

**DESAIN MODUL AJAR BERBASIS *INQUIRY LEARNING* UNTUK  
MENDUKUNG TUJUAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN (SDGs)  
SMA KELAS X PADA MATERI KIMIA HIJAU**

**SKRIPSI**

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S-1



**Disusun oleh:**

**KHOLILUL 'AIZA**

**22104060023**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA**

**FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN**

**UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

**2026**

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2215/Un.02/DT/PP.00.9/07/2026

Tugas Akhir dengan judul : DESAIN MODUL AJAR BERBASIS INQUIRY LEARNING UNTUK MENDUKUNG  
TUJUAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN (SDGs) SMA KELAS X PADA  
MATERI KIMIA HJAU

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : KHOLILUL 'AIZA  
Nomor Induk Mahasiswa : 22104060023  
Telah diujikan pada : Selasa, 07 Juli 2026  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Nina Hamidah, S.Si. M.A.  
SIGNED

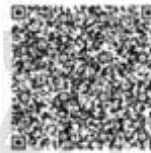
Valid ID: 6a5c0b62d1064



Penguji I

Retno Aliyatul Fikroh, M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 6a5d0e824c0d4



Penguji II

Ari Wahyu Sapotro, M.Pd  
SIGNED

Valid ID: 6a5db21625568



Yogyakarta, 07 Juli 2026  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Sigit Purnama, S.PdL., M.Pd.  
SIGNED

Valid ID: 6a5d07085ca4

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN/BEBAS PLAGIASI

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kholilul 'Aiza  
NIM : 22104060023  
Program Studi : Pendidikan Kimia  
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Desain Modul Ajar Berbasis *Inquiry Learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) SMA Kelas X Pada Materi Kimia Hijau" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 17 Juli 2026

Penulis



Kholilul 'Aiza  
NIM. 22104060023

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

### SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Kholilul Aiza  
NIM : 22104060023  
Judul Skripsi : Desain Modul Ajar Berbasis *Inquiry Learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) SMA Kelas X Pada Materi Kimia Hijau

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudari tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum wr.wb.*

Yogyakarta, 18 Juni 2026

Pembimbing

Nina Hamidah, S.Si. M.A.

NIP. 19770630 2006042 001

## NOTA DINAS PEMBIMBING



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

### NOTA DINAS KONSULTAN PEMBIMBING

Hal : Skripsi Tugas Akhir

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr.wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Kholilul 'Aiza

NIM : 22104060023

Judul skripsi : Desain Modul Ajar Berbasis *Inquiry Learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan SDGs SMA Kelas X Pada Materi Kimia Hijau.

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum wr.wb.*

Yogyakarta, 21 Juli 2026

Pembimbing,

Nina Hamidah, S.Si., M.A.

NIP. 19770630 200604 2 001

## NOTA DINAS KONSULTAN I



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

### NOTA DINAS KONSULTAN I

Hal : Skripsi Saudari Kholilul 'Aiza

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr.wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Kholilul 'Aiza

NIM : 22104060023

Judul skripsi : Desain Modul Ajar Berbasis *Inquiry Learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan SDGs SMA Kelas X Pada Materi Kimia Hijau.

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr.wb.*

Yogyakarta, 20 Juli 2026

Konsultan I

Retno Aliyatul Fikroh, M.Sc.

NIP. 19920427 201903 2 018

## NOTA DINAS KONSULTAN II



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

### NOTA DINAS KONSULTAN II

Hal : Skripsi Saudari Kholilul 'Aiza

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr.wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Kholilul 'Aiza

NIM : 22104060023

Judul skripsi : Desain Modul Ajar Berbasis *Inquiry Learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan SDGs SMA Kelas X Pada Materi Kimia Hijau.

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum wr.wb.*

Yogyakarta, 20 Juli 2026  
Konsultan II

Ari Wahyu Suputro, M.Pd.  
NIP. 19931022 202505 1 002

## HALAMAN MOTTO

“Allah memang tidak menjanjikan hidupmu akan selalu mudah, tapi dua kali Allah berjanji bahwa: “Fa inna ma’al - ‘usri Yusra, Inna ma’al - ‘usri Yusra”  
“setiap kesulitan pasti ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah 94: 5-6)

“Jika bukan karena Allah yang mampukan, aku mungkin sudah lama menyerah”

(Penulis)

“Selesaikan apa yang sudah kamu mulai, lewati saja badainya jangan ubah tujuannya”

(Penulis)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan **اَلْحَمْدُ لِلّٰهِ رَبِّ الْعَالَمِيْنَ** sebagai rasa syukur kehadiran Allah SWT, sehingga karya sederhana ini dapat terselesaikan atas pertolongan Allah SWT.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada **orang-orang tersayang**, untuk segala cinta, kasih sayang yang membesarkan, doa yang menguatkan, serta perjuangan yang senantiasa menjadi **semangat, kekuatan, dan keberanian** bagi penulis.

