

**EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING
BERBASIS *GREEN CHEMISTRY* UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH
PADA MATERI TERMOKIMIA**

(Skripsi)

Oleh

**PUTRI SALSABILLA
NPM 2113023028**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING
BERBASIS *GREEN CHEMISTRY* UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH
PADA MATERI TERMOKIMIA**

Oleh

PUTRI SALSABILLA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Kimia
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING BERBASIS *GREEN CHEMISTRY* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH PADA MATERI TERMOKIMIA

Oleh

PUTRI SALSABILLA

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada materi termokimia. Metode penelitian yang digunakan adalah kuasi-eksperimental dengan desain *pretest-posttest control group*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI SMA Negeri 15 Bandar Lampung tahun ajaran 2024/2025. Sampel penelitian adalah kelas XI F-1 dan XI F-2 yang dipilih melalui teknik *purposive sampling*, kemudian dilakukan pengundian sehingga XI F-1 ditetapkan sebagai kelas kontrol dan XI F-2 sebagai kelas eksperimen. Instrumen yang digunakan meliputi soal pretes dan postes, asesmen kinerja produk berpikir dari pengisian LKPD, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, dan angket respons peserta didik. Analisis data meliputi perhitungan *n-gain* rata-rata, kinerja berpikir peserta didik, keterlaksanaan pembelajaran, dan respons peserta didik. Uji hipotesis dilakukan dengan uji perbedaan dua rata-rata menggunakan metode *independent samples t-test*. Hasil analisis data menunjukkan bahwa *n-gain* rata-rata kelas eksperimen adalah 0,44 dengan kategori sedang. Hasil uji hipotesis juga menunjukkan bahwa *n-gain* rata-rata kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Dengan demikian, disimpulkan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* efektif untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada materi termokimia.

Kata Kunci: inkuiri terbimbing, *green chemistry*, keterampilan pemecahan masalah, termokimia, entalpi pelarutan

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS OF A GREEN CHEMISTRY-BASED GUIDED INQUIRY LEARNING MODEL IN IMPROVING PROBLEM SOLVING SKILLS IN THERMOCHEMISTRY

By

PUTRI SALSABILLA

This study aims to describe the effectiveness of the green chemistry-based guided inquiry learning model in improving students' problem-solving skills on thermochemistry. The research employed a quasi-experimental method with a pretest-posttest control group design. The population in this study consisted of all 11th-grade students of SMA Negeri 15 Bandar Lampung in the 2024/2025 academic year. The research samples included class XI F-1 and XI F-2, selected using purposive sampling, followed by a random draw that assigned XI F-1 as the control class and XI F-2 as the experimental class. The instruments used included pretest and posttest questions, assessments of students' thinking performance through student worksheets (LKPD) completion, observation sheets on learning implementation, and student response questionnaires. Data analysis included the calculation of average normalized gain (n-gain), students' thinking performance, learning implementation, and student responses. The hypothesis testing was conducted using an independent samples t-test. The results showed that the average n-gain in the experimental class was 0.44, categorized as moderate. Hypothesis testing also revealed that the average n-gain in the experimental class was higher than that of the control class. Therefore, it can be concluded that the guided inquiry learning model based on green chemistry is effective in enhancing students' problem-solving skills in thermochemistry.

Keywords: guided inquiry, green chemistry, problem-solving skills, thermochemistry, dissolution enthalpy

Judul Skripsi

: **EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN
INKUIRI TERBIMBING BERBASIS *GREEN*
CHEMISTRY UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH
PADA MATERI TERMOKIMIA**

Nama Mahasiswa

: **Putri Salsabilla**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2113023028

Program Studi

: Pendidikan Kimia

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si.
NIP 19660824 199111 2 002

Gamilla Nuri Utami, S.Pd., M.Pd.
NIP 19921121 201903 2 019

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

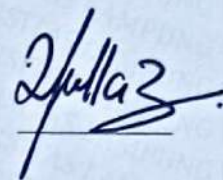
Ketua

: Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si.



Sekretaris

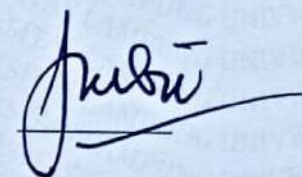
: Gamilla Nuri Utami, S.Pd., M.Pd.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Noor Fadiawati, M.Si.



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.

NIP. 19870504 201404 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **20 Juni 2025**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Putri Salsabilla
Nomor Pokok Mahasiswa : 2113023028
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi. Sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 20 Juni 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Putri Salsabilla
NPM 2113023028

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Palembang pada tanggal 24 Maret 2004, sebagai anak kelima dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Syamsuri dan Ibu Pitonaria. Pendidikan formal diawali di Madrasah Ibtidaiyah Marfu'ah Palembang pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2015. Pendidikan dilanjutkan di SMP Negeri 14 Palembang dan lulus pada tahun 2018, kemudian di SMA Negeri 14 Palembang hingga lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswi, penulis aktif dalam organisasi internal program studi sebagai anggota bidang Kaderisasi Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia (Fosmaki). Dalam bidang akademik, penulis pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Termodinamika Kimia (semester ganjil 2023/2024), Kinetika Kimia (semester genap 2023/2024), serta Struktur dan Fungsi Biomolekul (semester ganjil 2024/2025).

Pada bulan Januari s.d. Februari 2024, penulis melaksanakan Pengenalan Lingkungan Persekolahan (PLP) di SMA Swasta Bintang Timur dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wawasan, Kecamatan Tanjung Sari, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahirabbil 'alamin

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, berkah, dan karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Salawat serta salam juga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan skripsi ini sebagai tanda cinta, kasih, dan hormatku kepada:

Orang Tuaku Tercinta, Bapak Syamsuri dan Ibu Pitonaria

yang senantiasa memberikan do'a, cinta, kasih sayang, perlindungan, nasihat, dan dukungan tak terhingga kepadaku, yang senantiasa berkorban dengan segala keterbatasan demi kebahagiaan, keberhasilan, dan kebbaikanku sehingga aku bisa menjadi pribadi seperti sekarang ini, dengan segala pencapaian yang telah dan akan aku raih;

Kakak-kakakku

yang selalu kebersamaiku dan selalu memberikan dukungan material maupun moral, seperti motivasi, semangat, dan nasihat dalam setiap langkahku;

Keponakan-keponakanku

yang senantiasa memberi warna dalam hidupku dan menjadi salah satu alasan untuk berjuang dan berguna di masa depan; dan

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba karena di dalam mencoba itulah kita menemukan kesempatan untuk berhasil.”

(Buya Hamka)

“Apa yang melewatkanmu, tidak akan menjadi takdirmu. Apa yang ditakdirkan untukmu, tidak akan melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

“Mendidik adalah tanggung jawab setiap orang yang terdidik.”

(Anies Rasyid Baswedan)

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Efektivitas Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbasis *Green Chemistry* untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Termokimia” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan ini, dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Dukungan dari berbagai pihak memberikan kontribusi yang sangat berarti bagi penyusunan skripsi ini. Oleh karena ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam;
3. Dr. M. Setyarini, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Kimia;
4. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si. selaku dosen pembimbing I atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, kritik, saran, motivasi, dan arahan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
5. Ibu Gamilla Nuri Utami, S.Pd., M.Pd. selaku dosen pembimbing II sekaligus dosen pembimbing akademik atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, kritik, saran, motivasi, dan arahan kepada penulis, baik selama perkuliahan maupun selama proses penyusunan skripsi;
6. Dr. Noor Fadiawati, M.Si. selaku pembahas yang telah bersedia memberikan sumbangan pemikiran, kritik, dan saran untuk perbaikan skripsi ini;
7. Bapak dan Ibu Dosen di Program Studi Pendidikan Kimia atas ilmu berharga yang telah diberikan selama perkuliahan;

8. Ibu Maria Habiba, S.Pd., M.Pd. selaku Kepala SMA Negeri 15 Bandar Lampung yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian di SMA Negeri 15 Bandar Lampung;
9. Ibu Anita Maryanis, S.Pd. selaku guru mitra yang telah memberikan banyak bantuan dan dukungan kepada penulis selama proses penelitian;
10. Peserta didik SMA Negeri 15 Bandar Lampung kelas XI F-1 dan XI F-2 atas kerja sama yang baik selama proses penelitian;
11. Rekan-rekan skripsi: Sania Zena Azaria dan Shofia Nainun Saraswati atas kerja sama yang baik dalam proses penyusunan skripsi;
12. Sahabat-sahabat di perkuliahan: Lutfiah Dwi Putri, Rika Afrillia, Ihda Zulfa Ardillah, dan Nimas Keke Wideasari yang telah berbagi suka dan duka, serta kebersamaan penulis sejak menjadi mahasiswa baru hingga saat ini;
13. Elvis Maharani atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan dengan ikhlas kepada penulis selama perkuliahan;
14. Teman seperjuangan Pendidikan Kimia 2021 atas kebersamaan selama ini dalam menuntut ilmu; serta
15. Pihak-pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Akhir kata, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat yang berarti kepada para pembaca.

