

Integrasi Strategi STEM-Guided Inquiry dalam Pembelajaran Termokimia: Model Inovatif untuk Menumbuhkan Pemahaman Konseptual dan Berpikir Kritis

Integration of STEM-Guided Inquiry Strategies in Thermochemistry Learning: An Innovative Model to Foster Conceptual Understanding and Critical Thinking

Sophia Allamin

Program Studi Tadris IPA, Fakultas Tarbiyah, Universitas KH. Abdul Chalim, Mojokerto, Indonesia

sophiaallamin@uac.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.52048/inovasi.v19i2.655>

ABSTRACT

This study aims to design and evaluate the effectiveness of chemistry learning devices for thermochemistry material using a STEM-based guided inquiry model. Due to the low conceptual mastery and critical thinking skills of Indonesian students, the study was conducted at SMA Muhammadiyah 10 Surabaya using the 4D development model. Data were collected through learning observations and tests of conceptual mastery and critical thinking skills before and after learning. The results showed learning implementation of 83.33%–100% and an increase in conceptual mastery and critical thinking skills in the high category (average n-gain 0.71), indicating that the learning device is effective in improving learning outcomes, especially cognitive aspects and critical thinking skills in thermochemistry material.

Keywords: *Critical Thinking Skills, Guided inquiry, STEM, Mastery of concepts, Thermochemistry*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi efektivitas perangkat pembelajaran kimia materi termokimia dengan model inkuiri terbimbing berbasis STEM. Dilatarbelakangi rendahnya penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia, penelitian dilakukan di SMA Muhammadiyah 10 Surabaya menggunakan model pengembangan 4D. Data dikumpulkan melalui observasi pembelajaran serta tes penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis sebelum dan sesudah pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan keterlaksanaan pembelajaran 83,33%–100% dan peningkatan penguasaan konsep serta keterampilan berpikir kritis dalam kategori tinggi (rata-rata n-gain 0,71), menunjukkan perangkat pembelajaran tersebut efektif meningkatkan hasil belajar, khususnya aspek kognitif dan keterampilan berpikir kritis pada materi termokimia

Kata Kunci: *Berpikir Kritis, Inkuiri terbimbing, Keterampilan Penguasaan konsep, STEM, Termokimia*

PENDAHULUAN

Perkembangan kurikulum di Indonesia saat ini, melalui Kurikulum Merdeka, bertujuan meningkatkan kualitas pendidikan dengan menekankan pembelajaran berbasis pendekatan ilmiah untuk menghadapi tantangan abad ke-21. Kurikulum ini mendorong siswa menjadi produktif, kreatif, serta memiliki Kemampuan evaluatif dan kompetensi dalam menyelesaikan tantangan. Hasil Program Penilaian Siswa Internasional (PISA) 2022 mengindikasikan peringkat Indonesia ke-69 dari 80 negara, dengan penilaian meliputi kompetensi di bidang matematika, membaca, dan sains. Data tersebut mencerminkan rendahnya motivasi siswa dalam mengasah kemampuan berpikir, sehingga seringkali hanya mampu mengingat informasi tanpa memahami penerapan pengetahuan tersebut dalam kehidupan nyata ([OECD, 2023](#)).

Berdasarkan temuan tersebut, terlihat bahwa siswa kesulitan mengembangkan konsep dan keterampilan berpikirnya. Menanggapi hal ini, pemerintah merancang Kurikulum Merdeka untuk menghadapi berbagai tantangan, termasuk hasil evaluasi nasional dan penelitian internasional. Kurikulum ini tetap menekankan kompetensi abad ke-21 seperti pada K13, namun memberikan fleksibilitas melalui diferensiasi, pembelajaran berbasis proyek, dan penekanan pada pembentukan Profil Pelajar Pancasila. Pendekatan ini dirancang agar siswa mampu memahami konsep dan mengimplementasikannya secara kontekstual, inovatif, serta kolaboratif sesuai kebutuhan perkembangan zaman saat ini.

Dalam proses pembelajaran, mendorong siswa untuk berpikir kritis adalah tindakan wajib, Karena keterlibatan ini berperan sebagai pola kunci dalam membentuk pemikiran siswa dan menjadi salah satu prinsip pembelajaran konstruktivis, yang memungkinkan siswa membentuk pengetahuan secara mandiri, bukan sekadar menerima penjelasan dari guru ([Lunenburg, 2011](#)). Keterampilan berpikir yang menjadi fokus dalam pembelajaran kimia di SMA/MA adalah berpikir kritis, yakni kemampuan menghubungkan konsep secara logis melalui analisis konsep maupun eksperimen ([Sirhan, 2007](#)).

Dalam pendidikan sains abad ke-21, siswa tidak hanya diharapkan memahami konsep, tetapi juga mampu berpikir kritis dan memecahkan masalah dalam kehidupan nyata. Salah satu pendekatan yang mendukung adalah pembelajaran berbasis STEM, yang menekankan hubungan antar-disiplin, pemecahan masalah dunia nyata, kreativitas, dan kolaborasi

([Bybee, 2013](#)). Temuan penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran STEM efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, motivasi, kreativitas, dan kedalaman pemahaman siswa terhadap konsep IPA ([Sue Z. Beers, 2014](#); [Suwama et al., 2015](#)).

Dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan penguasaan konsep, inkuiri terbimbing menjadi salah satu metode yang efektif. Model ini menyediakan kerangka pembelajaran terstruktur dan mendorong siswa berpikir ilmiah melalui observasi, pengajuan pertanyaan, percobaan, dan analisis data ([Sani, 2014](#)). Namun, inkuiri terbimbing perlu disesuaikan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan kontekstual peserta didik. Model inkuiri terbimbing sangat relevan dengan pendekatan STEM, di mana guru mendampingi siswa dalam belajar secara kolaboratif untuk mengembangkan sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Model ini menekankan pemahaman konsep dan prinsip dari berbagai disiplin ilmu melalui investigasi, pemecahan masalah, dan aktivitas bermakna lainnya. Selain itu, pendekatan ini mendorong siswa belajar mandiri, membangun pengetahuan sendiri, dan menghasilkan produk nyata yang membantu memahami materi serta menyelesaikan masalah.

