersebar ke luar wadah dan tidak sepenuhnya terperangkap dalam sistem. Apakah pendapat – pendapat tersebut dapat disangkal dengan	Berdasarkan hukum pertama termodinamika, energi tidak bisa hilang, melainkan hanya berubah bentuk **(klaim)**. Jika energi berubah menjadi bentuk yang sulit dideteksi, hal ini masih konsisten dengan hukum kekekalan energi, sehingga tidak ada energi yang "hilang" atau "tersembunyi" dalam sistem **(sanggahan lemah)**. d. Energi tidak bisa hilang, melainkan berubah bentuk **(klaim)**. Dalam kasus ini, energi kimia diubah menjadi panas sebesar 1560 kJ. Karena sistem dalam wadah tertutup, energi yang dilepaskan tetap ada dalam bentuk panas di dalam sistem atau

			hukum pertama termodinamika? Jelaskan!		bisa tersebar ke lingkungan melalui konduksi atau radiasi **(alasan/data pendukung)**, tetapi tidak benar-benar "hilang."**(sanggahan kuat)** e. **Pendapat 1 :** Pendapat ini bisa disangkal dengan hukum pertama termodinamika **(klaim 1)**. Energi dilepaskan sebesar 1560 kJ sebagai panas karena perbedaan energi potensial kimia antara reaktan dan produk. Meskipun suhu wadah tidak meningkat secara signifikan, energi panas bisa disebarkan secara merata dalam sistem atau diserap oleh dinding wadah **(alasan 1)**, sehingga tidak terlihat perbedaan suhu yang besar **(sangkalan 1)**.

				Pendapat 2 : Pendapat ini juga bisa disangkal dengan hukum pertama termodinamika **(klaim 2)**. Jika sebagian energi tersebar ke luar wadah, energi tersebut tidak hilang melainkan berpindah ke lingkungan **(alasan 2)**. Hukum pertama termodinamika tetap berlaku karena energi hanya berubah bentuk dan berpindah tempat, tidak diciptakan atau dimusnahkan **(sanggahan 2)**.
4	*Siswa* diberikan studi kasus mengenai pembentukan metanol. *Siswa* mampu	a. Level 1 b. Level 2 c. Level 3 d. Level 4 e. Level 5	Diketahui persamaan termokimia untuk reaksi pembakaran metanol sebagai berikut: $2CH_3OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -1452.8$ kJ	a. Setelah pembalikan nilai ΔH menjadi positif yang berarti reaksi endoterm **(klaim)** b. Reaksi yang terjadi setelah pembalikan yaitu reaksi endoterm **(klaim)** karena ΔH adalah

	menentukan nilai perubahan entalpi setelah dimodifikasi. *Siswa* mampu menjelaskan alasan yang logis pada soal sebelumnya. *Siswa* mampu menganalisis kemungkinan yang berlawanan disertai alasan. *Siswa* mampu menganalisis pendapat berbeda dan memberikan alasan. *Siswa*		Persamaan ini menunjukkan Ketika dua molekul methanol (CH_3OH) dibakar dalam oksigen, dua molekul karbon dioksida (CO_2) dan empat molekul air (H_2O) terbentuk, dam 1452.8 kJ energi dileapaskan. Selanjutnya, kemudian persamaan reaksi dibalik arahnya. Berikut pertanyaan yang diberikan : a. Apakah setelah pembalikan reaksi tersebut menjadi endoterm atau eksoterm? b. Jelaskan secara logis dan relevan alasan kamu memilih jawaban tersebut pada soal (a)! c. Jika ada pendapat bahwa reaksi balik dari pembakaran metanol tidak mungkin terjadi secara alami karena memerlukan energi yang sangat besar. Menurutmu,	perubahan energi total dalam reaksi kimia. Pembalikan reaksi mengubah arah aliran energi dari dilepaskan ke diserap, sehingga mengubah tanda ΔH. ΔH bernilai positif, ini menunjukkan bahwa energi diserap ke dalam sistem **(alasan/data pendukung).** c. Setuju dengan pendapat tersebut bahwa reaksi balik pembakaran metanol tidak mungkin terjadi secara alami karena memerlukan energi yang sangat besar **(Klaim).** Hal ini disebabkan karena pembakaran metanol merupakan reaksi eksoterm yang melepaskan energi dalam jumlah besar ke lingkungan. Untuk menjalankan reaksi balik (reaktan kembali

	mampu memberikan sangkalan dari pendapat yang kurang tepat.		apakah kamu setuju atau tidak setuju dengan pendapat tersebut? Jelaskan jawabanmu dengan alasan yang logis dan data yang mendukung d. Apa yang bisa kamu katakana jika ada orang yang berpendapat bahwa pembalikan reaksi ini tidak akan menguabah entalpinya e. Bagaimana kamu bisa menyangkal jika ada yang berpendapat bahwa meskipun reaksi ini dibalik nilai ΔH tetap tidak berubah dan pendapat mengenai pembalikan reaksi ini memerlukan energi yang tetap sama	terbentuk dari produk), dibutuhkan energi dalam jumlah yang setara atau lebih besar dari energi yang dilepaskan agar ikatan dalam molekul produk (CO_2 dan H_2O) dapat dipecah **(alasan/data pendukung)**. Meskipun demikian, pada kondisi laboratorium atau industri, reaksi ini masih bisa dilakukan dengan teknologi tertentu **(sangkalan lemah)**. d. Jika ada yang berpendapat bahwa pembalikan reaksi tidak akan mengubah entalpi, argumen tersebut jelas salah **(klaim dan sanggahan kuat)**. Hal ini karena entalpi (ΔH) tidak hanya tergantung pada jumlah zat yang

				terlibat dalam reaksi, tetapi juga pada arah aliran energi selama reaksi berlangsung. Ketika reaksi dibalik, energi yang dilepaskan dalam reaksi asli akan berubah menjadi energi yang diserap, yang mengubah tanda ΔH menjadi positif **(alasan/data pendukung)**. e. Pendapat ΔH tidak berubah meskipun reaksi dibalik tidak benar **(klaim 1)**, karena menurut hukum termodinamika, perubahan entalpi (ΔH) bersifat terbalik terhadap arah reaksi **(alasan 1)**. Jika reaksi dibalik, maka energi yang sebelumnya dilepaskan (nilai ΔH negatif) sekarang harus diserap (nilai ΔH