Bandar Lampung, 20 Juni 2025

Penulis,

Putri Salsabilla
NPM 2113023028

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing.....	5
B. Prinsip <i>Green Chemistry</i>	6
C. Penggunaan Sensor Suhu DS18B20 Berbasis Arduino Uno	8
D. Keterampilan Pemecahan Masalah	9
E. Penelitian yang Relevan.....	9
F. Analisis Konsep	13
G. Kerangka Pemikiran.....	14
H. Anggapan Dasar	16
I. Hipotesis Umum	16
III. METODE PENELITIAN.....	17
A. Populasi dan Sampel	17
B. Jenis dan Sumber Data	17
C. Metode dan Desain Penelitian.....	17
D. Variabel Penelitian	18
E. Perangkat Pembelajaran	18

F. Instrumen dan Validitas Instrumen	18
G. Prosedur Penelitian	19
H. Analisis Data dan Pengujian Hipotesis	22
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Hasil Penelitian	27
B. Pembahasan.....	36
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	44
A. Simpulan	44
B. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	51
1. Hasil perhitungan skor rata-rata pretes kelas kontrol.....	51
2. Hasil perhitungan skor rata-rata postes kelas kontrol	52
3. Hasil perhitungan skor rata-rata pretes kelas eksperimen.....	53
4. Hasil perhitungan skor rata-rata postes kelas eksperimen	54
5. Hasil perhitungan <i>n-gain</i> rata-rata	55
6. Hasil perhitungan nilai kinerja produk berpikir peserta didik	56
7. Hasil perhitungan persentase respons peserta didik.....	57
8. Hasil perhitungan persentase keterlaksanaan pembelajaran	59
9. Hasil uji hipotesis.....	60
10. Surat bukti telah melaksanakan penelitian.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tahap model pembelajaran inkuiri terbimbing	6
2. Tahap dan indikator keterampilan pemecahan masalah	9
3. Penelitian yang relevan	10
4. Analisis konsep	13
5. Desain penelitian <i>pretest-posttest control group</i>	18
6. Kriteria <i>n-gain</i> rata-rata	22
7. Kriteria respons peserta didik	23
8. Kriteria keterlaksanaan model pembelajaran	24
9. Nilai kinerja produk berpikir	32
10. Hasil uji normalitas	35
11. Hasil uji homogenitas	35
12. Hasil uji perbedaan dua rata-rata	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Rangkaian alat dan sensor suhu DS18B20.....	8
2. Kerangka pemikiran.....	14
3. Alur prosedur penelitian.....	21
4. Skor rata-rata pretes dan postes keterampilan pemecahan masalah.....	27
5. Skor rata-rata pretes dan postes indikator <i>read</i>	28
6. Skor rata-rata pretes dan postes indikator <i>explore</i>	29
7. Skor rata-rata pretes dan postes indikator <i>select a strategy</i>	29
8. Skor rata-rata pretes dan postes indikator <i>solve</i>	30
9. Skor rata-rata pretes dan postes indikator <i>look back & extend</i>	30
10. Nilai <i>n-gain</i> rata-rata kelas kontrol dan kelas eksperimen.....	31
11. Persentase respons peserta didik	33
12. Persentase keterlaksanaan model pembelajaran.....	34
13. Jawaban peserta didik dalam mengidentifikasi masalah	37
14. Jawaban peserta didik dalam merumuskan hipotesis.....	38
15. Jawaban peserta didik dalam menuliskan tujuan percobaan.....	39
16. Jawaban peserta didik dalam menuliskan hasil percobaan	39
17. Jawaban peserta didik dalam menghitung perubahan suhu	40
18. Jawaban peserta didik dalam menentukan jenis reaksi	40
19. Jawaban peserta didik dalam menghitung kalor reaksi.....	40
20. Jawaban peserta didik dalam menghitung jumlah mol larutan	40
21. Jawaban peserta didik dalam menghitung perubahan ΔH_s	41
22. Jawaban peserta didik dalam menulis persamaan termokimia	42
23. Jawaban peserta didik dalam membandingkan hasil	42
24. Jawaban peserta didik dalam menyimpulkan hasil pembuktian hipotesis	43

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Abad ke-21 membawa gelombang perubahan yang signifikan dalam dunia pendidikan. Fokus pendidikan tidak lagi terpaku pada transfer pengetahuan semata, melainkan pada pembelajaran bermakna dan berpusat pada peserta didik. Peserta didik dibekali beragam keterampilan agar siap menghadapi tantangan dunia modern, sekaligus mampu memanfaatkan peluang di dunia kerja secara optimal. Salah satu keterampilan abad ke-21 yang harus dimiliki peserta didik dalam menghadapi era ini adalah keterampilan pemecahan masalah (Roekel, 2012).

Keterampilan pemecahan masalah menjadi krusial, karena kehidupan nyata dan dunia kerja menuntut individu untuk mampu berpikir kritis, logis, dan sistematis dalam menyelesaikan berbagai persoalan. Membekali peserta didik dengan keterampilan ini memungkinkan mereka untuk mampu mencari solusi secara mandiri, sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir analitis dan pengambilan keputusan yang tepat dalam berbagai situasi (Paul *and* Elder, 2020; Shaw *et al.*, 2020). Idealnya, peserta didik dapat mengolah informasi yang diberikan, lalu membangun pengetahuannya sendiri, sehingga dapat menyusun strategi yang tepat untuk menemukan solusi dari permasalahan yang diberikan (Falach, 2016; Mawaddah dan Siswanto, 2022). Melalui keterampilan pemecahan masalah yang baik, peserta didik dianggap telah mencapai kompetensi yang diharapkan.

Faktanya, keterampilan pemecahan masalah peserta didik di Indonesia masih terbilang rendah. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil studi *Programme for International Student Assessment* (PISA) pada literasi matematika, yang mengembangkan soal-soal dengan tiga komponen, yaitu proses, konten, dan konteks matematika (OECD, 2023). Keterampilan peserta didik dalam memecahkan masalah termuat dalam komponen proses dengan soal-soal yang terbagi ke dalam 6 level.

Berdasarkan hasil studi PISA pada tahun 2022, diperoleh informasi bahwa sebanyak 80% peserta didik di Indonesia hanya dapat menyelesaikan soal pada level terendah, yaitu level 1. Hal ini menempatkan Indonesia pada peringkat 69 dari total 81 partisipan, sehingga dapat dikatakan bahwa keterampilan pemecahan masalah peserta didik di Indonesia masih jauh di bawah standar internasional.

Keterampilan pemecahan masalah peserta didik dapat berkembang secara optimal ketika didukung oleh model pembelajaran yang sesuai. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan terhadap guru kimia di SMA Negeri 15 Bandar Lampung, diperoleh informasi bahwa pembelajaran masih dilakukan menggunakan model konvensional. Pembelajaran dimulai dengan guru menjelaskan materi menggunakan media PowerPoint, lalu peserta didik diminta untuk mendiskusikan materi yang disampaikan. Kegiatan praktikum sangat jarang dilakukan karena keterbatasan alat dan bahan, serta ketiadaan laboratorium yang dapat digunakan secara optimal. Hasilnya, peserta didik hanya memahami konsep secara teoritis sehingga kurang terlatih dalam menerapkan konsep secara kontekstual, salah satunya melalui pemecahan masalah terhadap soal-soal.

Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan melalui pembelajaran yang dapat melatih keterampilan pemecahan masalah. Salah satu kompetensi dasar (KD) yang dapat melatih keterampilan ini adalah KD 3.5, yaitu menentukan ΔH reaksi berdasarkan hukum Hess, data perubahan entalpi pembentukan standar, dan data energi ikatan, serta KD 4.5 yaitu merancang, melakukan, dan menyimpulkan, serta menyajikan hasil percobaan penentuan ΔH suatu reaksi. Pada KD ini, peserta didik melakukan serangkaian aktivitas ilmiah berbasis penemuan, seperti mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, melakukan percobaan, menuliskan hasil percobaan, menganalisis data, menarik kesimpulan, membandingkan, menyimpulkan, mengkomunikasikan, menerapkan, dan sebagainya (Trowbridge *and* Bybee, 1986; Tabun dkk., 2019). Rangkaian kegiatan pembelajaran ini mencerminkan inti dari model inkuiri terbimbing.

Penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing dalam pembelajaran juga memerlukan pelaksanaan praktikum, yang memungkinkan peserta didik untuk terlibat langsung dalam aktivitas ilmiah. Keterbatasan alat dan bahan praktikum,

serta ketiadaan laboratorium yang selama ini menjadi tantangan bagi guru dalam melaksanakan kegiatan praktikum, dapat diatasi dengan mengintegrasikan prinsip *green chemistry* ke dalam model pembelajaran yang digunakan. *Green chemistry* merupakan suatu kegiatan proaktif yang dilakukan untuk meminimalkan bahaya dari bahan kimia, dengan cara memperhitungkan proses dan produk kimia yang lebih aman (Montag, 2023; Sharma *et al.*, 2019).