Dalam pembelajaran kimia, materi termokimia termasuk topik yang sulit dipahami, baik secara konsep maupun konteks. Siswa harus memahami konsep abstrak terkait transformasi energi dalam reaksi kimia, yang seringkali sulit divisualisasikan dan kurang terkait dengan fenomena sehari-hari. Penelitian ([Rahmatania et al., 2021](#)) menunjukkan bahwa modul termokimia berbasis inkuiri terbimbing terintegrasi eksperimen efektif meningkatkan hasil belajar kognitif. Namun, penelitian tersebut masih terbatas karena hanya menilai ranah kognitif tanpa mengukur kemampuan berpikir kritis maupun proses inkuiri secara menyeluruh. Sedangkan kesulitan pada materi termokimia ini tercermin pada penelitian ([Harun Nasrudin, Suyono, 2015](#)) bahwa kemampuan siswa masih rendah untuk menghitung entalpi reaksi, menentukan perubahan entalpi menggunakan hukum Hess, serta memahami hubungan entalpi ikatan dan energi ikatan.

Integrasi inkuiri terbimbing dengan pendekatan STEM merupakan solusi inovatif untuk pengembangan perangkat pembelajaran, khususnya pada materi termokimia. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan STEM dalam pembelajaran kimia meningkatkan partisipasi dan pemahaman konsep siswa ([Laliyo et al., 2024](#)). Selain itu, inkuiri berbasis STEM mampu

meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konseptual secara bersamaan ([Oktaviani & Anom, 2020](#)). Walaupun metode STEM dan inkuiri terbimbing telah diterapkan secara luas dalam pengajaran kimia, penelitian yang secara khusus menggabungkan kedua metode tersebut pada topik termokimia masih sangat sedikit. Pada dasarnya, integrasi ini bisa memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih berarti karena dapat mengaitkan konsep termokimia yang tidak nyata dengan konteks rekayasa, teknologi, dan pemecahan masalah yang nyata, sehingga dapat memperkuat pemahaman konsep sekaligus meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Dengan mempertimbangkan kebutuhan tersebut, penelitian ini merancang model pembelajaran Inkuiri Terbimbing yang terintegrasi STEM pada topik termokimia dan mengevaluasi efektivitasnya melalui pengukuran *pretest-posttest* yang sistematis.

KAJIAN TEORI

1. Model Inkuiri Terbimbing

Model inkuiri terbimbing dilakukan melalui proses penyelesaian masalah yang berlandaskan fakta dan bukti, dengan guru sebagai pemberi masalah awal. Berikutnya, siswa terlibat dalam kegiatan belajar seperti merumuskan hipotesis, melaksanakan inkuiri, dan menarik kesimpulan dengan bimbingan guru ([Eggen & Kauchak, 1996](#)). Menurut Calhoun, pendekatan inkuiri dibagi menjadi empat jenis, yaitu inkuiri terstruktur, inkuiri terpadu, inkuiri terbuka, dan siklus belajar ([Suyono & Hariyono, 2015](#)).

2. STEM (*Science, Tecnology, Engineering, Mathematic*)

STEM adalah singkatan dari *Science, Tecnology, Engineering, Mathematic*. National Science Foundation di Amerika Serikat memperkenalkan istilah ini pada 1990-an sebagai bagian dari reformasi pendidikan di empat disiplin terkait dengan tujuan menyiapkan tenaga kerja di bidang STEM serta menciptakan masyarakat yang melek STEM. Pendekatan STEM adalah model pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk meningkatkan kreativitas siswa dalam menyelesaikan masalah sehari-hari ([Bybee, 2013](#)).

3. Penguasaan konsep

Penguasaan konsep adalah kemampuan siswa memahami suatu konsep secara ilmiah, meliputi teori dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Individu yang memiliki pemahaman konsep yang luas dan mendalam, seperti seorang ahli, mampu menerapkan pengetahuan tersebut untuk berbagai kebutuhan. Penguasaan konsep dianggap baik apabila memungkinkan penerapan konsep yang lebih kompleks. Selain itu, penguasaan konsep menjadi dasar untuk memahami prinsip dan teori, karena penguasaan konsep yang membentuk prinsip atau teori merupakan prasyarat untuk memahaminya secara utuh. ([Anderson & Krathwohl, 2001](#)).

4. Keterampilan Berpikir Kritis

Berpikir kritis adalah cara berpikir sistematis untuk mengevaluasi keabsahan klaim, gagasan, argumen, atau hasil penelitian. Kemampuan dasar berpikir kritis meliputi: mengenali masalah, memilih metode penyelesaian, mengumpulkan serta mengatur informasi, memahami asumsi dan nilai yang belum diuji, menafsirkan bahasa dengan tepat, menganalisis data, menilai fakta, mengevaluasi pernyataan, memahami hubungan logis antar masalah, menarik kesimpulan, dan membuat penilaian yang akurat. Selain itu, ([Facione, 2011](#)) mendefinisikan berpikir kritis sebagai proses berpikir yang terarah untuk memecahkan masalah, menafsirkan pernyataan, dan menyelesaikan masalah secara efektif.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Studi ini merupakan penelitian pengembangan yang dirancang untuk menghasilkan perangkat pembelajaran kimia dengan penerapan model inkuiri berintegrasi STEM sebagai upaya meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa pada topik termokimia Model pengembangan yang digunakan adalah model 4D, yang mencakup empat tahap: definisi (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*) ([Thiagarajan et al., 1974](#)) ([Ibrahim & Sukartiningsih, 2014](#)). Namun demikian, penelitian ini hanya dibatasi hingga tahap pengembangan (*develop*) dengan pertimbangan bahwa fokus utama penelitian adalah menghasilkan perangkat pembelajaran yang valid dan dapat diuji efektivitasnya dalam skala terbatas, sehingga tahap *disseminate* belum dilakukan karena memerlukan implementasi luas lintas sekolah dan uji kepraktisan

berskala besar. Pada tahap implementasi terbatas, peran guru adalah sebagai fasilitator yang mengelola jalannya proses pembelajaran Inkuiri terbimbing terintegrasi STEM sesuai skenario yang telah disusun, meliputi kegiatan pendahuluan, eksplorasi konsep, eksperimen, analisis hasil, dan refleksi. Validitas isi perangkat pembelajaran diuji melalui *expert judgment* oleh dua pakar kimia dan satu pakar pembelajaran yang menilai kesesuaian materi, keakuratan konsep, struktur inkuiri, integrasi STEM, serta kualitas instrumen penilaian. Pembelajaran dilaksanakan dalam 3 kali pertemuan dengan durasi yang disesuaikan dengan alokasi waktu mata pelajaran kimia sehingga prosedur penelitian dapat diterapkan ulang secara sistematis. Pelaksanaan studi dilakukan di SMA Muhammadiyah 10 Surabaya pada kelas XI IPA sebanyak 29 peserta didik.