				positif). Pembalikan arah reaksi menyebabkan perubahan dalam cara energi dipindahkan, dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya, yang mengharuskan ΔH berubah tanda **(sangkalan kuat)**. Pendapat energi yang diperlukan tidak berubah setelah pembalikan juga tidak sesuai **(klaim 2)**, karena ketika reaksi dibalik, energi yang dibutuhkan juga berubah. Pada reaksi pembakaran metanol yang bersifat eksotermik (nilai ΔH negatif), energi dilepaskan. Setelah pembalikan reaksi, energi harus diserap (endoterm), yaitu jumlah energi yang dibutuhkan menjadi lebih

				besar. Energi yang diperlukan untuk membalikkan reaksi berasal dari nilai ΔH yang telah berubah tanda menjadi positif setelah pembalikan, mengindikasikan bahwa reaksi sekarang membutuhkan energi daripada melepaskannya **(alasan/data pendukung 2)**. Oleh karena itu, energi yang diperlukan setelah pembalikan reaksi bukanlah sama seperti sebelum pembalikan **(sangkalan 2)**.
5	Peserta diidk diberikan studi kasus mengenai pembentukan standar karbon	a. Level 1 b. Level 2 c. Level 3 d. Level 4 e. Level 5	Entalpi pembentukan standar karbon dioksida (CO_2) adalah -393,5 kJ/mol, dengan reaksi : $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H$ = -393,5 kJ	a. Reaksi pembentukan karbon dioksida dari karbon dan oksigen bersifat eksoterm **(klaim)**

	dioksida. *Siswa* mampu menentukan jenis reaksi tersebut. *Siswa* mampu menjelaskan alasan yang logis pada soal sebelumnya. *Siswa* mampu menganalisis kemungkinan yang berlawanan disertai alasan. *Siswa* mampu menganalisis dua pendapat berbeda dan memberikan alasan pada		Reaksi ini menunjukkan bahwa pembentukan 1 mol karbon dioksida dari karbon dan oksigen selalu melepaskan energi sebesar 393,5 kJ Pertanyaan : a. Apa jenis reaksi pembentukan karbon dioksida? (eksoterm/endoterm) b. Jelaskan secara logis dan relevan alasan kamu memilih jawaban tersebut pada soal (a)! c. Jika ada yang berpendapat bahwa "Reaksi pembentukan karbon dioksida adalah reaksi	b. Nilai perubahan entalpi (ΔH) pada reaksi tersebut adalah **-** 393,5 kJ, yang berarti terjadi pelepasan energi selama reaksi berlangsung. Dalam reaksi eksoterm, energi produk lebih rendah daripada energi pereaksi, sehingga selisih energinya dilepaskan dalam bentuk panas ke lingkungan **(alasan/data pendukung)**. Karena nilai ΔH negatif, hal ini menunjukkan bahwa reaksi tersebut termasuk reaksi eksoterm **(klaim)**. c. Pernyataan ini kurang tepat **(klaim)** karena reaksinya melibatkan perubahan fasa

	pendapat yang sesuai dan memberikan sangkalan pada pendapt yang kurang sesuai. *Siswa* mampu memberikan sangkalan dari dua pendapat yang kurang tepat.			endoterm". Berikan alasan yang mendukung dan menyangkal pendapat tersebut. d. Pendapat 1 : reaksi pembentukan CO_2 dari karbon dan oksigen adalah reaksi endoterm, karena pada awalnya harus ada energi yang disuplai agar ikatan antara atom karbon dan oksigen dapat terbentuk dengan stabil. Pendapat 2 : reaksi tersebut adalah reaksi	dari karbon padat menjadi gas karbon dioksida yang membutuhkan energi **(alasan/data pendukung).** Meskipun reaksi melibatkan perubahan fasa (dari padat menjadi gas), sifat endoterm atau eksoterm tidak hanya tergantung pada perubahan fasa tetapi pada perubahan entalpi reaksi **(sanggahan lemah)**. d. Pernyataan yang benar : pendapat 2 " reaksi tersebut adalah reaksi eksoterm, karena CO_2 lebih stabil daripada karbon dan oksigen, sehingga menghasilkan energi yang

				eksoterm, karena CO_2 lebih stabil daripada karbon dan oksigen, sehingga menghasilkan energi yang dilepaskan dalam bentuk panas saat ikatan terbentuk. Jelaskan alasan untuk pendapat yang benar dan berikan sangkalan pada pendapat yang salah e. Pendapat 1 : Pembakaran karbon dalam keadaan gas dengan oksigen menghasilkan perubahan entalpi	dilepaskan dalam bentuk panas saat ikatan terbentuk" **(klaim)** **Alasan** : ΔH = -393,5 kJ menunjukkan bahwa reaksi ini menghasilkan energi, yang berarti energi dilepaskan selama reaksi. Energi ini dilepaskan dalam bentuk panas, karakteristik dari reaksi eksoterm. Reaksi pembentukan CO_2 terjadi karena unsur-unsur C dan O membentuk ikatan yang lebih stabil dalam bentuk CO_2, dan stabilitas ini menyebabkan pelepasan energi.

			yang lebih besar dibandingkan dengan pembakaran karbon dalam keadaan padat pada kondisi standar. Pendapat 2 : Proses perubahan entalpi dalam pembakaran karbon menghasilkan panas, namun pada reaksi pembentukan karbon dioksida, reaksi tersebut berlangsung secara endotermik pada suhu tinggi. Kedua pendapat diatas kurang tepat, berikan analisis yang	**Sangkalan pada pendapat 1** "reaksi pembentukan CO_2 dari karbon dan oksigen adalah reaksi endoterm, karena pada awalnya harus ada energi yang disuplai agar ikatan antara atom karbon dan oksigen dapat terbentuk dengan stabil" yaitu : pernyataan ini tidak sesuai dengan data yang diberikan (ΔH negatif). Dalam reaksi endoterm, energi diserap untuk memutuskan ikatan dan membentuk produk, tetapi dalam hal ini, ΔH negatif menunjukkan bahwa ikatan yang terbentuk dalam CO_2 lebih kuat dan stabil,

				mendalam mengenai kedua pendapat diatas yang berupa alasan yang mendukung bahwa kedua pendapat tersebut kurang tepat!	sehingga energi lebih banyak dikeluarkan daripada yang dibutuhkan untuk memulai reaksi. e. Pendapat 1 : Pembakaran karbon dalam bentuk gas biasanya memerlukan energi aktivasi yang lebih besar, sehingga perubahan entalpi pembakaran $C_{(g)}$ lebih kecil dibandingkan pembakaran $C_{(s)}$ pada kondisi standar **(klaim 1)**. Karena karbon padat membutuhkan lebih sedikit energi untuk berpartisipasi dalam reaksi dengan oksigen dalam kondisi standar **(alasan 1)**. Pembakaran $C_{(s)}$ lebih