Kegiatan praktikum pada KD 3.5 dan 4.5 biasanya dilakukan dengan menggunakan termometer air raksa sebagai pengukur suhu. Penggunaan termometer ini menjadi tantangan bagi guru karena selain pengadaannya yang terbatas di sekolah-sekolah, alat ini berisi raksa yang bersifat toksik sehingga berpotensi membahayakan kesehatan, serta mencemari lingkungan apabila pecah. Selain alat, bahan kimia yang biasa digunakan pada praktikum ini juga dapat menjadi limbah yang mencemari lingkungan. Oleh sebab itu, pada penelitian ini, digunakan sensor suhu DS18B20 berbasis Arduino Uno sebagai alat alternatif dari termometer air raksa, serta bahan ramah lingkungan sebagai pengganti bahan-bahan kimia berbahaya.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul “Efektivitas Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbasis *Green Chemistry* untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Termokimia”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada materi termokimia?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan efektivitas model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* untuk meningkatkan keterampilan pemecahan pada materi termokimia.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagi peserta didik, penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* diharapkan dapat memberikan pengalaman dan pengetahuan baru, sekaligus dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah.
2. Bagi guru, model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dalam pembelajaran kimia.
3. Bagi sekolah, penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* diharapkan dapat menjadi referensi tambahan dalam meningkatkan mutu pembelajaran kimia.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pembelajaran dikatakan efektif apabila *n-gain* rata-rata kelas eksperimen berkategori minimal sedang dan lebih tinggi daripada *n-gain* rata-rata kelas kontrol.
2. Model pembelajaran inkuiri terbimbing yang diterapkan mengikuti tahapan dari Trowbridge and Bybee (1986), yaitu: 1) pemberian masalah oleh guru; 2) perumusan hipotesis; 3) percobaan/eksperimen; dan 4) sintesis pengetahuan.
3. Prinsip *green chemistry* yang diterapkan mengikuti prinsip yang dikembangkan oleh Anantas and Warner (1998), yaitu *prevention waste* dan *designing safer chemicals*.
4. Keterampilan pemecahan masalah pada penelitian ini menggunakan tahapan Krulik and Rudnick (1988), yaitu *read, explore, select a strategy, solve*, dan *look back & extend*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing

Kata ‘inkuiri’ berasal dari bahasa Inggris, yaitu *to inquire* yang memiliki arti bertanya atau menyelidiki. Model pembelajaran inkuiri berakar pada paradigma konstruktivisme yang mendorong peserta didik untuk aktif membangun pengetahuan melalui aktivitas ilmiah yang berpusat pada peserta didik dan berdasarkan masalah nyata sehingga peserta didik dapat mencapai hasil pembelajaran yang diharapkan (Darmuki dkk., 2023; Hastuti dkk., 2020). Pembelajaran inkuiri juga didefinisikan sebagai pembelajaran berbasis penemuan yang menekankan pada proses berpikir peserta didik dalam mencari dan menemukan jawaban atas berbagai permasalahan melalui diskusi dan tanya jawab maupun eksperimen, sehingga peserta didik berperan aktif dalam mengembangkan pengetahuan mereka sendiri (Budiarsa, 2021; Dhamayanti, 2022).

Trowbridge *and* Bybee (1986) mendefinisikan inkuiri sebagai aktivitas sistematis yang bertujuan untuk mengungkapkan hubungan antara objek dan peristiwa melalui proses ilmiah, seperti mengamati, mempertanyakan, bereksperimen, membandingkan, menyimpulkan, menggeneralisasi, mengomunikasikan, menerapkan, dan sebagainya. Trowbridge dan Bybee membedakan inkuiri menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut.

- 1) Inkuiri bebas, yaitu model inkuiri yang diawali dengan pengajuan pertanyaan atau permasalahan oleh peserta didik.
- 2) Inkuiri terbimbing, yaitu model inkuiri yang mendorong peserta didik untuk menyelesaikan masalah/pertanyaan pemantik yang diberikan oleh guru.

Model pembelajaran inkuiri terbimbing memiliki beberapa tahapan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tahapan menurut Trowbridge *and* Bybee (1986).

Tahapan tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Tahap model pembelajaran inkuiri terbimbing

No.	Tahap	Kegiatan Peserta didik
1.	Pemberian Masalah oleh Guru	Mengidentifikasi masalah
2.	Perumusan Hipotesis	Merumuskan hipotesis
3.	Percobaan/Eksperimen	a. Melakukan percobaan b. Menuliskan hasil percobaan
4.	Sintesis Pengetahuan	a. Menganalisis data hasil percobaan b. Menuliskan kesimpulan dari hasil pengujian hipotesis

Keunggulan-keunggulan dari model pembelajaran inkuiri terbimbing menurut Kemendikbudristek (2023) adalah sebagai berikut.

- 1) Menumbuhkan sikap objektif, skeptis, rasa ingin tahu, berpikir kreatif, dan berpikir kritis peserta didik.
- 2) Mengembangkan keterampilan pemecahan masalah.
- 3) Menumbuhkan kemampuan berkomunikasi melalui metode presentasi dan diskusi.
- 4) Memberikan kesan yang lebih baik dalam belajar karena peserta didik membangun konsep secara mandiri.
- 5) Menghilangkan keraguan melalui pengujian hipotesis.

Adapun kelemahan dari model pembelajaran inkuiri terbimbing adalah sebagai berikut.

- 1) Sulit dalam merencanakan kegiatan pembelajaran karena terbentur oleh kebiasaan belajar peserta didik.
- 2) Memerlukan waktu yang panjang dalam pengimplementasiannya sehingga guru sulit menyesuaikan dengan waktu yang telah direncanakan.
- 3) Kurang efisien untuk kelas dengan jumlah peserta didik yang banyak.

B. Prinsip *Green Chemistry*

Pencemaran lingkungan saat ini menjadi isu global yang masih terus mengancam makhluk hidup. Sebagian besar pencemaran lingkungan disebabkan oleh aktivitas manusia, termasuk aktivitas laboratorium. Aktivitas laboratorium masih banyak menggunakan alat dan bahan kimia dengan tingkat bahaya yang tinggi, baik bagi manusia maupun lingkungan (Cahyaningrum, 2020; Indarwati, 2020). Sebagai

contoh salah satu alat yang memiliki potensi bahaya, tetapi masih banyak digunakan adalah termometer raksa. Jika termometer pecah, raksa yang bersifat toksik akan berisiko membahayakan penggunaannya (Muttaqin dkk., 2024).

Sebagai upaya dalam meminimalkan bahaya pada aktivitas laboratorium, Paul T. Anantas pada tahun 1991 menciptakan istilah *green chemistry*, dengan tujuan untuk merancang bahan kimia dan proses kimia yang lebih aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Amyyana dkk., 2017). Prinsip *green chemistry* difokuskan pada dua belas prinsip yang dikemukakan oleh Anantas and Warner (1998), yaitu: 1) pencegahan terbentuknya limbah; 2) ekonomi atom; 3) sintesis kimia yang tidak terlalu berbahaya; 4) merancang bahan kimia yang lebih aman; 5) menggunakan pelarut yang lebih aman; 6) desain untuk efisiensi energi; 7) penggunaan bahan baku terbarukan; 8) mengurangi derivatisasi yang tidak perlu (penggunaan gugus pemblokiran, proteksi atau deproteksi, modifikasi sementara proses fisik atau kimia); 9) menggunakan katalis dibanding reagen stoikiometri; 10) desain untuk degradasi; 11) analisis waktu nyata untuk pencegahan polusi: proses sebelum terbentuknya zat berbahaya; dan 12) meminimalkan potensi kecelakaan.

Menindaklanjuti hal tersebut, pada tahun 1992, *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED) mencanangkan Agenda 21 yang merupakan program rencana pembangunan keberlanjutan yang mengharuskan pendidikan menuju *Education for Sustainable Development* (ESD) (Amyyana dkk., 2017; Rauch, 2015). Langkah ini dilakukan dengan mengintegrasikan prinsip *green chemistry* ke dalam kurikulum pendidikan. Pengintegrasian *green chemistry* pada kurikulum pendidikan di sekolah juga bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada peserta didik agar lebih peduli terhadap keselamatan lingkungan.

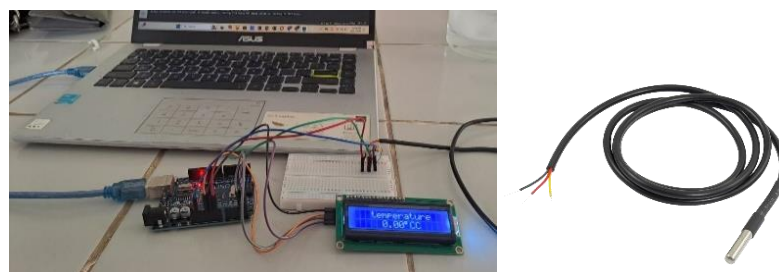
Pada penelitian ini, prinsip *green chemistry* yang digunakan adalah *prevention waste* (pencegahan terbentuknya limbah) dan *designing safer chemicals* (desain bahan kimia yang lebih aman). Prinsip ini menekankan bahwa mencegah limbah lebih baik daripada mengatasi limbah yang terbentuk dari proses-proses sintesis (Ivankovic *et al.*, 2017; Idrus dkk., 2021). Hal ini dikarenakan pencegahan limbah memerlukan biaya yang lebih sedikit dibandingkan memproses limbah yang berbahaya jika dibiarkan. Oleh sebab itu, prinsip ini sangat cocok diterapkan pada

pembelajaran *green chemistry* di sekolah-sekolah.

C. Penggunaan Sensor Suhu DS18B20 Berbasis Arduino Uno

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan TIK (Teknologi, Informasi, dan Komunikasi) turut memberikan pengaruh yang besar bagi dunia pendidikan. Guru diharapkan dapat memanfaatkan teknologi digital dalam kegiatan pembelajaran. Pemanfaatan teknologi dalam pendidikan dapat dimulai dari penggunaan teknologi digital, seperti alat ukur digital yang digunakan untuk mendukung kegiatan pembelajaran secara praktis. Salah satu contoh alat ukur digital yang banyak digunakan adalah sensor suhu. Sensor dapat diartikan sebagai perintah yang akan disampaikan atau diterima, sedangkan suhu merupakan ukuran tingkat yang menunjukkan seberapa banyaknya energi kalor (Hidayat dan Khotimah, 2019; Huda dan Kurniawan, 2022; Muttaqin dkk., 2024).

Beberapa jenis sensor suhu yang sering digunakan adalah sensor suhu LM35, DS18B20, SHT 11, dan HSM20G. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ivory dkk. (2021), keempat sensor suhu tersebut memiliki persentase *error* di bawah 2% sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Pada penelitian ini, digunakan sensor suhu DS18B20 dalam praktikum penentuan nilai entalpi pelarutan secara kalorimetri sebagai pengganti termometer air raksa. Sensor suhu ini berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui sensor digital yang menggunakan 1 *wire* dan memiliki keakurasian $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10° sampai dengan $+85^{\circ}\text{C}$. Mikrokontroler yang digunakan di-*support* dengan Arduino Uno yang dihubungkan dengan kabel USB untuk mengkoneksikan ke dalam komputer atau laptop sehingga suhu dapat terbaca (Salsabila dkk., 2023).