Teknik Pengumpulan data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi observasi terhadap proses pembelajaran serta pelaksanaan tes, termasuk tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*) yang disusun berdasarkan indikator dan tujuan penelitian. Tes tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengaruh model inkuiri terbimbing berbasis STEM terhadap penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa setelah pembelajaran.

Teknik Analisis Data

1. Analisis Data Keterlaksanaan Pembelajaran (RPP)

Data keterlaksanaan pembelajaran dianalisis menggunakan skala Likert. Data ini didapatkan pada hasil observasi pengamat pada guru selama proses belajar mengajar. Pengamat mengisi formulir observasi yang telah disiapkan berdasarkan kriteria yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Rubrik Penilaian keterlaksanaan pembelajaran

Kriteria	Skor
Sangat baik	4
Baik	3
Kurang	2
Kurang baik	1
Tidak dilakukan	0

Persentase keterlaksanaan = $\frac{\text{skor rata-rata pengamat}}{\text{skor maksimal}} \times 100\%$, selanjutnya skor keterlaksanaan

dapat dikonversikan dengan kriteria mengikuti Tabel 2

Tabel 2. Kriteria Penilaian Keterlaksanaan Pembelajaran

Persentase	Kriteria
0% - 20%	Sangat Buruk
21%-40%	Buruk
41% - 60%	Sedang
61%- 80%	Baik
81%- 100%	Sangat Baik

Reliabilitas instrumen ditentukan berdasarkan kesepakatan penilaian yang diberikan oleh tiga orang pengamat dengan rumus (Borich, 2016).

$$\text{Percentage of Agreement} = \left(1 - \left[\frac{A-B}{A+B}\right]\right) \times 100\%$$

Keterangan:

A = Skor tertinggi yang dapat diberikan penilai.

B = Skor terendah yang dapat diberikan penilai

Sebuah Instrumen dianggap reliabel jika nilai *percentage of agreement* yang diperoleh minimal 75% (Borich, 2016).

2. Pengolahan dan analisis data mengenai penguasaan konsep siswa

Analisis dilakukan dengan mengacu pada capaian penguasaan konsep siswa sebagai dasar untuk mengetahui sensitivitas tiap butir soal, tingkat pencapaian hasil belajar, serta peningkatan pemahaman siswa terhadap materi termokimia. Data penguasaan konsep tersebut kemudian diolah menggunakan metode deskriptif kuantitatif.

a. Sensitivitas Butir Soal

Analisis butir tes berbasis patokan mengharuskan penentuan sensitivitas masing-masing soal. Indeks sensitivitas ini menggambarkan sejauh mana suatu soal mampu membedakan antara siswa yang belum dan yang telah mengikuti proses pembelajaran. Rumus untuk menghitung sensitivitas butir pada soal pilihan ganda dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \frac{R_a - R_b}{T}$$

Indeks efektivitas suatu butir soal berada pada rentang 0,00 hingga 1,00, dengan nilai positif yang lebih tinggi menunjukkan bahwa soal tersebut lebih responsif terhadap pengaruh pembelajaran. Sebuah butir soal dikatakan dapat mengukur sensitivitas terhadap efek pembelajaran jika memiliki nilai sensitivitas minimal 0,30 (M. David Miller, Robert L. Linn, n.d.).

b. Ketuntasan Hasil Belajar

Siswa dikatakan mencapai ketuntasan belajar jika memperoleh nilai minimal sesuai Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM), yaitu 80 dari skala 100. Penentuan skor hasil pretest dan posttest dilaksanakan menggunakan pendekatan perhitungan yang dirinci sebagai berikut.

$$\text{Nilai Siswa} = \frac{\Sigma \text{Jawaban benar}}{\Sigma \text{Soal keseluruhan}} \times 100$$

c. Peningkatan kemampuan konseptual siswa

Penelitian ini memanfaatkan analisis n-gain sebagai metode untuk mengevaluasi perubahan tingkat penguasaan konsep siswa sebelum dan sesudah pembelajaran, yang dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$(g) = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}}$$

Keterangan:

g = nilai peningkatan

S_{post} = nilai tes akhir

S_{pre} = nilai tes awal

S_{max} = nilai maksimum yang dapat dicapai

Hasil perhitungan n-gain kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Indikator Efektivitas Pembelajaran melalui Perhitungan N-Gain

Skor <i>n-gain</i>	Kategori
$n-gain > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n-gain \leq 0,7$	Sedang
$0,3 < n-gain$	Rendah

(Hake, 1999)

3. Analisis Data Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi peningkatan kapasitas berpikir kritis siswa setelah mengikuti pretest & posttest. Data keterampilan berpikir kritis dianalisis menggunakan rubrik khusus, yang berupa skala bertingkat dengan kolom-kolom penilaian dan skor 0–4 untuk setiap pertanyaan. Peningkatan kemampuan berpikir kritis kemudian dihitung menggunakan n-gain, dengan kriteria yang disajikan pada Tabel 2 (Hake, 1999).