				eksotermik dibandingkan $C_{(g)}$ pada suhu dan tekanan standar **(sangkalan 1)**. Pendapat 2 : Pada pembakaran karbon dioksida, reaksi pembentukan CO_2 dalam kondisi standar selalu eksotermik **(klaim 2)**. Artinya, reaksi tersebut melepaskan energi dalam bentuk panas. Pada suhu tinggi, meskipun dapat terjadi perubahan dalam entalpi, pembakaran karbon tetap akan bersifat eksotermik dalam kondisi standar karena energi yang dilepaskan lebih besar

				daripada yang diserap **(alasan 2)**. Oleh karena itu, pembentukan CO_2 tidak bersifat endotermik pada suhu tinggi, melainkan tetap eksotermik **(sangkalan 2)**.
6	*Siswa* diberikan data $\Delta H°_f$ dan harga ikatan. *Siswa* mampu menentukan menghitung perubahan entalpi dengan menggunakan metode hukum hess dan energi ikatan. *Siswa* mampu	a. Level 1 b. Level 2 c. Level 3 d. level 4 e. Level 5	Perhatikan reaksi berikut ini : $C_2H_{6(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$ Diketahui data berikut : $\Delta H°_f$ ($C_2H_{6(g)}$) : - 84.7 kJ/mol $\Delta H°_f$($O_{2(g)}$) : 0 kJ/mol $\Delta H°_f$ ($CO_{2(g)}$) : - 393.5 kJ/mol $\Delta H°_f$($H_2O_{(g)}$) : -241,8 kJ/mol Energi ikatan Ikatan C−H : 410 kJ/mol Ikatan C−C : 348 k/mol Ikatan O=O : 498 kJ/mol Ikatan C=O : 799 kJ/mol Ikatan O−H : 463 kJ/mol	a. Perhitungan menggunakan hukum hess $\Delta H°$reaksi = $\sum \Delta H°_f$produk− $\sum \Delta H°_f$pereaksi $\Delta H°$reaksi = [4(- 393,5) + 6(-241,8)] – [1(-84.7) + 5(0)] $\Delta H°$reaksi = [-1574 – 1450,8] – [-84,7] $\Delta H°$reaksi = - 3.024,8 + 84,7 $\Delta H°$reaksi = - 2.940,1 kJ/mol Perhitungan menggunakan energi ikatan Energi untuk memutuskan ikatan pada reaktan C−C (1 ikatan) : 348 kJ/mol

	memberikan alasan atau data mengenai jawaban sebelumnya. *Siswa* mampu memberikan alasan jika terdapat pendapat yang bertentangan dengan data. Peserta didk mampu memberikan dukungan mengenai kemungkinan yang terjadi. *Siswa* mampu memberikan		Pertanyaan : a. Hitunglah perubahan entalpi ΔH menggunakan hukum hess dan energi ikatan! b. Apakah hasil perubahan entalpi sama atau berbeda? Jika berbeda berikan alasannya! c. Jika ada pendapat bahwa metode energi ikatan lebih akurat karena langsung menghitung energi yang terlibat dalam pembentukan dan pemutusan ikatan kimia tanpa perlu bergantung pada data eksperimen. Bagaimana tanggapan mu mengenai pendapat tersebut berikan alasan dan sanggahan mengenai pernyataan tersebut!	C−H (6 ikatan) : 6 × 410 : 2460 kJ/mol O=O (5 ikatan) : 5 × 498 : 2490 kJ/mol Total energi ikatan = 348 + 2460 + 2490 = 5298 kJ/mol Energi yang dilepaskan saat membentuk ikatan pada produk C=O (4 ikatan) : 4 × 799 = 3196 kJ/mol O−H (6 ikatan) : 6 × 463 = 2778 kJ/mol Total energi ikatan = 3196 + 2778 = 5974 kJ/mol Perubahan entalpi reaksi $\Delta H_{reaksi} = \sum \Delta EI_{kiri} - \sum \Delta EI_{kanan}$ ΔH_{reaksi} = 5974 – 5298 = 676 kJ/mol **(klaim)** b. Hasil perubahan entalpi yang menggunakan hukum hess dan energi ikatan berbeda **(klaim)**, karena pada metode hukum hess hasil entalpi pembentukan

	sanggahan mengenai metode energi ikatan seharusnya memberikan hasil yang sama dengan hukum hess		d. Jika ada yang berpendapat bahwa metode energi ikatan lebih akurat karena mempertimbangkan energi pemutusan dan pembentukan ikatan secara langsung dalam reaksi. Berikan pendapat yang mendukung pernyataan tersebut! e. Berikan sangggahan mengenai pernyataan "Metode energi ikatan seharusnya memberikan hasil yang sama dengan Hukum Hess karena keduanya didasarkan pada hukum kekekalan energi"	standar diperoleh dari eksperimen langsung sementara pada metode energi ikatan menggunakan perhitungan nilai rata – rata yang diperoleh dari berbagai senyawa **(alasan/data pendukung)**. c. Energi ikatan lebih kuat **(klaim)**, pernyataan tersebut memiliki kelemahan **(sanggahan lemah),** karena energi ikatan yang digunakan dalam perhitungan adalah nilai rata-rata dari berbagai molekul, bukan nilai spesifik dari molekul dalam reaksi ini. Selain itu, metode ini tidak memperhitungkan perbedaan fase zat (misalnya, entalpi

				penguapan atau kondensasi) **(alasan/data pendukung)**. d. Metode energi ikatan lebih akurat karena mempertimbangkan energi ikatan secara langsung **(klaim)**. Energi ikatan yang digunakan dalam perhitungan merupakan nilai rata-rata, bukan nilai spesifik dari molekul dalam reaksi. Pada metode ini tidak mempertimbangkan energi tambahan seperti entalpi perubahan fase (misalnya, penguapan H_2O dari cair ke gas) yang memengaruhi hasil akhir. Terbukti dari hasil yang sangat berbeda dengan metode eksperimen **(alasan/data pendukung)**. Metode energi

				ikatan memang memberikan gambaran kasar mengenai energi reaksi, tetapi hasilnya tidak selalu akurat karena ada faktor lain yang tidak diperhitungkan, seperti keadaan fisik zat dan efek lingkungan **(sangkalan kuat)**. e. Metode energi ikatan menggunakan nilai rata-rata energi ikatan **(klaim 1)**, bukan nilai eksperimental spesifik untuk molekul dalam kondisi tertentu **(alasan 1)**. Akibatnya, hasilnya bisa berbeda dari data eksperimen yang digunakan dalam Hukum Hess **(sangkalan 1)**. Metode energi ikatan tidak mempertimbangkan perubahan fase atau interaksi antarmolekul

				yang bisa memengaruhi entalpi reaksi **(asalan 2)**. Hukum Hess lebih akurat **(klaim 2)** karena sudah mencakup semua faktor ini dalam data eksperimen **(sangkalan 2)**.