Gambar 1. Rangkaian alat dan sensor suhu DS18B20.
(sumber: <https://cncstorebandunggo.com>)

D. Keterampilan Pemecahan Masalah

Peserta didik sering kali menghadapi situasi yang menuntut mereka untuk menemukan solusi atas suatu permasalahan. Sebagai upaya mencari solusi, peserta didik sudah seharusnya terampil dalam mengidentifikasi masalah berdasarkan informasi yang ada, lalu menyusun strategi yang tepat untuk memperoleh solusi. Keterampilan pemecahan masalah yang baik juga sangat penting dimiliki oleh peserta didik agar mereka dapat mengkonstruksi, memahami, dan menerapkan konsep yang telah mereka pelajari sehingga ilmu yang mereka peroleh menjadi lebih bermakna (Ayudha dan Setyarsih, 2021; Sumiantari dkk., 2019).

Peserta didik dikatakan memiliki keterampilan pemecahan masalah yang baik jika mampu menghasilkan solusi dari permasalahan yang dihadapi secara mandiri, kreatif, inovatif, dan efektif, baik secara individu maupun kelompok (Kurniawati dkk., 2019). Tingkat keterampilan peserta didik dapat diukur melalui beberapa indikator pemecahan masalah yang termuat dalam beberapa tahap. Tahap-tahap pemecahan masalah dan indikatornya menurut Krulik *and* Rudnick (1988) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahap dan indikator keterampilan pemecahan masalah

No.	Tahap	Indikator
1.	<i>Read</i>	a. Peserta didik mengetahui apa yang ditanyakan pada soal b. Peserta didik mampu menganalisis informasi dari soal c. Peserta didik mampu mengidentifikasi informasi tambahan pada soal
2.	<i>Explore</i>	a. Peserta didik mampu mengorganisasikan informasi yang diperoleh b. Peserta didik mampu membuat gambar, tabel, maupun persamaan
3.	<i>Select a strategy</i>	Peserta didik mampu menyusun langkah-langkah penyelesaian masalah
4.	<i>Solve</i>	Peserta didik mampu menggunakan kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan sesuai rencana
5.	<i>Look back and extend</i>	Peserta didik meninjau kembali jawaban dan mengembangkan solusi tersebut untuk diterapkan pada situasi lain

E. Penelitian yang Relevan

Beberapan penelitian yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian yang relevan

No. (1)	Peneliti, Tahun (2)	Judul Artikel / Judul Jurnal (3)	Metode (4)	Hasil (5)
1.	Tornee <i>et al.</i> , 2019	<i>Examining the effectiveness of guided inquiry with problem solving process and cognitive function training in a high school chemistry course / Pedagogies: An International Journal</i>	Desain pada penelitian ini adalah <i>split-plot</i> eksperimental. Sampel penelitian ini adalah 34 peserta didik di kelas eksperimen (inkuiri terbimbing) dan 31 peserta didik di kelas kontrol (konvensional)	Siswa pada kelas eksperimen (inkuiri terbimbing) menunjukkan hasil tes keterampilan pemecahan masalah yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol
2.	Sa-ngiemjit <i>et al.</i> , 2024	<i>Problem-solving skills of high school students in chemistry / International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)</i>	Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Sampel terdiri dari 89 siswa kelas 11	Mayoritas siswa tidak mampu menyelesaikan soal pemecahan masalah pada tahap pengaplikasian
3.	Divrik <i>et al.</i> , 2020	<i>Effect of inquiry-based learning method supported by metacognitive strategies on fourth-grade students' problem solving and problem posing skills / International Electronic Journal of Elementary Education (IEJEE)</i>	Metode penelitian yang digunakan adalah kuasi-eksperimental dengan desain <i>pretest-posttest control group</i> . Sampelnya adalah 63 peserta didik yang dibagi menjadi 2 kelas penelitian, yaitu kelas kontrol dan eksperimen	Kelas eksperimen yang belajar menggunakan model inkuiri memiliki kemampuan pemecahan masalah yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang belajar dengan metode konvensional
4.	Rahmah dan Rohaeti, 2018	<i>An analysis of students' problem-solving ability on acid-base topic / Journal of Physics: Conference Series</i>	Penelitian ini merupakan penelitian eksplanatori sekuensial metode campuran yang menyiratkan pengumpulan dan analisis data kuantitatif dan data kualitatif dalam dua fase berturut-turut dalam satu penelitian. Populasinya adalah seluruh siswa SMA Negeri 1 Yogyakarta. Sampel berfokus pada sekolah yang memiliki tingkat kriteria berpikir tinggi	Diperoleh hasil bahwa mayoritas peserta didik mampu memahami masalah, tetapi tidak mampu dalam mengoreksi kembali kebenaran jawaban yang ditulis. Kemampuan pemecahan masalah kimia siswa sebesar 65,2%, yaitu berada pada kategori sedang dan perlu ditingkatkan. Hasil tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti model pembelajaran yang belum tepat, belum terbiasanya siswa dengan pertanyaan HOTS, dan kurang siap untuk mengikuti tes

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	Yunita dan Mandasari, 2022	Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap kemampuan pemecahan masalah dan hasil belajar kognitif siswa / Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan	Metode pada penelitian ini adalah <i>quasi-experimental</i> dengan desain <i>pretest post-test control group</i> . Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik <i>sampling</i> jenuh. Sampel penelitiannya adalah kelas XI-A (19 peserta didik) sebagai kelas eksperimen dan kelas XI-B (18 orang) sebagai kelas kontrol. Pada kelas eksperimen diterapkan model inkuiri terbimbing, sedangkan kelas kontrol diterapkan pembelajaran konvensional.	Diperoleh hasil bahwa nilai rata-rata keterampilan pemecahan masalah di kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Artinya, model inkuiri terbimbing berpengaruh terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik.
6.	Chintya dkk., 2024	Penerapan pembelajaran <i>guided inquiry</i> berbasis mini riset untuk Meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan proses sains / Jurnal Biologi	Metode penelitian ini adalah <i>pra-experimental</i> dengan desain <i>one-group pretest-posttest</i> . Pengambilan sampel menggunakan teknik <i>purposive sampling</i> . Sampel penelitian ini adalah kelas X-I (35 peserta didik) sebagai kelas eksperimen dan kelas XI-K (35 peserta didik) sebagai kelas kontrol.	Diperoleh hasil bahwa terdapat peningkatan nilai pretes dan postes pada kelas eksperimen dengan rata-rata <i>n-gain</i> sebesar 0,68 (sedang). Artinya, model inkuiri terbimbing berbasis mini riset dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah.
7.	Widodo dkk., 2023	<i>Does the guided inquiry model improve student's problem-solving thinking ability?</i> / Jurnal Penelitian Pendidikan IPA	Desain penelitian ini adalah <i>meta-analysis research</i> dari berbagai literatur. Literatur yang dianalisis memiliki kriteria, yaitu diterbitkan pada tahun 2015-2023, menggunakan metode <i>experimental</i> atau <i>quasi experimental</i> , dan berasal dari jurnal bereputasi tinggi.	Diperoleh hasil bahwa ada pengaruh signifikan dari model inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji efek size yang memiliki kriteria tinggi ($rRE = 0,84$).
8.	Prabowo dkk., 2023	<i>ChemDuino-Calorimetry to determine the enthalpy change of neutralization of an acid-base reaction: making a familiar experiment "greener"</i> / AIP Conference Proceedings	Penelitian ini menggunakan desain <i>development research (Plomp model)</i> untuk mengembangkan kalorimeter berbasis ChemDuino, yaitu kalorimeter DIY berbasis Arduino Uno dan sensor suhu DS18B20 untuk menentukan perubahan entalpi reaksi netralisasi antara NaOH dan HCl	Kalorimeter Chem-Duino berhasil dikembangkan sebagai alat kalorimeter yang murah, portabel, ramah lingkungan, dan memiliki akurasi tinggi. Alat ini memiliki potensi yang besar untuk diterapkan dalam praktikum kimia di sekolah berbasis <i>green chemistry</i>