Data yang digunakan berupa skor kuantitatif keterampilan berpikir kritis siswa pada materi termokimia. Setiap indikator keterampilan berpikir kritis dinilai melalui analisis

deskriptif kuantitatif, kemudian hasilnya diubah ke dalam persentase untuk menggambarkan tingkat kemampuan siswa..

$$\text{Tingkat berpikir kritis} = \frac{\text{skor yang diperoleh mahasiswa}}{\text{skor total}} \times 100$$

Setelah memperoleh persentase kemampuan berpikir kritis, peneliti melakukan pengelompokan menurut kategori kemampuan. Tujuan kegiatan ini adalah menganalisis hasil persentase guna menetapkan klasifikasi kemampuan berpikir kritis siswa. Pembagian tingkat kemampuan berpikir kritis meliputi empat kategori, dengan rincian tersaji pada Tabel 4

Tabel 4. Petunjuk Penilaian Berpikir Kritis Berdasarkan Kategori

Skala Perolehan	Kategori
>81,25 - ≤ 100	Sangat kritis
>62,50 - ≤ 81,25	Kritis
>43,75 - ≤ 62,50	Kurang Kritis
≤ 25,00 - ≤ 43,75	Sangat Kurang Kritis

(Setyowati & Subali, 2011)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Keterlaksanaan Kegiatan Pembelajaran

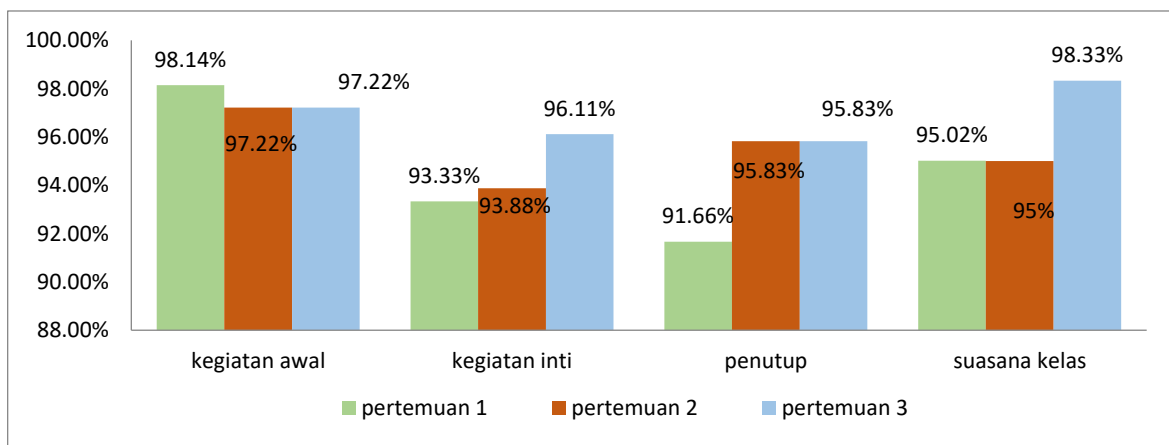
Faktor utama yang berkontribusi terhadap keberhasilan pembelajaran adalah kemampuan guru dalam menyiapkan dan mengelola pembelajaran agar berjalan efektif. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan dalam 3 kali. Pada pertemuan pertama membahas topik reaksi eksoterm dan endoterm, pertemuan kedua membahas kalor reaksi dan pertemuan ketiga membahas mengenai Hukum Hess. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran kimia pada topik termokimia dengan penerapan model inkuiri terbimbing berbasis STEM diterapkan dengan baik, yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Keterlaksanaan Kegiatan Pembelajaran

Aspek yang dikaji dalam observasi	Rat a- Rat a a (%)	Pertemuan 1				Rat a - Rat a a (%)	Pertemuan 2				Rat a- Rat a a (%)	Pertemuan 3			
		R(%)					R(%)					R(%)			
		V1- 2	V2- 3	V1- 3	Rata- rata (%)		V1- 2	V2- 3	V1- 3	Rata- rata (%)		V1- 2	V2- 3	V1- 3	Rata- rata (%)
Kegiatan awal	98,14	100	98,14	100	98,14	97,22	95,23	95,23	100	97,22	97,22	95,23	95,23	90,47	97,22
Kegiatan inti	93,33	93,32	93,33	93,32	93,33	93,88	92,06	93,01	93,96	93,88	96,11	96,19	95,23	95,23	96,11
Penutup	91,66	92,85	91,66	92,85	91,66	95,83	92,85	100	92,85	95,83	95,83	100	92,85	92,85	95,83
Suasana kelas	95,02	94,28	95,02	94,28	95,02	95,00	94,28	97,14	90,47	95,00	98,33	97,14	100	97,14	98,33

Rata-rata keseluruhan	95,00	95,11	95,00	95,10	95,00	95,48	93,60	96,34	94,32	95,48	96,87	97,14	95,82	93,92	96,87
------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa keterlaksanaan pembelajaran mulai pertemuan 1 sampai pertemuan ketiga mendapatkan persentase rata-rata pada pertemuan 1 95%, persentase rata-rata pada pertemuan kedua 95,48%, persentase rata-rata pada pertemuan ketiga 96,87%. Jika ditinjau lebih mendalam, terlihat adanya kecenderungan peningkatan persentase keterlaksanaan dari pertemuan pertama ke pertemuan ketiga, yang mengindikasikan semakin stabilnya pelaksanaan model pembelajaran oleh guru dari waktu ke waktu. Keseluruhan pertemuan mendapatkan kriteria sangat baik yang dapat diartikan bahwa penerapan kegiatan pembelajaran inkuiri terbimbing yang terintegrasi STEM dilaksanakan dengan sangat baik oleh pengajar serta rata-rata reliabilitas > 75% yang diartikan reliabel. Apabila disajikan dalam bentuk diagram maka terlihat sebagaimana Gambar 1.