Rubrik Penilaian

Level	Kriteria Jawaban	skor
1	Jawban hanya berupa pernyataan tanpa penjelasan atau alasan yang jelas. Tidak ada konsep ilmiah yang digunakan	1
2	Jawaban mengandung pernyataan yang benar, tetapi masih kurang jelas atau tidak didukung oleh alasan yang kuat. Konsep ilmiah masih minim.	2
3	Jawaban sudah benar dan disertai alasan, tetapi kurang mendalam atau belum terstruktur dengan baik. Menggunakan konsep ilmiah dasar.	3

4	Jawaban benar, memiliki alasan yang logis dan cukup mendalam. Konsep ilmiah sudah digunakan dengan baik, tetapi belum menyertakan contoh atau hubungan dengan fenomena lain.	4
5	Jawaban sangat lengkap, mendalam, dan terstruktur dengan baik. Alasan kuat, menggunakan konsep ilmiah yang tepat, serta didukung dengan contoh atau hubungan dengan fenomena lain.	5

Lampiran 5 Soal Argumentasi Ilmiah

Petunjuk Pengerjaan Soal

1. Bacalah soal dengan teliti dan pahami pernyataan atau fenomena yang diberikan.
2. Kamu punya waktu **90 menit untuk mengerjakan setiap soal** dengan membuat jawaban *argumentasi* ilmiah.
3. Susun jawabanmu dengan urutan berikut:
    a. Level 1 : *Argumentasi* hanya berupa klaim tanpa didukung oleh bukti atau alasan logis.
    b. Level 2 : *Argumentasi* terdiri atas klaim yang disertai dengan bukti, alasan, atau dukungan tetapi tidak mengandung sangkalan
    c. Level 3 : *Argumentasi* dengan serangkaian klaim atau klaim berlawanan dengan data, alasan, atau dukungan dengan sangkalan yang lemah yang kadang – kadang terjadi
    d. Level 4 : *Argumentasi* dengan serangkaian klaim dengan sangkalan yang dapat diidentifikasi secara jelas. *Argumentasi* ini mungkin memiliki beberapa klaim dan klaim berlawanan.
    e. Level 5 : Menampilkan *argumentasi* yang lebih dari satu sangkalan

    Keterangan :

    - **Klaim:** Nyatakan pendapat atau jawabanmu secara jelas.

- **Alasan/Bukti:** Jelaskan alasan atau data yang mendukung pendapatmu.
- **Sangkalan:** Jika ada pendapat lain yang berbeda, berikan tanggapan atau sangkalan terhadap pendapat tersebut.
- **Pengembangan Sangkalan:** Jelaskan mengapa sangkalanmu itu benar dan pendapat lain kurang tepat (untuk jawaban tingkat lanjut).

4. Susun jawaban secara runtut sesuai urutan agar mudah dipahami dan jelas.
5. Kerjakan dengan jujur dan berikan argumen yang sebaik mungkin.

Jawablah pertanyaan – pertanyaan berikut !

1. 2 mol Air (H_2O) dapat diuraikan menjadi 2mol gas hidrogen (H_2) dan 1 mol oksigen (O_2), melalui proses elektrolisis. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

Proses ini dilakukan dalam sebuah alat elektrolisis yang tertutup sehingga gas – gas hasil reaksi terkumpul dalam ruang yang sama.

f. Berdasarkan konteks diatas tentukan mana yang termasuk sistem dan mana yang termasuk lingkungan

g. Tuliskan kembali jawaban (a) dan jelaskan secara logis dan relevan alasan kamu memilih jawaban tersebut !

h. Berdasarkan informasi tersebut, apakah kamu setuju bahwa sistem ini termasuk sistem tertutup? Berikan alasannya. Apakah ada kemungkinan bahwa sistem ini bisa bukan sistem tertutup? Berikan alasannya

i. Apakah sistem ini selalu tertutup? Berikan alasannya. Jika sistem ini bisa menjadi sistem terbuka jelaskan beberapa kondisi atau faktor yang bisa mengubah sistem ini dari tertutup menjadi terbuka!

j. Apakah terdapat argumen lain yang menyangkal bahwa sistem ini selalu tertutup? Jelaskan lebih dari satu *argumen* yang bisa memengaruhi jenis sistem ini!

2. Di laboratorium, praktikan melakukan dua percobaan reaksi kimia :

   Percobaaan 1 : Gas hydrogen (H_2) bereaksi dengan gas oksigen (O_2) menghasilkan air (H_2O) dan energi dalam bentuk panas. Persamaan reaksinya adalah:

   $$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{9(l)} + \text{energi panas}$$

   Selama reaksi, suhu di sekitar bejana meningkat

   Percobaan 2 : Asam nitrat (HNO_3) dicampur dengan ammonia (NH_3) di dalam air, menghasilkan ammonium nitrat (NH_4NO_3). Reaksi ini membuat suhu larutan menjadi dingin. Persamaan reaksinya adalah :

   $$H_2O_{(l)} + HNO_{3(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow NH_4NO_{3(aq)}$$

   Selama reaksi, suhu di sekitar bejana menurun

   Pertanyaan :

f. Tentukan dari kedua percobaan, mana yang termasuk reaksi eksotermik dan reaksi endotermik!
g. Tuliskan kembali jawaban (a) dan jelaskan secara logis dan relevan alasan atau bukti kamu memilih jawaban tersebut !
h. Pada percobaan 1, Sebagian siswa berpendapat bahwa reaksi ini endotermik karena ada energi panas yang terlibat. Pada percobaan 2 beberapa siswa menyatakan bahwa reaksi ini eksotermik karena suhu air berubah. Benarkah pendapat ini? Jelaskan dengan alasan berdasarkan data yang ada!
i. Apakah reaksi percobaan pertama bisa dikategorikan sebagai reaksi eksotermik ? jelaskan alasannya berdasarkan data yang ada. Jika ada yang berpendapat bahwa percobaan pertama tidak sepenuhnya eksotermik karena memerlukan sedikit energi untuk memulai reaksi, bagaimana kamu bisa menyanggah pendapat tersebut menggunakan data yang ada!
j. Apakah kedua reaksi ini dapat dikategorikan sebagai reaksi eksotermik dan endotermik sesuai dengan data yang ada? Jelaskan alasannya. Beberapa orang berpendapat bahwa kedua reaksi ini tidak bisa langsung dikategorikan sebagai reaksi eksoterm dan endoterm karena reaksi pertama membutuhkan energi aktivasi (energi awal untuk memulai reaksi) dan reaksi kedua terjadi secara perlahan (penurunan suhu yang tidak

signifikan). Apa yang bisa kamu jelaskan untuk menyanggah pendapat ini ? sertakan lebih dari satu *argumen*.