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
9.	Rahmah dkk., 2021	<i>High school students' mathematical problem-solving skills based on Krulik and Rudnick steps reviewed from thinking style / Journal of Physics: Conference Series</i>	Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif. Sampel penelitiannya adalah 75 siswa kelas XII. Diambil 4 siswa sebagai subjek utama yang mewakili 1 dari 4 gaya berpikir menurut teori Gregorc, yaitu <i>sequential concrete</i> , <i>sequential abstract</i> , <i>concrete random</i> , dan <i>abstract random</i>	Gaya berpikir sangat memengaruhi kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. Gaya SA paling sistematis dalam menerapkan seluruh langkah pemecahan masalah, gaya SK dan AK cenderung mengabaikan tahap refleksi dan diskusi, sedangkan gaya AA kurang dapat mengevaluasi dengan cermat.
10.	Papadimitropoulos et al., 2021	<i>Teaching chemistry with Arduino experiments in a mixed virtual-physical learning environment / Journal of Science Technology</i>	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini melibatkan 154 siswa SMP. Masing-masing menggunakan alat pembelajaran yang berbeda, di antaranya kelompok Arduino (AR), laboratorium virtual (VL), dan kelompok kontrol (C).	Penggunaan eksperimen Arduino menunjukkan bahwa siswa dapat mencapai tingkat pemahaman yang setara dengan mereka yang menggunakan VL. Artinya, Arduino dapat berfungsi sebagai alternatif efektif untuk pembelajaran berbasis VL.
11.	Rahardjo dkk., 2014	<i>Design of calorimeters based on Arduino mega microcontroller with data readout through smartphone / International Conference of Science and Applied Science (ICSAS)</i>	Penelitian ini mengembangkan sebuah kalorimeter berbasis Arduino Mega DS18B20 yang dapat mengukur suhu dan sensor <i>load cell</i> untuk pengukuran massa. Dilakukan kalibrasi terhadap sensor. Data dibaca dan ditransfer ke smartphone menggunakan modul Bluetooth HC-05	Hasil perhitungan nilai kalibrasi sensor suhu DS18B20 (sensor 1) dengan menggunakan <i>Relative Error</i> untuk nilai suhu pada <i>Thermometer Calorimeter</i> (TQ) dan <i>Digital Thermometer</i> (TD) masing-masing sebesar 4,36% dan 4,62%.
13.	Rahmawatinigrum dkk., 2019	<i>Students' ability in solving higher order thinking skills (HOTS) mathematics problem based on learning achievement / Journal of Physics: Conference Series</i>	Penelitian ini menggunakan metode kuasi-eksperimental dengan desain <i>non-equivalent control group</i> . Teknik <i>sampling</i> yang digunakan adalah <i>purposive</i> . Kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional, sedangkan kelas eksperimen menggunakan PBL. Indikator pemecahan masalah yang digunakan adalah indikator menurut Krulik dan Rudnick (1988)	Kemampuan pemecahan masalah matematis terhadap soal peserta didik dapat diukur menggunakan indikator Krulik dan Rudnick

F. Analisis Konsep

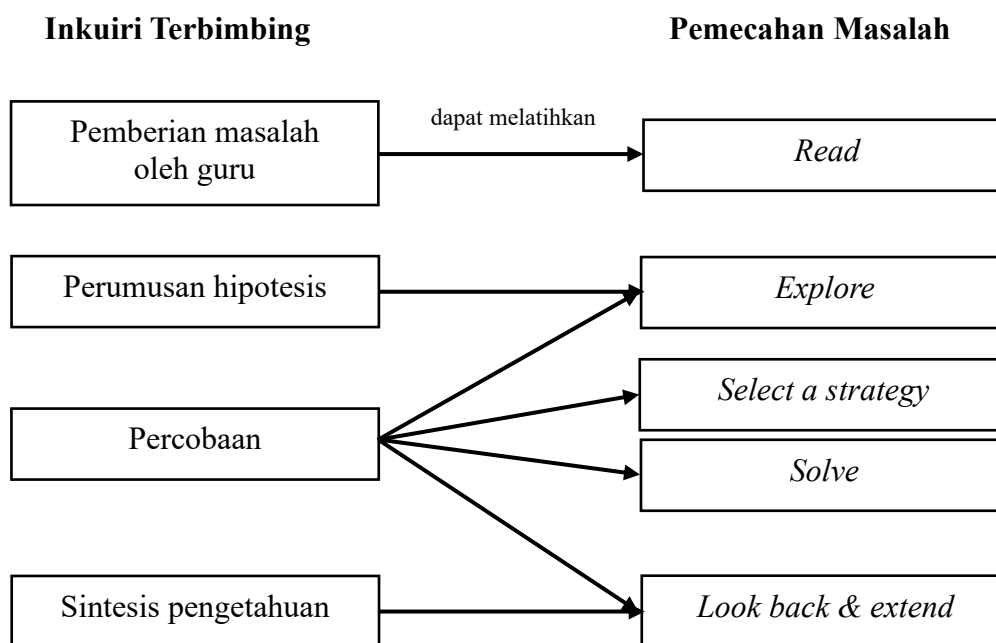
Konsep didefinisikan sebagai skema pengetahuan yang membentuk unit dasar dari kognisi dengan mengelompokkan objek-objek ke dalam suatu kategori (Aryanto dkk., 2023; Radiusman, 2020). Analisis konsep menurut Herron *et al.* (1977) disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis konsep

Label Konsep	Definisi Konsep	Jenis Konsep	Atribut		Posisi			Contoh	Non Contoh
			Kritis	Variabel	Superordinat	Ordinat	Sub Ordinat		
Perubahan entalpi pelarutan standar	Perubahan entalpi yang terjadi dalam pelarutan 1 mol senyawa pada keadaan standar	Konsep yang menyatakan simbol	- Terjadi pada entalpi pelarutan - 1 mol zat - pada keadaan standar	Jenis zat terlarut, suhu, entalpi pelarutan	Perubahan entalpi	Suhu, volume, entalpi pelarutan	Entalpi pelarutan standar	Pelarutan HCl dalam air. $\text{HCl}(g) \longrightarrow \text{HCl}(aq)$ $\Delta H_s^0 = -75,14 \text{ kJ/mol}$	Pembentukan air dari unsur H ₂ dan O ₂ . $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ $\Delta H_f^0 = -241,8 \text{ kJ/mol}$
Persamaan kalor reaksi	Energi panas yang diserap/dilepas selama reaksi	Konsep berdasarkan simbol	Tergantung massa, kalor jenis, dan perubahan suhu	q larutan dan q kalorimeter	Energi dalam sistem	Kalor	Kalor reaksi	$q = m \times c \times \Delta T$	$PV = nRT$ (konsep tekanan gas)

G. Kerangka Pemikiran

Pemetaan indikator keterampilan pemecahan masalah dengan tahapan inkuiri terbimbing disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka pemikiran.

Peserta didik sudah seharusnya terampil dalam memecahkan suatu permasalahan, tetapi kemampuan pemecahan masalah peserta didik berbeda-beda sehingga perlu dilatih. Peserta didik diharapkan mampu memecahkan permasalahan atau soal-soal dengan menggunakan pengetahuan yang telah diperoleh sebelumnya. Keterampilan pemecahan masalah peserta didik ini bisa dikembangkan melalui model pembelajaran inkuiri terbimbing. Melalui model ini, peserta didik secara aktif menemukan solusi atas permasalahan melalui kegiatan penyelidikan secara mandiri. Untuk memberikan pengalaman baru kepada peserta didik, prinsip *green chemistry* diintegrasikan ke dalam model pembelajaran tersebut.

Tahap awal pada model inkuiri terbimbing adalah pemberian masalah oleh guru. Masalah yang diberikan oleh guru bisa disertai dengan pertanyaan yang bertujuan untuk memantik perhatian peserta didik terhadap topik, sekaligus mengeksplorasi pemahaman awal peserta didik. Pada penelitian ini, masalah yang diajukan oleh guru adalah penggunaan alat dan bahan praktikum yang berbahaya bagi kesehatan

dan tidak ramah lingkungan, seperti termometer air raksa. Peserta didik juga diberikan pertanyaan pemantik mengenai alat dan bahan apa yang dapat digunakan sebagai alternatif dari termometer tersebut. Pada tahap ini, peserta didik mengidentifikasi masalah dan menggali informasi dari permasalahan yang diberikan, sehingga dapat melatih keterampilan *read* pada pemecahan masalah.

Pada tahap kedua, peserta didik menuliskan hipotesis terkait permasalahan yang akan diselidiki dengan memprediksi hasil yang akan diperoleh. Hipotesis yang diajukan oleh peserta didik berkenaan dengan apakah alat yang digunakan benar-benar dapat digunakan sebagai pengganti termometer pada praktikum entalpi pelarutan dan bahan yang digunakan lebih ramah lingkungan. Peserta didik mengelola dan mengorganisasi informasi yang diberikan sehingga dapat melatih keterampilan *explore* pada pemecahan masalah.

Pada tahap ketiga, peserta didik melakukan penyelidikan untuk memperoleh data yang dapat digunakan pada penemuan solusi dengan arahan dari guru. Peserta didik melakukan percobaan sesuai dengan prosedur yang diberikan sehingga peserta didik terlatih dalam menerapkan strategi untuk memecahkan masalah sesuai dengan tahap *solve* pada pemecahan masalah. Pada percobaan ini, peserta didik mengamati suhu yang tertera pada *display* sensor suhu. Setelah melakukan percobaan, peserta didik menuliskan hasil percobaan pada tempat yang disediakan pada LKPD. Selanjutnya, peserta didik melakukan analisis data terhadap hasil percobaan yang mereka peroleh secara sistematis, dimulai dari menghitung perubahan suhu sampai dengan memperoleh hasil perubahan entalpi pelarutannya melalui perhitungan. Melalui kegiatan ini, peserta didik terlatih dalam menyusun strategi penyelesaian masalah (*select a strategy*) melalui pemilihan rumus yang tepat, serta menerapkan strategi tersebut untuk memperoleh solusi (*solve*) melalui keterampilan operasi hitung matematika. Kemudian, peserta didik membandingkan hasil analisis data yang mereka peroleh dengan literatur, lalu menyimpulkan hasil pengujian hipotesis yang telah dilakukan sehingga juga dapat melatih keterampilan *explore* pada pemecahan masalah.

Pada tahap keempat, peserta didik mensintesis pengetahuan dengan menyimpulkan hasil pembelajaran yang mereka peroleh. Lebih lanjut, peserta didik dapat

menghubungkan pengetahuan yang baru mereka terima dengan pengetahuan atau konsep yang telah mereka ketahui sebelumnya. Tahapan ini melatih keterampilan *look back & extend* pada pemecahan masalah.

H. Anggapan Dasar

Anggapan dasar pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peserta didik kelas XI SMA Negeri 15 Bandar Lampung tahun ajaran 2024/2025 yang menjadi sampel penelitian memiliki kemampuan yang mirip atau dianggap sama dalam memecahkan masalah terhadap soal-soal kimia.
2. Faktor-faktor lain di luar perilaku pada kedua kelas penelitian diabaikan.