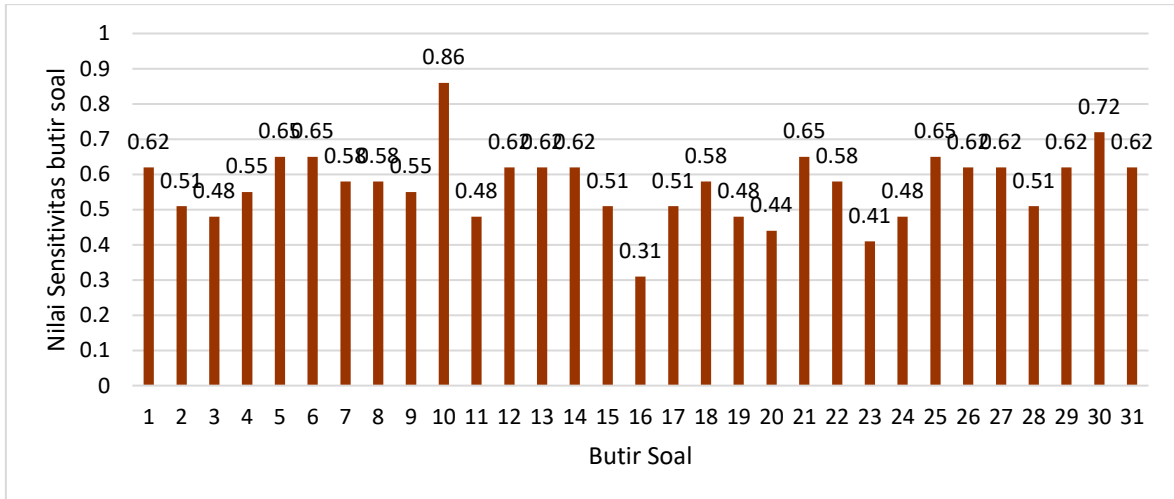


Gambar 1. Analisis Keterlaksanaan Kegiatan Pembelajaran

Penguasaan Konsep Siswa

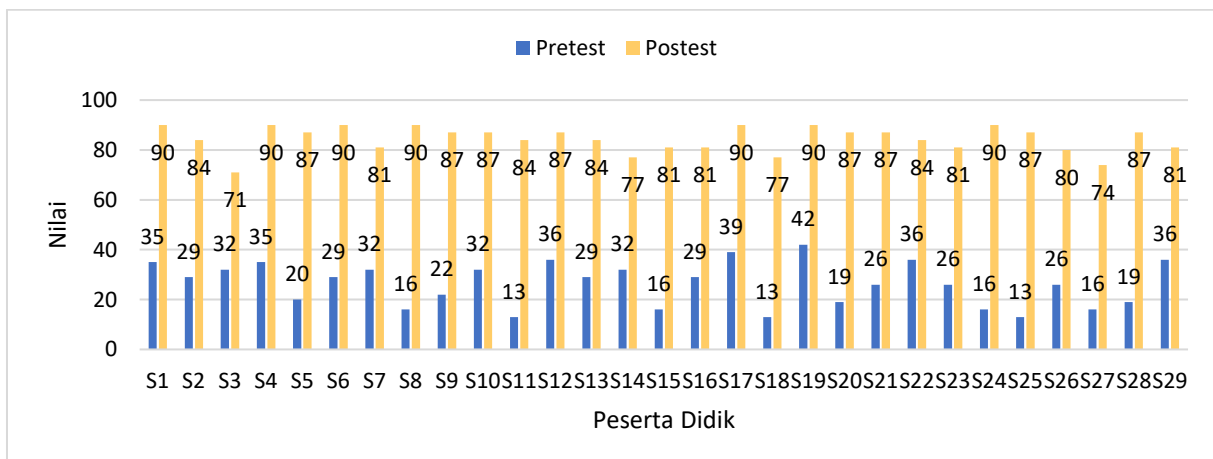
Hasil analisis butir soal diperlukan untuk menilai sejauh mana setiap item mampu membedakan tingkat penguasaan konsep sebelum dan sesudah pembelajaran. Seluruh butir soal telah melalui proses expert review oleh pakar kimia untuk memastikan validitas isi serta kesesuaian konstruk dengan indikator pemahaman konsep termokimia. Berdasarkan Gambar 2 nilai sensitivitas dari 31 item soal yang diuji coba menunjukkan $\geq 0,30$, sehingga seluruh butir soal memiliki sensitivitas yang baik terhadap perubahan hasil belajar dapat dari penerapan model inkuiri terbimbing terintegrasi STEM. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa indikator yang memperoleh peningkatan tertinggi adalah kemampuan

menjelaskan perubahan entalpi dalam konteks fenomenasehari-hari, sedangkan peningkatan terendah terdapat pada indicator yang berkaitan dengan Hukum Hess serta perhitungan entalpi reaksi yang memerlukan keterampilan matematis lebih kompleks. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan yang digunakan efektif meningkatkan pemahana secara umu, diperlukan penguatan strategi khusus pada indikator dengan peningkatan terendah supaya capaian belajar lebih merata.



Gambar 2. Nilai Sensitivitas Butir Soal Penguasaan Konsep

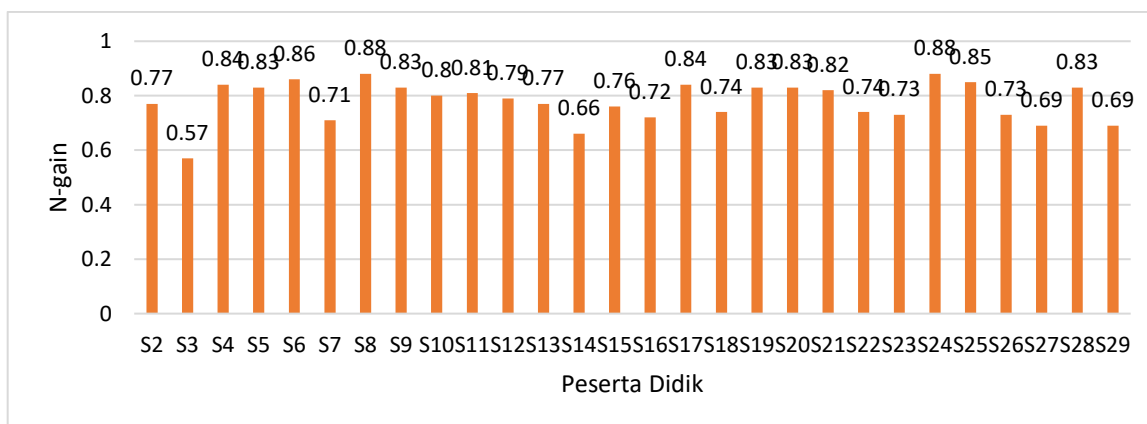
Penguasaan konsep diukur melalui tes pretest dan posttest untuk mengetahui kemampuan awal dan akhir siswa setelah pembelajaran dengan model inkuiri terbimbing terintegrasi STEM. Tes pilihan ganda berjumlah 31 butir yang disusun berdasarkan 11 indikator pembelajaran. Hasil belajar dinyatakan dalam skala 0–100 dengan KKM 80 (predikat C). Data hasil tes penguasaan konsep termokimia disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai *Pretest* & *Posttest* Penguasaan Konsep