3. Pada reaksi pembakaran etena (C_2H_6) dalam wadah tertutup, etena bereaksi dengan oksigen (O_2) membentuk karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), sambil melepaskan energi panas sebesar 1560 kJ. Persamaan reaksinya adalah :

$$C_2H_{6(g)} + 3{,}5\ O_{2(g)} \rightarrow 2\ CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

Pertanyaan :

a. Bagaimana hukum pertama termodinamika diterapkan dalam reaksi pembakaran etana ini?
b. Tuliskan kembali jawaban (a) dan jelaskan secara logis dan relevan alasan kamu memilih jawaban tersebut!
c. Menurut mu, adakah kemungkinan energi berubah bentuk menjadi energi yang sulit dideteksi? Jelaskan pendapatmu dengan alasan ilmiah yang relevan!
d. Jika ada yang berpendapat bahwa ada energi yang hilang dalam sistem ini, bagaimana kamu bisa menyanggah pendapat tersebut menggunakan data yang ada?
e. Berdasarkan hukum pertama termodinamika, energi tidak bisa diciptakan atau dimusnahkan, hanya bisa berubah bentuk. Berdasarkan data tersebut, ada dua pendapat yang muncul:

   Pendapat 1: Ada yang berpendapat bahwa reaksi ini tidak seharusnya melepaskan sebanyak 1560 kJ energi,

karena meskipun reaksi pembakaran terjadi dalam wadah tertutup, suhu wadah tidak meningkat secara signifikan.

Pendapat 2: Ada yang berpendapat bahwa energi tidak hilang, tetapi jika energi 1560 kJ dilepaskan sebagai panas, berarti sebagian energi akan tersebar ke luar wadah dan tidak sepenuhnya terperangkap dalam sistem.

Apakah pendapat – pendapat tersebut dapat disangkal dengan hukum pertama termodinamika? Jelaskan!

4. Diketahui persamaan termokimia untuk reaksi pembakaran metanol sebagai berikut:

$$2CH_3OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -1452.8 \text{ kJ}$$

Persamaan ini menunjukkan Ketika dua mol methanol (CH_3OH) dibakar dalam oksigen, dua mol karbon dioksida (CO_2) dan empat mol air (H_2O) terbentuk, dan 1452.8 kJ energi dilepaskan.

Selanjutnya, kemudian persamaan reaksi ini dibalik arahnya. Berikut pertanyaan yang diberikan :

f. Apakah setelah pembalikan reaksi tersebut menjadi endoterm atau eksoterm?
g. Jelaskan secara logis dan relevan alasan kamu memilih jawaban tersebut pada soal (a)!

h. Jika ada pendapat bahwa reaksi balik dari pembakaran metanol tidak mungkin terjadi secara alami karena memerlukan energi yang sangat besar. Menurutmu, apakah kamu setuju atau tidak setuju dengan pendapat tersebut? Jelaskan jawabanmu dengan alasan yang logis dan data yang mendukung

i. Apa yang bisa kamu katakan jika ada orang yang berpendapat bahwa pembalikan reaksi ini tidak akan mengubah entalpinya

j. Bagaimana kamu bisa menyangkal jika ada yang berpendapat bahwa meskipun reaksi ini dibalik nilai ΔH tetap tidak berubah dan pendapat mengenai pembalikan reaksi ini memerlukan energi yang tetap sama.

5. Entalpi pembentukan standar karbon dioksida (CO_2) adalah -393,5 kJ/mol, dengan reaksi :

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = \text{-}393{,}5 \text{ kJ}$$

Reaksi ini menunjukkan bahwa pembentukan 1 mol karbon dioksida dari karbon dan oksigen selalu melepaskan energi sebesar 393,5 kJ

Pertanyaan :

a. Apa jenis reaksi pembentukan karbon dioksida? (eksoterm/endoterm)

b. Jelaskan secara logis dan relevan alasan kamu memilih jawaban tersebut pada soal (a)!

c. Jika ada yang berpendapat bahwa "Reaksi pembentukan karbon dioksida adalah reaksi endoterm". Berikan alasan yang mendukung dan menyangkal pendapat tersebut.

d. Pendapat 1 : reaksi pembentukan CO_2 dari karbon dan oksigen adalah reaksi endoterm, karena pada awalnya harus ada energi yang disuplai agar ikatan antara atom karbon dan oksigen dapat terbentuk dengan stabil.

   Pendapat 2 : reaksi tersebut adalah reaksi eksoterm, karena CO_2 lebih stabil daripada karbon dan oksigen, sehingga menghasilkan energi yang dilepaskan dalam bentuk panas saat ikatan terbentuk.

   Jelaskan alasan untuk pendapat yang benar dan berikan sangkalan pada pendapat yang salah

e. Pendapat 1 : Pembakaran karbon dalam keadaan gas dengan oksigen menghasilkan perubahan entalpi yang lebih besar dibandingkan dengan pembakaran karbon dalam keadaan padat pada kondisi standar.

   Pendapat 2 : Proses perubahan entalpi dalam pembakaran karbon menghasilkan panas, namun pada reaksi pembentukan karbon dioksida, reaksi tersebut berlangsung secara endotermik pada suhu tinggi. Kedua pendapat diatas kurang tepat, berikan analisis yang mendalam mengenai kedua pendapat diatas yang berupa alasan yang mendukung bahwa kedua pendapat tersebut kurang tepat!