I. Hipotesis Umum

Hipotesis pada penelitian ini adalah bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi termokimia.

III. METODE PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 15 Bandar Lampung. Populasi penelitiannya adalah seluruh peserta didik di kelas XI SMA Negeri 15 tahun ajaran 2024/2025 yang berjumlah 279 peserta didik. Dari populasi tersebut, diambil dua kelas untuk dijadikan sebagai sampel melalui teknik *purposive sampling*. Peneliti mempertimbangkan dua kelas dengan kemampuan yang tidak jauh berbeda atau dianggap sama untuk dijadikan sebagai sampel. Melalui pengundian, kelas XI F-1 terpilih sebagai kelas kontrol dan XI F-2 terpilih sebagai kelas eksperimen.

B. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data utama dan data pendukung. Data utama berupa skor pretes dan postes pemecahan masalah. Data pendukung berupa kinerja produk berpikir, respons peserta didik terhadap model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry*, dan hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry*. Data-data tersebut diperoleh langsung dari peserta didik di kedua kelas penelitian melalui pelaksanaan tes, observasi, dan pemberian angket.

C. Metode dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *quasi-experimental* dengan desain penelitian *pretest-posttest control group*. Pada penelitian ini, kedua kelas penelitian diberikan pretes pemecahan masalah terlebih dahulu. Selanjutnya, kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry*, sedangkan kelas kontrol tidak diberi perlakuan atau menggunakan model pembelajaran konvensional. Desain penelitian *pretest-posttest control group* tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Desain penelitian *pretest-posttest control group*

Kelas	Pretes	Perlakuan	Postes
Eksperimen	O	X	O
Kontrol	O		O

(Creswell *and* Creswell, 2023)

Keterangan:

O = *observation*; X = *treatment*

D. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel kontrol, dan variabel terikat. Variabel bebas berupa model pembelajaran yang digunakan, yaitu inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* dan konvensional. Variabel kontrol berupa materi pembelajaran, yaitu termokimia dengan submateri entalpi pelarutan, guru yang mengajar, jumlah pertemuan, dan instrumen tes yang digunakan. Adapun variabel terikatnya adalah peningkatan keterampilan pemecahan masalah pada materi termokimia.

E. Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini mencakup Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), yang dirancang secara sistematis untuk mendukung implementasi model pembelajaran. RPP disusun dengan mengacu pada tahapan-tahapan dalam model pembelajaran inkuiri terbimbing. LKPD yang digunakan secara khusus di kelas eksperimen juga dikembangkan berdasarkan urutan sintaks inkuiri terbimbing, mulai dari pemberian masalah dari guru, perumusan hipotesis, percobaan, sampai dengan sintesis pengetahuan.

F. Instrumen dan Validitas Instrumen

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

- 1) Soal pretes dan postes pada submateri entalpi pelarutan berupa 3 butir soal esai yang memuat kelima indikator pemecahan masalah pada setiap soalnya. Setiap soal memiliki skor terendah 0 (tidak menulis jawaban sama sekali) dan skor tertinggi 25 dengan rincian yaitu: skor 4 untuk indikator *read*; 4

untuk indikator *explore*; 4 untuk indikator *select a strategy*; 10 untuk indikator *solve*; dan 3 untuk indikator *look back and extend*. Soal pretes dan postes ini dilengkapi dengan kisi-kisi dan rubrik penskoran.

- 2) Asesmen kinerja produk berpikir peserta didik berdasarkan jawaban tertulis pada LKPD yang berisi 12 *item* pertanyaan. Setiap *item* memiliki skor terendah 1 dan skor tertinggi 4 dengan kriteria tertentu. Asesmen ini juga dilengkapi dengan rubrik penskoran.
- 3) Angket respons peserta didik pada model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* berupa angket tertutup yang berisi 10 butir pernyataan positif. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan skala Likert 1-4 (1 = tidak setuju; 2 = kurang setuju; 3 = setuju; 4 = sangat setuju). Peserta didik menulis tanda *check list* (✓) pada kategori yang dipilih.
- 4) Lembar keterlaksanaan model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* yang berisi 13 *item* pengamatan. Pengukuran dilakukan menggunakan skala Likert 1-4 (1 = sangat kurang; 2 = kurang; 3 = baik; 4 = sangat baik). Observer, dalam hal ini adalah guru kimia, menulis tanda *check list* (✓) pada kategori yang dipilih.

Pada penelitian ini, validitas instrumen diukur menggunakan validitas isi, yaitu validitas yang berfokus pada aspek yang diukur. Validitas isi diuji menggunakan cara *judgement* atau keputusan ahli, yaitu dosen pembimbing.

G. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, peneliti mewawancarai guru kimia kelas XI SMA Negeri 15 Bandar Lampung mengenai karakteristik peserta didik, model pembelajaran yang digunakan, hasil belajar peserta didik, sarana-prasarana, kendala yang dihadapi, serta masukan dalam memilih sampel berdasarkan kemampuan peserta didik. Selanjutnya, peneliti melakukan analisis terhadap konsep pada materi yang diajarkan, serta merancang prosedur dan alat yang akan digunakan pada praktikum berbasis *green chemistry*. Setelah itu, peneliti membuat perangkat pembelajaran

berupa Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dengan tahapan inkuiri terbimbing. Peneliti juga membuat instrumen, seperti soal pretes-postes keterampilan pemecahan masalah beserta kisi-kisi dan rubrik penskorannya, asesmen kinerja produk berpikir, angket respons peserta didik, dan lembar keterlaksanaan model pembelajaran.

2. Tahap Pelaksanaan

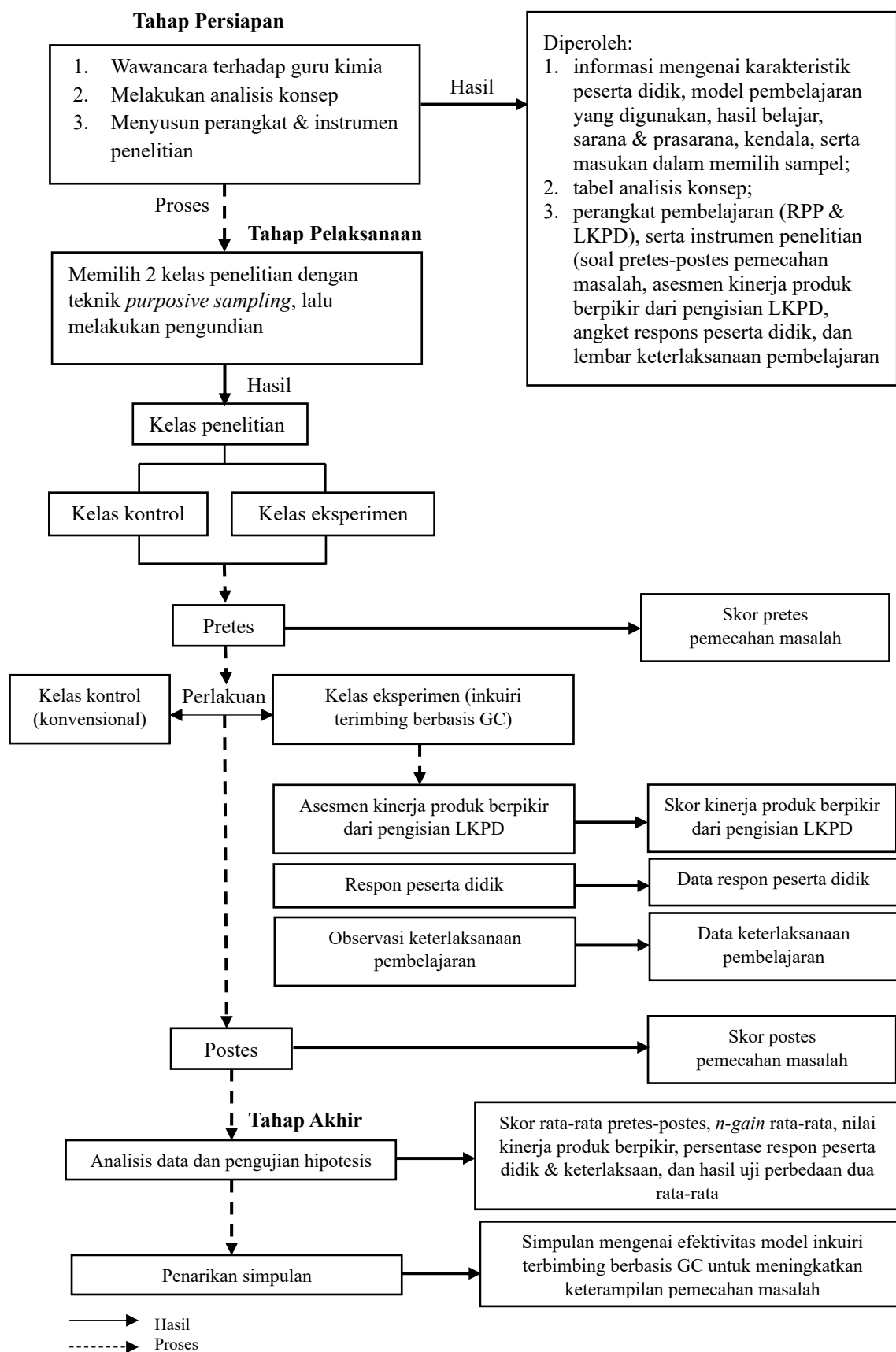
Tahap pelaksanaan penelitian dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

- 1) Menentukan sampel penelitian dengan menggunakan teknik *purposive sampling* sehingga diperoleh dua kelas penelitian, lalu melakukan pengundian untuk menentukan kelas kontrol dan kelas eksperimen.
- 2) Memberikan pretes yang mengukur keterampilan pemecahan masalah pada kelas kontrol dan kelas eksperimen dengan soal yang sama.
- 3) Melaksanakan kegiatan pembelajaran pada materi termokimia dengan menggunakan model inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* pada kelas eksperimen dan model konvensional pada kelas kontrol. Pada kelas eksperimen, peserta didik diberikan LKPD yang telah dirancang untuk mendukung proses pembelajaran.
- 4) Memberikan angket respons peserta didik dan lembar keterlaksanaan model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* pada kelas eksperimen.
- 5) Memberikan postes yang mengukur keterampilan pemecahan masalah pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan soal yang sama.