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada nilai *pretest* tidak ada siswa yang mendapatkan nilai minimum 80. Setelah proses pembelajaran menggunakan model inkuiri terbimbing terintegrasi STEM, ketuntasan klasikal pada *posttest* mengalami peningkatan menjadi 86,20%, menunjukkan bahwa mayoritas siswa telah mencapai ketuntasan dalam aspek pengetahuan.

Perubahan prestasi belajar siswa diukur melalui *normalized gain (n-gain)* (Hake, 1999), yang mengilustrasikan peningkatan hasil belajar peserta didik berdasarkan perbedaan nilai antara pra dan pascapembelajaran. Nilai *n-gain* menunjukkan tingkat efektivitas pembelajaran dalam meningkatkan pemahaman siswa. Rerata *n-gain* sebesar 0,78 yang berada dalam kategori tinggi Ini menunjukkan bahwa model inkuiri terbimbing terintegrasi STEM efektif dalam mencapai hasil belajar pada aspek pengetahuan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skor Peningkatan Penguasaan Konsep

Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

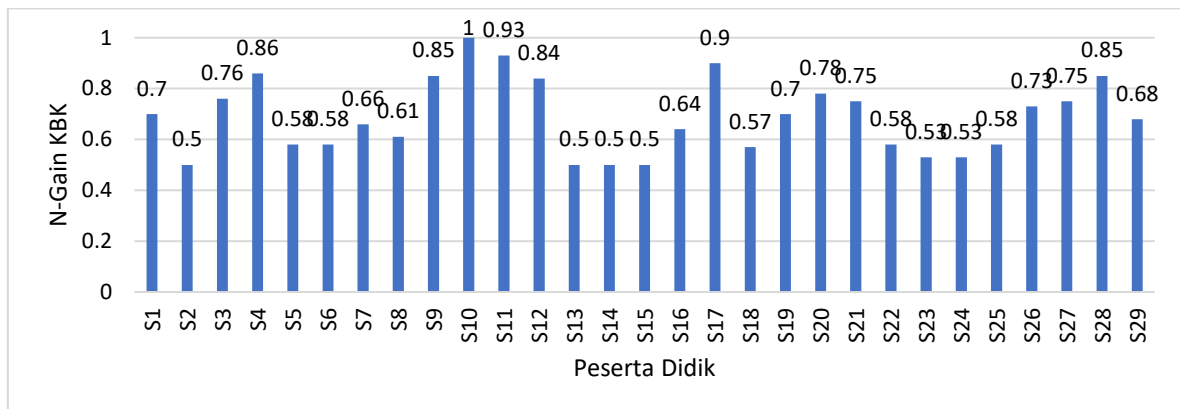
Tes yang diberikan sebelum (*pretest*) dan setelah (*posttest*) pembelajaran digunakan untuk mengevaluasi keterampilan berpikir kritis siswa. Tujuannya adalah mengukur tingkat pemahaman siswa terhadap materi termokimia, dengan *pretest* sebagai indikator kemampuan awal dan *posttest* sebagai ukuran perkembangan setelah pembelajaran.

Tabel 6. Peningkatan Nilai Indikator KBK

No	Indikator Keterampilan Berfikir Kritis	Nilai		N-gain	Kategori
		Pretest	Posttest		
1	Interpretasi	33,62	80,17	0,71	T
2	Analisis	36,21	81,89	0,71	T
3	Inferensi	36,21	73,27	0,56	S

No	Indikator Keterampilan Berfikir Kritis	Nilai		N-gain	Kategori
		Pretest	Posttest		
4	Eksplanasi	27,58	75,86	0,65	S

Berdasarkan Tabel 6 analisis keterampilan berpikir kritis menunjukkan skor *n-gain* masing-masing berada dalam kategori sedang dengan interval 0,50-0,75. Indikator keterampilan berpikir kritis yang memperoleh skor *n-gain* tertinggi Adalah Indikator Interpretasi dan Indikator Analisis, sedangkan indikator keterampilan berpikir kritis seperti eksplanasi dan inferensi mencapai nilai *n-gain* masing-masing 0,56 dan 0,65 dalam kategori sedang. Selisih antara nilai pretest dan posttest dianalisis menggunakan rumus *N-Gain* (Hake, 1999) untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran, perhitungan *n-gain* ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skor Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Pembahasan

Keterlaksanaan Pembelajaran (RPP)

Keterlaksanaan pembelajaran selama proses belajar diamati oleh tiga pengamat dalam tiga sesi pertemuan. RPP yang digunakan mengikuti model inkuiri terbimbing berbasis STEM, dan pelaksanaannya mencerminkan tercapainya semua tahapan pembelajaran yang direncanakan. Tingkat pencapaian setiap tahap juga dipengaruhi oleh kompetensi pedagogis guru. Berdasarkan Tabel 1, persentase pelaksanaan pembelajaran pada pertemuan 1, 2, dan 3 berada pada kisaran 83,33%–100%, menunjukkan bahwa guru melaksanakan seluruh tahapan RPP dengan baik, sehingga penerapan model inkuiri terbimbing berbasis STEM berjalan efektif. Temuan ini mendukung prinsip konstruktivisme, di mana siswa secara aktif membangun pengetahuan melalui keterlibatan dengan

lingkungan sekitar ([Santrock, 2011](#)). Model inkuiri terbimbing memungkinkan siswa membangun pemahaman secara bertahap melalui eksplorasi dan penemuan, sesuai dengan konsep asimilasi dan akomodasi Piaget ([Piaget, 1973](#)) yang memperkuat struktur kognitif mereka. Pendekatan ini juga mendukung pandangan Bruner tentang *discovery learning*, di mana siswa mengembangkan konsep melalui pengalaman langsung dengan bimbingan guru. Penyusunan langkah-langkah pembelajaran yang terstruktur menciptakan lingkungan belajar yang menantang namun tetap terarah, sesuai prinsip scaffolding ([Bruner, 1966](#)).