6. Perhatikan reaksi berikut ini :

   $C_2H_{6(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$

   Diketahui data berikut :

   $\Delta H°_f$ $(C_2H_{6(g)})$: - 84.7 kJ/mol

   $\Delta H°_f(O_{2(g)})$: 0 kJ/mol

   $\Delta H°_f$ $(CO_{2(g)})$: - 393.5 kJ/mol

   $\Delta H°_f(H_2O_{(g)})$: -241,8 kJ/mol

   Energi ikatan

   Ikatan C−H : 410 kJ/mol

   Ikatan C−C : 348 k/mol

   Ikatan O=O : 498 kJ/mol

   Ikatan C=O : 799 kJ/mol

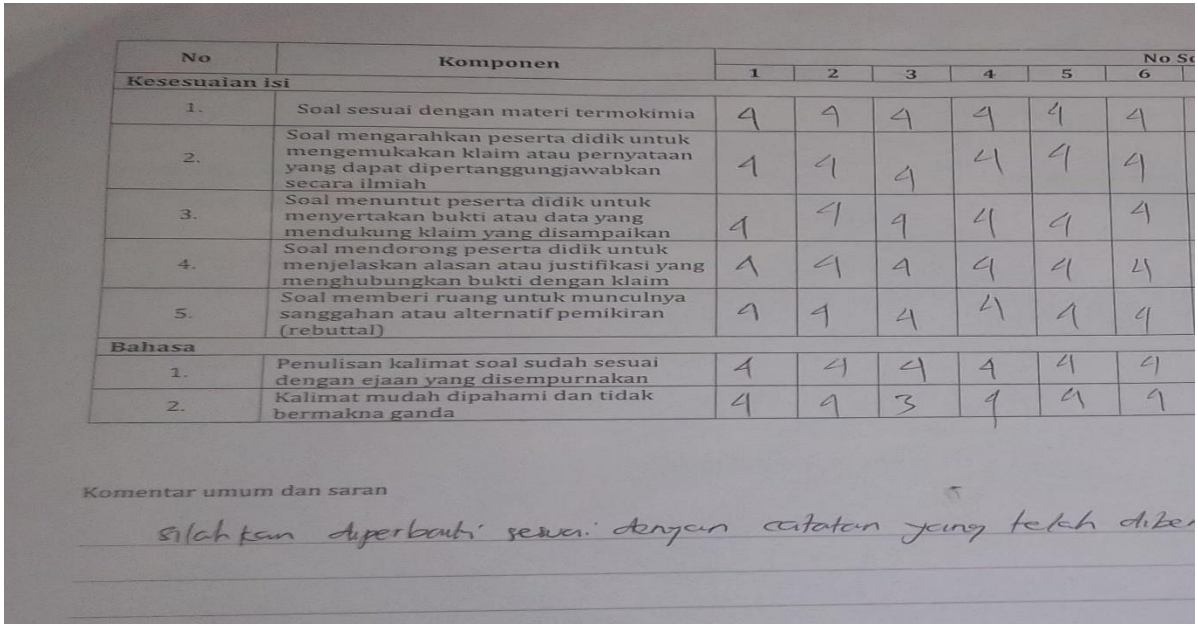
   Ikatan O−H : 463 kJ/mol

   Pertanyaan :

   a. Hitunglah perubahan entalpi ΔH menggunakan hukum hess dan energi ikatan!
   b. Apakah hasil perubahan entalpi sama atau berbeda? Jika berbeda berikan alasannya!
   c. Jika ada pendapat bahwa metode energi ikatan lebih akurat karena langsung menghitung energi yang terlibat dalam pembentukan dan pemutusan ikatan kimia tanpa perlu bergantung pada data eksperimen. Bagaimana tanggapan mu mengenai pendapat tersebut berikan alasan dan sanggahan mengenai pernyataan tersebut!

d. Jika ada yang berpendapat bahwa metode energi ikatan lebih akurat karena mempertimbangkan energi pemutusan dan pembentukan ikatan secara langsung dalam reaksi. Berikan pendapat yang mendukung pernyataan tersebut!
e. Berikan sangggahan mengenai pernyataan "Metode energi ikatan seharusnya memberikan hasil yang sama dengan Hukum Hess karena keduanya didasarkan pada hukum kekekalan energi"

Lampiran 6 Lembar Validasi Instrumen



No	Komponen	No Soal					
		1	2	3	4	5	6
Kesesuaian isi							
1.	Soal sesuai dengan materi termokimia	4	4	4	4	4	4
2.	Soal mengarahkan peserta didik untuk mengemukakan klaim atau pernyataan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah	4	4	4	4	4	4
3.	Soal menuntut peserta didik untuk menyertakan bukti atau data yang mendukung klaim yang disampaikan	4	4	4	4	4	4
4.	Soal mendorong peserta didik untuk menjelaskan alasan atau justifikasi yang menghubungkan bukti dengan klaim	4	4	4	4	4	4
5.	Soal memberi ruang untuk munculnya sanggahan atau alternatif pemikiran (rebuttal)	4	4	4	4	4	4
Bahasa							
1.	Penulisan kalimat soal sudah sesuai dengan ejaan yang disempurnakan	4	4	4	4	4	4
2.	Kalimat mudah dipahami dan tidak bermakna ganda	4	4	3	4	4	4

Komentar umum dan saran

silahkan diperbaiki sesuai dengan catatan yang telah dibe

Kesimpulan

Berdasarkan penilaian yang telah dilakukan dan diberikan skor nilai, maka lembar angket ini dinyatakan :

- ☐ Layak digunakan untuk diuji coba tanpa revisi
- ☑ Layak digunakan untuk diuji coba setelah revisi
- ☐ Tidak layak untuk digunakan untuk diuji coba

Mohon berikan untuk tanda ceklist (✓) sesuai dengan kesimpulan dari Bapak/Ibu

Semarang,
Validator

Deni Ebit Nugroho, M.Pd
NIP. 198507202019031007

No	Komponen	No Soa						
		1	2	3	4	5	6	
Kesesuaian isi								
1.	Soal sesuai dengan materi termokimia	4	4	4	4	4	4	
2.	Soal mengarahkan peserta didik untuk mengemukakan klaim atau pernyataan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah	4	4	4	4	4	4	
3.	Soal menuntut peserta didik untuk menyertakan bukti atau data yang mendukung klaim yang disampaikan	4	4	4	4	4	4	
4.	Soal mendorong peserta didik untuk menjelaskan alasan atau justifikasi yang menghubungkan bukti dengan klaim	4	4	4	4	4	4	
5.	Soal memberi ruang untuk munculnya sanggahan atau alternatif pemikiran (rebuttal)	4	4	4	4	4	4	
Bahasa								
1.	Penulisan kalimat soal sudah sesuai dengan ejaan yang disempurnakan	4	4	4	3	4	4	
2.	Kalimat mudah dipahami dan tidak bermakna ganda	4	4	4	3	4	4	

Komentar umum dan saran

Instrumen bisa diujicobakan

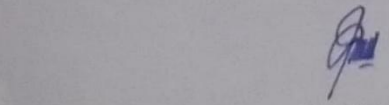
Kesimpulan

Berdasarkan penilaian yang telah dilakukan dan diberikan skor nilai, maka lembar angket ini dinyatakan :