3. Tahap akhir

Pada tahap akhir, peneliti melakukan analisis terhadap data-data yang diperoleh, serta melakukan uji hipotesis. Selanjutnya, peneliti menarik simpulan berdasarkan hasil analisis data dan hasil uji hipotesis tersebut.

Alur penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk bagan seperti Gambar 3.



Gambar 3. Alur prosedur penelitian.

H. Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

Langkah-langkah dalam menganalisis data dan menguji hipotesis adalah sebagai berikut.

1. Analisis Data

Data-data yang diperoleh pada penelitian ini dianalisis untuk memperoleh simpulan yang berkaitan dengan masalah, tujuan, dan hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya. Terdapat dua jenis data yang dianalisis, yaitu data utama dan data pendukung.

a. Analisis data utama

Data utama yang diperoleh pada penelitian ini adalah skor pretes dan postes keterampilan pemecahan masalah. Analisis data utama dilakukan dengan menghitung *n-gain* dari skor pretes dan postes peserta didik menggunakan rumus berikut.

$$n - gain = \frac{(\text{skor postes} - \text{skor pretes})}{(\text{skor maksimal} - \text{skor pretes})}$$

Setelah nilai *n-gain* dari masing-masing peserta didik diperoleh, dilakukan perhitungan *n-gain* rata-rata untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol menggunakan rumus berikut.

$$< g > = \frac{\text{jumlah } n - gain \text{ peserta didik}}{\text{jumlah peserta didik}}$$

Kemudian, hasil perhitungan rata-rata *n-gain* tiap kelas diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria *n-gain* rata-rata

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

(Hake, 1998)

b. Analisis data pendukung

Data pendukung yang diperoleh pada penelitian ini, di antaranya adalah nilai

kinerja produk berpikir dari jawaban tertulis pada LKPD, data respons peserta didik, dan data observasi keterlaksanaan pembelajaran.

1) Analisis data kinerja produk berpikir

Indikator dari asesmen kinerja produk berpikir peserta didik diukur berdasarkan jawaban tertulis tiap kelompok pada LKPD. Perolehan nilai kinerja produk berpikir tiap kelompok dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Nilai kinerja produk berpikir} = \frac{\Sigma \text{ skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{ skor maksimal}} \times 100$$

Selanjutnya, dihitung rata-rata nilai kinerja produk berpikir di kelas eksperimen menggunakan rumus berikut.

$$\text{Rata – rata nilai kinerja produk berpikir} = \frac{\Sigma \text{ nilai semua kelompok}}{\text{Banyaknya kelompok}}$$

2) Analisis data respons peserta didik

Persentase respons tiap *item* pernyataan dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Persentase respons } item \text{ ke } - i = \frac{\Sigma \text{ skor respons } item \text{ ke } - i}{\Sigma \text{ skor maksimal}} \times 100\%$$

Selanjutnya, dihitung persentase rata-rata respons peserta didik untuk seluruh *item*.

$$\text{Persentase rata – rata respons} = \frac{\Sigma \text{ persentase respons seluruh } item}{\text{Banyaknya } item}$$

Hasil persentase respons peserta didik yang diperoleh diinterpretasikan menurut kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria respons peserta didik

Interval (%)	Kriteria
81 – 100	Sangat baik
61 – 80	Baik
41 – 60	Cukup
21 – 40	Kurang
0 – 20	Sangat kurang

(Arikunto, 2003)

3) Lembar keterlaksanaan model inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry*

Persentase keterlaksanaan model inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Persentase pengamatan} = \frac{\Sigma \text{ skor seluruh item pengamatan}}{\Sigma \text{ skor maksimal}} \times 100\%$$

Selanjutnya, persentase keterlaksanaan model inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* tersebut diinterpretasikan menggunakan kriteria pada Tabel 8.

Tabel 8. Kriteria keterlaksanaan model pembelajaran

Interval (%)	Kriteria
81 – 100	Sangat baik
61 – 80	Baik
41 – 60	Cukup
21 – 40	Kurang
0 – 20	Sangat kurang

(Riduwan dan Sunarto, 2012)

2. Pengujian Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini diuji melalui uji perbedaan dua rata-rata. Sebelum itu, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat, yaitu uji normalitas dan uji homogenitas.

a. Uji normalitas

Uji normalitas merupakan uji yang dilakukan untuk menentukan apakah data berasal dari populasi yang terdistribusi normal atau tidak. Pada penelitian ini, normalitas data diuji dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Perangkat lunak yang digunakan adalah SPSS 27.0.

Rumusan hipotesis dalam uji normalitas adalah sebagai berikut.

H_0 = Data berasal dari populasi yang terdistribusi normal

H_1 = Data tidak berasal dari populasi yang terdistribusi normal.

Adapun kriteria pada uji ini adalah terima H_0 apabila nilai signifikansi (*sig.*) > 0,05 dan tolak H_0 apabila nilai *sig.* < 0,05.

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk menguji apakah kedua kelas penelitian memiliki varians yang homogen atau tidak. Hasil uji homogenitas digunakan untuk menentukan uji statistik-t selanjutnya pada pengujian hipotesis. Pada penelitian ini, homogenitas diuji dengan menggunakan uji Levene. Perangkat lunak yang digunakan adalah SPSS 27.00.

Rumusan hipotesis dalam uji homogenitas adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ (sampel mempunyai varians yang homogen)}$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \text{ (sampel tidak mempunyai varians yang homogen)}$$

Keterangan:

$$\sigma_1^2 = \text{variens data kelas eksperimen}$$

$$\sigma_2^2 = \text{variens data kelas kontrol}$$

Kriteria pada uji ini adalah terima H_0 apabila nilai $sig. > 0,05$ dan tolak H_0 apabila nilai $sig. < 0,05$.

c. Uji perbedaan dua rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui apakah *n-gain* rata-rata kelas eksperimen lebih tinggi daripada *n-gain* rata-rata kelas kontrol. Data yang digunakan pada penelitian ini berasal dari populasi yang terdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen, sehingga uji perbedaan dua rata-rata yang digunakan adalah uji parametrik, yaitu *independent samples t-test*. Perangkat lunak yang digunakan pada uji ini adalah SPSS 27.00.

Rumusan hipotesis dalam uji perbedaan dua rata-rata adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2 : \text{n-gain rata-rata keterampilan pemecahan masalah peserta didik di kelas eksperimen lebih rendah atau sama dengan n-gain rata-rata keterampilan pemecahan masalah peserta didik di kelas kontrol}$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2 : \text{n-gain rata-rata keterampilan pemecahan masalah peserta didik di kelas eksperimen lebih tinggi daripada n-gain rata-rata keterampilan pemecahan masalah peserta didik di kelas kontrol}$$

Keterangan:

μ_1 : *n-gain* rata-rata keterampilan pemecahan masalah di kelas eksperimen

μ_2 : *n-gain* rata-rata keterampilan pemecahan masalah di kelas kontrol

Adapun kriteria pada uji ini adalah tolak H_0 apabila nilai *sig. (1-tailed)* $< 0,05$ dan terima H_0 apabila nilai *sig. (1-tailed)* $> 0,05$.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pengujian hipotesis yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* efektif untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada materi termokimia. Hal ini dibuktikan dari hasil *n-gain* rata-rata kelas eksperimen yang berkategori sedang. Selain itu, melalui pengujian hipotesis, diperoleh hasil bahwa *n-gain* rata-rata di kelas eksperimen secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan agar model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis *green chemistry* diterapkan pada pembelajaran kimia di sekolah-sekolah karena terbukti efektif meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Amyyana, A. H., Paristiowati, M., & Kurniadewi, F. 2017. Pirolisis sederhana limbah plastik dan implementasinya sebagai sumber belajar berbasis education for sustainable development (ESD) pada pembelajaran kimia. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 7(1), 14-21.
<https://doi.org/10.21009/JRPK.071.03>
- Anantas, P. T. & Warner, J. C. 1998. *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press, Oxford. 135 pages.
- Arikunto. 2003. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*. Rineka Cipta, Jakarta. 252 hlm.
- Aryanto, G. P., Hasyim, F. F., Fauzi, M. R., & Sintia, M. 2023. Analisis pemahaman konsep matematika siswa pada materi operasi bilangan bulat. *Prosiding Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika*, 187-192.
- Ayudha, C. F. H. & Setyarsih, W. 2021. Studi literatur: analisis praktik pembelajaran fisika di SMA untuk melatih keterampilan pemecahan masalah. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 11(1), 15-28.
<https://doi.org/10.23887/jjpf.v11i1.33427>
- Budiarsa, I. G. 2021. Penerapan model pembelajaran inkuiri sebagai upaya untuk meningkatkan prestasi belajar matematika. *Indonesian Journal of Educational Development*, 1(4), 650-660.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4560754>
- Cahyaningrum, D. 2020. Program keselamatan dan kesehatan kerja di laboratorium Pendidikan. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 2(1), 35-40.
<https://doi.org/10.14710/jplp.2.1.35-40>
- Chintya, E., Widiantie, R., & Lismaya, L. 2024. Penerapan pembelajaran guided-inquiry berbasis mini riset untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan proses sains. *Jurnal Biologi Edukasi*, 16(1), 32-39.
<https://doi.org/10.24815/jbe.v16i1.38664>

- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. 2023. *Research Design Sixth Edition: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publication Ltd., California. 382 pages.
- Darmuki, A., Nugrahani, F., Fathurohman, I., Kanzunnudin, M., & Hidayati, N. A. 2023. The impact of inquiry collaboration project-based learning model of Indonesian language course achievement. *International Journal of Instruction*, 16(2), 247–266.
<https://doi.org/10.29333/iji.2023.16215a>
- Dhamayanti, P. V. 2022. Systematic literature review: pengaruh strategi pembelajaran inkuiri terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Indonesian Journal of Educational Development*, 3(2), 209-219.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7026884>
- Divrik, R., Pilten, P., & Tas, A. M. 2020. Effect of inquiry-based learning method supported by metacognitive strategies on fourth-grade students' problem solving and problem posing skills: a mixed-methods-research. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 13, 287-308.
<https://doi.org/10.26822/iejee.2021.191>
- Falach, H. N. 2016. Perbandingan keefektifan pendekatan problem solving dan problem posing dalam pembelajaran matematika pada siswa SMP. *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2), 136-148.
<https://doi.org/10.21831/pg.v11i2.10635>
- Hake, R. R. 1988. Interactive-engagement vs traditional methods: a six thousand-student survey of mechanical test data for introductory physics courses. *Physics Courses: American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
<https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hastuti, I. D., Surahmat, Sutarto, & Dafik. 2020. The effect of guided inquiry learning in improving the metacognitive skill of elementary school students. *International Journal of Instruction*, 13(4), 315–330.
<https://doi.org/10.29333/iji.2020.13420a>
- Herron, J. D., Cantu, L. L., Ward, R., & Srinivasan, V. 1977. Problems associated with concept analysis. *Science Education*, 16(2), 185-199.
- Hidayat, N., & Khotimah, H. 2019. Pemanfaatan teknologi digital dalam kegiatan pembelajaran. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran Guru Sekolah Dasar (JPPGuseda)*, 2(1), 10-15.
- Huda, M. B. R., & Kurniawan, W. D. 2022. Analisa sistem pengendalian temperatur menggunakan sensor DS18B20 berbasis mikrokontroler Arduino. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 18-23.

- Idrus, S. W., Mutiah, Rahmawati, Junaedi, E., & Anwar, Y. A. S. 2021. Sosialiasi prinsip green chemistry untuk meningkatkan kesadaran akan bahaya limbah kimia terhadap lingkungan pada mahasiswa prodi pendidikan kimia FKIP Unram. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Indonesia*, 3(2), 127-133.
<https://doi.org/10.29303/jpmsi.v3i2.135>
- Indarwati, D. 2020. Identifikasi bahaya dan risk assessment: penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di laboratorium. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 2(2), 51-57.
<https://doi.org/10.14710/jplp.2.2.52-57>
- Ivankovic, A., Dronjic, A., Bevanda, A. M., & Talic, S. 2017. Review of 12 principles of green chemistry. *International Journal of Sustainable and Green Energy*, 6(3), 39-48.
<https://doi.org/10.11648/j.ijrse.20170603.12>
- Ivory, R. A., Baskoro, F., Kholis, N. 2021. Review penggunaan sensor suhu terhadap respons pembacaan skala pada inkubator bayi. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 185-194.
<https://doi.org/10.26740/jte.v10n1.p185-194>
- Kemendikbudristek. 2023. Panduan Implementasi Pembelajaran Berpusat pada Mahasiswa. Kemendikbudristek, Jakarta. 65 hlm.
- Krulik, S. & Rudnick, J. A. 1988. *Problem Solving: A Handbook for Elementary School Teachers*. Allyn and Bacon, Boston. 248 pages.
- Kurniawati, M., Sajidan, & Ramli, M. 2019. Analisis keterampilan memecahkan masalah siswa SMA. *Proceeding Biology Education Conference*, 16(1), 75-78.
- Mawaddah, M., & Siswanto, R. D. 2022. Development of e-worksheet to improve students' mathematical problem-solving ability. *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 7(2), 298-314.
<https://doi.org/10.31943/mathline.v7i2.296>
- Montag, S. D. 2023. Utilizing the imine condensation in organic chemistry teaching laboratories to reinforce eteric effects, electronic effects, and green chemistry principles. *Journal of Chemical Education*, 100(11), 4456-4461.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00438>
- Muttaqin, S., Dilaga, M. S., Suryani, D., Haq, A. D., & Wiguna, P. A. 2024. Agreement of non-contact infrared thermometer measurement results with digital axillary thermometer in neonates at the Pejeruk community health. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1), 712-727.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v24i1b.8136>

- OECD. 2023. *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From Disruption*. OECD Publishing, Paris. 458 pages.
- Papadimitropoulos, N., Dalacosta, K., & Pavlatou, E. A. 2021. Teaching chemistry with Arduino experiments in a mixed virtual-physical learning environment. *Journal of Science Education Technology*, 30(4), 550-566. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09899-5>
- Paul, R., & Elder, L. 2020. *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life*. Rowan and Littlefield, Lanham. 481 pages.
- Prabowo, N. K., Paristiowati, M., Irwanto, Afrizal, & Yusmaniar. 2023. Chem-Duino-Calorimetry to determine the enthalpy change of neutralization of an acid-base reaction: making a familiar experiment “greener”. *AIP Conference Proceeding*, 2958(1), 1-7. <https://doi.org/10.1063/5.0175294>
- Radiusman. 2020. Studi literasi: pemahaman konsep anak pada pembelajaran matematika. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 6(1), 1-8. <https://doi.org/10.24853/fbc.6.1.1-8>
- Rahardjo, D. T., Utami, W. B., Saputro, D. E., & Jamaluddin, A. 2014. Design of calorimeters based on Arduino mega microcontroller with data readout through smartphone. *International Conference of Science and Applied Science (ICSAS)*. <https://doi.org/10.1063/1.5054500>
- Rahmah, A., Mardiyana, & Saputro, D. R. S. 2021. High school students' mathematical problem-solving skills based on Krulik and Rudnick steps reviewed from thinking style. *Journal of Physics: Conference Series*, 1808. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1808/1/012058>
- Rahmah, N. & Rohaeti, E. 2018. An analysis of students' problem-solving ability on acid-base topic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012065>
- Rahmawatinigrum, A., Kusmayadi, T. A., & Fitriana, L. 2019. Students' ability in solving higher order thinking skills (HOTS) mathematics problem based on learning achievement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012090>
- Rauch, F. 2015. *Education for Sustainable Development and Chemistry Education*. The Royal Society of Chemistry, London. 26 pages.
- Riduwan & Sunarto. 2012. *Pengantar Statistika untuk Penelitian*. Alfabeta, Bandung. 363 hlm.

- Roekel, D. V. 2012. *Preparing 21st Century Students for a Global Society: An Educator Guide to the "Four Cs"*. National Education Association, USA. 38 pages.
- Salsabila, N., Choir, R. A., Jannah, S. I. N., & Rahmadinanti, M. O. 2023. Rancang alat praktikum untuk mengukur suhu menggunakan sensor DS18B20 berbasis Arduino Uno. *Jurnal Sains Riset*, 13(2), 409–418. <https://doi.org/10.47647/jsr.v10i12>
- Sa-Ngiemjit, M., Vazquez-Alonso, A., Manassero, M. A. 2024. Problem-solving skills of high school students in chemistry. *International Journal of Evaluation and Research (IJERE)*, 13(3), 1825-1831. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i3.27421>
- Sharma, R. K., Yadav, S., Gupta, R., & Arora, G. 2019. Synthesis of magnetic nanoparticles using potato extract for dye degradation: a green chemistry experiment. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 3038–3044. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00384>
- Shaw, A., Liu, O. L., Gu, L., Kardonova, E., Chirikov, I., Li, G., Hu, S., Yu, N., Ma, L., Guo, F., Su, Q., Shi, J., Shi, H., & Loyalka, P. 2020. Thinking critically about critical thinking: validating the Russian HEIghten® critical thinking assessment. *Studies in Higher Education*, 45(9), 1933–1948. <https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1672640>
- Sumiantari, N. L. E., Suardana, N., & Selamat, K. 2019. Pengaruh model problem-based learning terhadap kemampuan pemecahan masalah IPS siswa kelas VIII SMP. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 2(1), 12-22. <https://doi.org/10.23887/jppsi.v2i1.17219>
- Tabun, Y. F., Sunarno, W. & Sukarmin. 2019. Guided inquiry model based on scientific approach to science learning of the students of SMPK Stella Maris Biudukfoho. *International Conference on Science and Science Education*, 1307. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1307/1/012004>
- Tornee, N., Bunterm, T., Lee, K., & Muchimapura, S. 2019. Examining the effectiveness of guided inquiry with problem solving process and cognitive function training in a high school chemistry course. *Pedagogies: An International Journal*, 14(2), 126-149
- Trowbridge, L. W. & Bybee, R. 1986. *Becoming a Secondary School Science Teacher (5th Ed)*. Merrill Publishing Company, London. 421 pages.
- Widodo, J., Judijanto, L., Halim, A., Rachman, A., Sutarto, & Santosa, T. A. 2023. Does the guided inquiry model improve students' problem-solving thinking ability? Meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9, 37-45.

Yunita, L. & Mandasari, N. 2022. Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap kemampuan pemecahan masalah dan hasil belajar kognitif siswa. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 2(2), 75-93.
<https://doi.org/10.36312/pjipst.v2i2.6>