Dari perspektif perancangan instruksional, pelaksanaan RPP yang baik menunjukkan kesesuaian dengan teori Gagné mengenai sembilan peristiwa pembelajaran, termasuk menarik perhatian siswa, mengaktifkan ingatan, menyampaikan materi, memberikan umpan balik, dan evaluasi kinerja ([Reigeluth, 2014](#)). Konsistensi guru dalam menerapkan langkah-langkah ini mendukung pencapaian tujuan pembelajaran secara optimal.

Walaupun demikian, Penelitian ini memiliki sejumlah batasan yang perlu diperhatikan. Ukuran sampel yang relatif kecil dan hanya melibatkan satu sekolah menjadikan generalisasi temuan terbatas. Selain itu, ketidakadaan kelompok kontrol mengurangi daya inferensi kausal mengenai efektivitas model pembelajaran. Pembelajaran juga dilaksanakan hanya dalam konteks uji coba yang terbatas, sehingga efektivitas jangka panjang dan penerapan dalam skala yang lebih luas masih belum dapat dipastikan. Keterbatasan ini memberi kesempatan bagi penelitian mendatang untuk melibatkan sampel yang lebih variatif, menerapkan desain eksperimen yang lebih kuat, seperti quasi-eksperimen dengan kelompok kontrol, serta mengevaluasi kesinambungan dampak pembelajaran dalam jangka panjang

Penguasaan Konsep Siswa

Tes pemahaman konsep digunakan untuk mengetahui sejauh mana siswa menguasai materi. Pretest dilakukan untuk menilai kemampuan dasar sebelum perlakuan, sedangkan posttest digunakan untuk mengevaluasi penguasaan konsep setelah pembelajaran dengan model inkuiri terbimbing berbasis STEM pada materi termokimia. Berdasarkan hasil evaluasi penguasaan konsep siswa, dapat disimpulkan bahwa setelah pelaksanaan kegiatan pembelajaran menggunakan perangkat inkuiri terbimbing berbasis STEM, terdapat skor hasil belajar penguasaan konsep siswa. Kemampuan siswa untuk memahami materi (penguasaan konsep) dapat dianalisis melalui *n-gain*. Menurut Gambar

2 hasil penerapan perangkat pengembangan menunjukkan peningkatan pencapaian indikator pemahaman konsep, dengan rata-rata *n-gain* 0,71 (tinggi). Dari total siswa, 25 siswa (86,20%) masuk kategori tinggi dengan *n-gain* > 0,70, sedangkan 4 siswa (13,79%) masuk kategori sedang dengan *n-gain* antara 0,30 dan 0,70 ([Hake, 1999](#)).

Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang menekankan partisipasi aktif siswa dalam proses penemuan terbukti efektif meningkatkan pemahaman konseptual. Hal ini konsisten dengan prinsip-prinsip pembelajaran yang dikemukakan oleh Gagné. ([Reigeluth, 2014](#)), bahwa pencapaian hasil belajar intelektual, seperti penguasaan konsep, dapat maksimal jika proses pembelajaran dirancang secara sistematis, mulai dari menarik perhatian hingga mendukung retensi dan transfer pengetahuan. Selain itu, pendekatan inkuiri terbimbing memungkinkan siswa membangun kembali pemahaman melalui pengalaman belajar yang bermakna, sesuai dengan teori konstruktivisme ([Santrock, 2011](#)). Hasil penelitian di bidang pembelajaran kimia memperkuat bahwa modul inkuiri terbimbing dalam materi termokimia efektif meningkatkan literasi sains serta pemahaman konseptual siswa. Di samping itu, penelitian eksperimental oleh ([Nasir & Cari, 2022](#)) pada konsep cahaya menunjukkan bahwa penerapan model inkuiri berbasis STEM mampu meningkatkan pemahaman konseptual siswa dengan ukuran efek 0,81, termasuk kategori tinggi. Dengan demikian, peningkatan prestasi belajar siswa tidak hanya mencerminkan keberhasilan pada aspek kognitif, tetapi juga menunjukkan bahwa proses pembelajaran telah dilaksanakan sesuai dengan prinsip teoritis yang kuat dalam pendidikan sains.

Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Hasil tes keterampilan berpikir kritis siswa menunjukkan peningkatan skor setelah mengikuti pembelajaran kimia dengan model inkuiri terbimbing berbasis STEM. Sesuai dengan penelitian ([Lloyd & Bahr, 2010](#)) bahwa siswa tidak hanya memahami konsep berpikir kritis, tetapi juga mampu menerapkannya secara konsisten pada semua materi yang dipelajari. Peningkatan keterampilan berpikir kritis secara keseluruhan, diukur melalui *n-gain*, mencapai 0,71 dalam kategori tinggi, menunjukkan bahwa pembelajaran berhasil meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Meta-analisis terbaru (2016–2025) menunjukkan bahwa *guided inquiry* dalam STEM secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis dengan efek moderat hingga besar, terutama jika guru

memberikan fasilitasi yang baik dan mengintegrasikan teknologi ([Bahar et al., 2025](#)). Peningkatan ini terlihat dari perbedaan hasil pretest dan posttest, sesuai dengan teori konstruktivisme yang menyatakan bahwa keterampilan berpikir tingkat tinggi berkembang ketika siswa aktif membangun pengetahuan melalui pengalaman belajar yang bermakna ([Santrock, 2011](#)). Dalam konteks ini, model inkuiri berbasis STEM memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengamati, merumuskan masalah, membuat prediksi, mengumpulkan data, dan menarik Kesimpulan aktivitas yang penting untuk merangsang berpikir kritis. Lebih jauh, berdasarkan teori pemrosesan informasi, keterampilan berpikir kritis dapat ditingkatkan ketika pembelajaran dirancang untuk mendorong analisis, evaluasi, dan refleksi terhadap informasi yang diperoleh ([Piaget, 1973](#)).