- [ ] Layak digunakan untuk diuji coba tanpa revisi
- [x] Layak digunakan untuk diuji coba setelah revisi
- [ ] Tidak layak untuk digunakan untuk diuji coba

Mohon berikan untuk tanda ceklist (✓) sesuai dengan kesimpulan dari Bapak/Ibu

Semarang,
Validator



Dr. Atik Rahmawati S.Pd., M.Si
NIP. 198507202019031007

Lampiran 7 Perhitungan Validitas oleh Validator

NO	Aspek Penilaian	Penilaian							
		Validator I				Validator II			
		TS	KS	S	SS	TS	KS	S	SS
Kesesuaian isi									
1	Soal sesuai dengan materi termokimia				6				6
2	Soal mengarahkan *siswa* untuk mengemukakan klaim atau pernyataan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah				6				6
3	Soal menuntut *siswa* untuk menyertakan bukti atau data yang mendukung klaim yang disampaikan				6				6
4	Soal mendorong *siswa* untuk menjelaskan alasan atau justifikasi yang menghubungkan bukti dengan klaim				6				6
5	Soal memberi ruang untuk munculnya sanggahan atau alternatif pemikiran (rebuttal)				6				6
Bahasa									
1	Penulisan kalimat soal sudah sesuai dengan ejaan yang disempurnakan			1	5				6

2	Kalimat mudah dipahami dan tidak bermakna ganda			1	5			1	5

Matriks Tabulasi Nilai Validasi Isi

Matriks 2x2		Validator II	
		Skor 1-2	Skor 3-4
Validator I	Skor 1-2	0 (A)	42 (B)
	Skor 3-4	42 (C)	84 (D)

$$\text{Validitas Isi} = \frac{D}{A + B + C + D}$$

$$\text{Validitas Isi} = \frac{84}{0 + 0 + 42 + 42} = 1.0$$

Lampiran 8 Data Siswa Uji Coba

No Urut Siswa	Kelas	Skor Uji Coba
1	XI-F4	55
2	XI-F4	43
3	XI-F4	39
4	XI-F4	54
5	XI-F4	79
6	XI-F4	36
7	XI-F4	33
8	XI-F4	53
9	XI-F4	54
10	XI-F4	39
11	XI-F4	43
12	XI-F4	43
13	XI-F4	46
14	XI-F4	49
15	XI-F4	49
16	XI-F4	47
17	XI-F4	38
18	XI-F4	62
19	XI-F4	56
20	XI-F4	40
21	XI-F4	53
22	XI-F4	47
23	XI-F4	52
24	XI-F4	55
25	XI-F4	51
26	XI-F4	54
27	XI-F4	55
28	XI-F4	47
29	XI-F4	33
30	XI-F4	39
31	XI-F4	35
32	XI-F4	55

Lampiran 9 Perhitungan Validitas, Reliabilitas, dan Tingkat Kesukaran

Perhitungan Validitas

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
SOAL1	41.22	64.886	.396	.669
SOAL2	40.34	73.523	.364	.674
SOAL3	38.28	76.209	.438	.662
SOAL4	38.84	72.846	.418	.661
SOAL5	38.94	63.609	.534	.619
SOAL6	42.06	55.867	.486	.642

Perhitungan Reliabilitas

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.696	6

Tingkat Kesukaran

No Soal	Nilai Tingkat Kesukaran	Keterangan
1a	1,000	Mudah
1b	0,969	Mudah
1c	0,656	Sedang
1d	0,273	Sukar
1e	0,144	Sukar
2a	1,000	Mudah
2b	1,000	Mudah
2c	0,729	Mudah
2d	0,375	Sedang
2e	0,181	Sukar

3a	1,000	Mudah
3b	1,000	Mudah
3c	0,698	Sedang
3d	0,578	Sedang
3e	0,450	Sedang
4a	1,000	Mudah
4b	1,000	Mudah
4c	0,719	Mudah
4d	0,492	Sedang
4e	0,393	Sedang
5a	1,000	Mudah
5b	0,984	Mudah
5c	0,719	Mudah
5d	0,539	Sedang
5e	0,344	Sedang
6a	0,812	Mudah
6b	0,781	Mudah
6c	0,490	Sedang
6d	0,281	Sukar
6e	0,181	Sukar

Lampiran 10 Data Hasil Pre-test dan Post-test

No Siswa	Kelas kontrol	*Pre-test*	*Post-test*
1	XI-F2	25	51
2	XI-F2	31	54
3	XI-F2	26	50
4	XI-F2	32	58
5	XI-F2	31	55
6	XI-F2	41	53
7	XI-F2	33	48
8	XI-F2	33	52
9	XI-F2	43	53
10	XI-F2	37	57
11	XI-F2	42	56
12	XI-F2	49	50
13	XI-F2	14	55
14	XI-F2	57	54
15	XI-F2	35	52
16	XI-F2	40	53
17	XI-F2	46	49
18	XI-F2	17	56
19	XI-F2	45	54
20	XI-F2	45	59
21	XI-F2	40	51
22	XI-F2	31	52
23	XI-F2	20	57
24	XI-F2	12	55
25	XI-F2	38	53
26	XI-F2	39	54
27	XI-F2	27	52
28	XI-F2	28	50
29	XI-F2	28	58
30	XI-F2	26	53
31	XI-F2	21	56
32	XI-F2	26	51

No Siswa	Kelas eksperimen	*Pre-test*	*Post-test*
1	XI-F3	18	57
2	XI-F3	27	62
3	XI-F3	21	59
4	XI-F3	25	67
5	XI-F3	21	67
6	XI-F3	21	68
7	XI-F3	28	69
8	XI-F3	24	65
9	XI-F3	23	71
10	XI-F3	23	67
11	XI-F3	32	72
12	XI-F3	30	78
13	XI-F3	12	48
14	XI-F3	45	80
15	XI-F3	21	66
16	XI-F3	22	78
17	XI-F3	29	71
18	XI-F3	15	56
19	XI-F3	30	78
20	XI-F3	40	80
21	XI-F3	36	79
22	XI-F3	26	73
23	XI-F3	18	55
24	XI-F3	14	48
25	XI-F3	27	75
26	XI-F3	30	75
27	XI-F3	32	74
28	XI-F3	22	69
29	XI-F3	27	71
30	XI-F3	22	58
31	XI-F3	15	52
32	XI-F3	21	61

Lampiran 11 Perhitungan Normalitas dan Homogenitas

Uji Normalitas Nilai *Pre-test* Eksperimen dan Kontrol

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
eksperimen	.109	32	.200*	.962	32	.305
kontrol	.086	32	.200*	.987	32	.957