SIMPULAN

Merujuk pada temuan penelitian, penerapan model inkuiri terbimbing terintegrasi STEM terbukti dapat diimplementasikan dengan sangat baik dan memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep serta keterampilan berpikir kritis siswa. Peningkatan kedua aspek tersebut menunjukkan bahwa integrasi inkuiri terbimbing dan STEM mampu memfasilitasi pembelajaran termokimia yang lebih bermakna dan kontekstual. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pengembangan strategi pembelajaran kimia yang lebih inovatif dan relevan dengan tuntutan kompetensi abad ke-21.

Namun demikian, penelitian selanjutnya perlu memperluas uji coba ke sekolah dengan karakteristik berbeda untuk menguji konsistensi temuan, mengembangkan versi digital dari perangkat pembelajaran inkuiri terbimbing terintegrasi STEM untuk memperkuat aksesibilitas dan interaktivitas, serta melakukan studi komparatif dengan model pembelajaran lain guna mengetahui efektivitas relatif dari pendekatan ini. Upaya tersebut akan memperkaya kajian dan memperkuat validitas eksternal model pembelajaran yang dikembangkan.

REFERENSI

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman. <https://books.google.co.id/books?id=EMQIAQAAIAAJ>
- Bahar, R., Soomro, K., Soomro, A. B., & Memon, I. (2025). *Inquiry-Based Science Teaching and Its Impact on Critical Thinking and Problem-Solving Skills: A Meta- Analysis of STEM Education*. 1–22.
- Borich, G. D. (2016). *Observation Skills for Effective Teaching Research-Based Practice*.
- Bruner, J. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Harvard University Press. https://books.google.co.id/books?id=F_d96D9FmbUC
- Bybee, R. W. (2013). The Case for Education: STEM Challenges and Opportunities. *NSTA (National Science Teachers Association)*, 33–40. www.nsta.org/permissions.
- Eggen, P. D., & Kauchak, D. P. (1996). *Strategies for Teachers: Teaching Content and Thinking Skills*. Allyn and Bacon. <https://books.google.co.id/books?id=o7y7QgAACAAJ>
- Facione, P. a. (2011). Critical Thinking : What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment, ISBN 13: 978-1-891557-07-1.*, 1–28. <https://www.insightassessment.com/CT-Resources/Teaching-For-and-About-Critical-Thinking/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts-PDF>
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*.
- Harun Nasrudin, Suyono, M. I. (2015). *MULTIPEL REPRESENTASI UNTUK MEREDUKSI MISKONSEPSI LEARNING OF THERMOCHEMISTRY BY CONNECTING THE MUTIPLE*. 3–4.
- Ibrahim, M., & Sukartiningsih, W. (2014). *Model pembelajaran inovatif melalui pemaknaan (belajar perilaku positif dari alam)*. Zifatama Jawa.
- Laliyo, L. A. R., Igrisa, I., Kilo, A. K., Lukum, A., Pikoli, M., & Munandar, H. (2024). *Efektivitas Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berpendekatan STEM dalam Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Kemandirian Belajar*. 9(2), 144–161.
- Lloyd, M., & Bahr, N. (2010). *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning Thinking Critically about Critical Thinking in Higher Education*. 4(2).
- Lunenburg, F. C. (2011). Critical Thinking and Constructivism Techniques for Improving Student Achievement. *National Forum of Teacher Education*, 21(3), 1–9. <http://www.nationalforum.com/Electronic Journal Volumes/Lunenburg, Fred C. Critical Thinking & Constructivism V21 N3 2011 NFTJ.pdf>
- M. David Miller, Robert L. Linn, N. G. (n.d.). *Measurement_and_Assessment_in_Teaching*.
- Nasir, M., & Cari, C. (2022). *The effect of STEM-based guided inquiry on light concept understanding and scientific explanation*. 18(11).
- OECD. (2023). Pisa 2022 Results. In *Factsheets: Vol. I*. https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en%0Ahttps://www.oecd.org/publication/pisa-2022-results/country-notes/germany-1a2cf137/
- Oktaviani, A., & Anom, K. (2020). *Pengembangan Modul Kimia terintegrasi STEM (Science , Technology , Engineering and Mathematics) dan PBL (Problem-Based Learning) Kimia , Universitas Sriwijaya Palembang*. 2(2), 64–72. <https://doi.org/10.21580/jec.2020.2.2.6279>
- Piaget, J. (1973). *To Understand is to Invent: The Future of Education*. Grossman Publishers.

- <https://books.google.co.id/books?id=jT6cAAAAMAAJ>
- Rahmatania, F., Rahim, F. R., & Negeri, U. (2021). *Efektivitas Penggunaan Modul Termokimia Berbasis Inkuiri Terbimbing Terintegrasi Eksperimen Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik*. April, 23–30.
- Reigeluth, C. M. (2014). *Instructional-design theories and models , Vol . II: A new paradigm of instructional theory (92)*. II(July).
- Sani, R. A. (2014). Pembelajaran Saintifik untuk Implementasi Kurikulum 2013. Jakarta:PT.Bumi Aksara. In *PT.Bumi Aksara*.
- Santrock, J. W. (2011). *Educational Psychology*. McGraw-Hill Medical Publishing. <https://books.google.co.id/books?id=M8S4kgEACAAJ>
- Setyowati, A., & Subali, B. (2011). KRITIS SISWA SMP KELAS VIII. 7, 89–96.
- Sirhan, G. (2007). Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2–20.
- Sue Z.Beers. (2014). 21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future. *Gigiena i Sanitariia*, 93(6), 13–17.
- Suwarma, I. R., Astuti, P., & Endah, E. N. (2015). "Balloon Powered Car" Sebagai Media Pembelajaran Ipa Berbasis Stem (Science , Technology , Engineering , and Mathematics). *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains 2015, 2015(Snips)*, 373.
- Suyono, & Hariyono. (2015). *Implementasi Belajar & Pembelajaran*. Remaja Rosdakarya.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Leadership Training Institute/Special Education, University of Minnesota. <https://books.google.co.id/books?id=CaxOAQAAMAAJ>