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

a. Lilliefors Significance Correction

Uji Normalitas Nilai *post-test* Eksperimen dan Kontrol

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
eksperimen	.107	32	.200*	.951	32	.153
kontrol	.152	32	.059	.943	32	.088

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

a. Lilliefors Significance Correction

Hasil Uji Homogenitas *Pre-test* Kelas Eksperimen dan Kontrol

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Datapretest	Based on Mean	4.228	1	62	.044
	Based on Median	4.077	1	62	.048
	Based on Median and with adjusted df	4.077	1	58.832	.048
	Based on trimmed mean	4.264	1	62	.043

Hasil Uji Homogenitas *post-test* Kelas Eksperimen dan Kontrol

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
datapostest	Based on Mean	.506	1	62	.480
	Based on Median	.359	1	62	.551
	Based on Median and with adjusted df	.359	1	61.891	.551
	Based on trimmed mean	.566	1	62	.455

Lampiran 12 Hasil Uji Idendendent Sample t-Test dan Uji Effect Size

Uji *Independent Sample t – Test*

Group Statistics

	kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
postest	XI-F2	32	57.94	6.485	1.146
	XI-F3	32	67.16	9.267	1.638

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
postest	Equal variances assumed	3.261	.076	-4.610	62	.000	-9.219	2.000	-13.216	-5.222
	Equal variances not assumed			-4.610	55.491	.000	-9.219	2.000	-13.225	-5.212

Uji *Effect Size*

Group 1

Mean (*M*): 57.94
Standard deviation (*s*): 6.485
Sample size (*n*): 32

Group 2

Mean (*M*): 67.16
Standard deviation (*s*): 9.267
Sample size (*n*): 32

Calculate Reset

Success!

Cohen's *d* = (67.16 - 57.94)/7.997891 = 1.152804.

Glass's *delta* = (67.16 - 57.94)/6.485 = 1.421742.

Hedges' *g* = (67.16 - 57.94)/7.997891 = 1.152804.

Lampiran 13 Nilai – Nilai r Product Moment

N	Taraf Signifikansi		N	Taraf Signifikansi	
	5%	1%		5%	1%
3	0.997	0.999	38	0.320	0.413
4	0.950	0.990	39	0.316	0.408
5	0.878	0.959	40	0.312	0.403
6	0.811	0.917	41	0.308	0.398
7	0.754	0.874	42	0.304	0.393
8	0.707	0.834	43	0.301	0.389
9	0.666	0.798	44	0.297	0.384
10	0.632	0.765	45	0.294	0.380
11	0.602	0.735	46	0.291	0.376
12	0.576	0.708	47	0.288	0.372
13	0.553	0.684	48	0.284	0.368
14	0.532	0.661	49	0.281	0.364
15	0.514	0.641	50	0.279	0.361
16	0.497	0.623	55	0.266	0.345
17	0.482	0.606	60	0.254	0.330
18	0.468	0.590	65	0.244	0.317
19	0.456	0.575	70	0.235	0.306
20	0.444	0.561	75	0.227	0.296
21	0.433	0.549	80	0.220	0.286
22	0.423	0.540	85	0.213	0.278
23	0.413	0.526	90	0.207	0.270
24	0.404	0.515	95	0.202	0.263
25	0.396	0.505	100	0.195	0.256
26	0.388	0.496	125	0.176	0.230
27	0.381	0.487	150	0.159	0.210
28	0.374	0.478	175	0.148	0.194
29	0.367	0.470	200	0.138	0.181
30	0.361	0.463	300	0.113	0.148
31	0.355	0.456	400	0.098	0.128
32	0.349	0.449	500	0.088	0.115
33	0.344	0.442	600	0.080	0.105
34	0.339	0.436	700	0.074	0.097
35	0.334	0.430	800	0.070	0.091
36	0.329	0.424	900	0.065	0.086
37	0.325	0.418	1000	0.062	0.081

Lampiran 14 Dokumentasi Penelitian










Lampiran 15 Surat Izin Prariset

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. Web:Http://fst.walisongo.ac.id

Nomor : B.7267/Un.10.8/K/SP.01.08/10/2024
Lamp : -
Hal : Permohonan Izin Observasi Pra Riset dan Wawancara

Kepada Yth.
Kepala Sekolah SMA Negeri 12 Semarang
Plalangan, kec. Gunung Pati, Kota Semarang
di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka memenuhi tugas akhir Fakultas Sains dan Teknologi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	: **Maulia Zada Fauziyah**
NIM	: 2108076090
Jurusan	: PENDIDIKAN KIMIA
Semester	: VII (Tujuh)

Untuk melaksanakan observasi di Sekolah yang Bapak/Ibu pimpin , Maka kami mohon berkenan diijinkan mahasiswa dimaksud , yang akan dilaksanakan pada 8 - 11 Oktober 2024.

Data Observasi tersebut diharapkan dapat menjadi bahan kajian (analisis) bagi mahasiswa kami.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 4 Oktober 2024
an. Dekan,
Kabag. Tata Usaha,

Muh. Kharis, SH, M.H
NIP. 19691017 199403 1 002

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

cp : 085848452408

Lampiran 16 Surat Izin Riset

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. Web:Http://fst.walisongo.ac.id

Nomor : B.4291/Un.10.8/K/SP.01.08/05/2025 Semarang, 19 Mei 2025
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth.
Kepala Sekolah SMA Negeri 12 Semarang
Jl. Raya Gn.Pati, Plalangan, Kec. Gn. Pati
Kota Semarang, Jawa Tengah
di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama	: Maulia Zada Fauziyah
NIM	: 2108076090
Jurusan	: PENDIDIKAN KIMIA
Judul	: Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Keterampilan Argumentasi Ilmiah Siswa Dalam Materi Termokimia
Semester	: VIII (Delapan)

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 16 mei 2025 - 27 mei 2025.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

an. Dekan
Kabag. Tata Usaha,

Muh. Kharis, SH, M.H
NIP. 19691017 199403 1 002

Tembusan Yth.

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

Cp Maulia Zada Fauziyah : 085848452408

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap	: Maulia Zada Fauziyah
Tempat, Tanggal Lahir	: Boyolali, 08 Mei 2003
Alamat	: Blumbang, Klego, Boyolali, Jawa Tengah
Nomor Hp	: 085848452408
Email	: zadamaulia@gmail.com

B. Pendidikan Formal
1. SD Negeri 1 Kebonan
2. SMP Negeri 1 Karanggede
3. SMA Negeri 1 Simo