**Muhammad Sapari dan Susiana**

Selaku bapak dan ibu tercinta

**Luluk Badriyah & Suami**

Selaku kakak tersayang

**Seluruh Sahabat dan Teman Penulis**

Serta,

**Almamater Tercinta**

Program Studi Pendidikan Kimia

Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*, puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan semesta alam, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Desain Modul Ajar Berbasis *Inquiry Learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) Kelas X SMA Pada Materi Kimia Hijau”** dapat penulis selesaikan. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan sepanjang masa yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Dengan penuh ketulusan penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta dorongan baik moral maupun material selama proses penyusunan skripsi ini. Tanpa bantuan, kerja sama, dan dukungan yang diberikan, mustahil bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Setiap bentuk bantuan, sekecil apa pun, menjadi bagian penting yang menguatkan langkah penulis hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan optimal. Dengan penuh hormat, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Dr. Paed. Asih Widi Wisudawati, M.Pd. selaku Ketua Program studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Nina Hamidah, S.Si., M.A. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan ilmu, waktu, perhatian, dukungan, dan bimbingan, serta motivasi

kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.

5. Bapak Agus Kamaludin, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Akademik 1 yang telah memberikan arahan dan dukungan selama penulis menempuh studi.
6. Ibu Jamil Suprihatiningrum, S.Pd.Si., M.Pd.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik 2 yang telah memberikan arahan dan dukungan selama penulis menempuh studi.
7. Bapak Ari Wahyu Saputro, M.Pd. selaku validator instrumen penelitian.
8. Ibu Dr. Paed Asih Widi Wisudawati, M.Pd. selaku validator materi.
9. Bapak Setia Rahmawan, M.Pd. selaku validator media.
10. Ibu Arini Tahmidah, S.Pd., Ibu Chyndi Nadhea Pusporeni, S.Pd., Ibu Rizca Daimatul Mahmudah, S.Pd., Ibu Azizah Miftakhurrohman, S.Pd., selaku *reviewer* (guru kimia SMA/MA).
11. Orang Tua tercinta, bapak Sapari, dan Ibu Susiana. Beliau yang selalu menjadi garda terdepan bagi penulis, atas kerja keras dan dukungan secara penuh sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Terimakasih atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang tak pernah putus sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat membantu bapak dan ibu lebih bangga karena telah berhasil menjadikan anak perempuan bungsu nya menyandang gelar sarjana pendidikan seperti yang diharapkan. Besar harapan penulis, semoga bapak dan ibu selalu sehat, panjang umur, dan bisa menyaksikan keberhasilan lainnya yang akan penulis raih di masa mendatang.
12. Kakak saya, Luluk Badriyah, S.Pd. yang menjadi kakak perempuan, teman diskusi, sahabat, bagi penulis. Terimakasih atas dukungan baik secara moril maupun materi, serta motivasi kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
13. Tidak lupa, kepada diri saya sendiri yang selalu mengusahakan semua hal agar terlihat baik-baik saja. Terimakasih sudah sekuat ini dan bertahan sejauh ini.

Terimakasih untuk tetap berusaha dan tidak menyerah meskipun tidak selalu yakin. Terimakasih untuk selalu berani meskipun sering kali meragukan diri sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan semua ini. Bagaimanapun kehidupan selanjutnya, hargai dirimu, rayakan dirimu, tetap menjadi perempuan kuat, berbahagialah atas segala proses yang berhasil dilalui untuk masa depan yang lebih baik.

14. Keluarga besar Pendidikan Kimia 2022 (Interferons), terima kasih atas kebersamaan, motivasi, pembelajaran, pengalaman, serta segala hal berharga yang telah mengiringi perjalanan penulis selama menempuh pendidikan.
15. Keluarga KKN 173 bersama Bapak Dr. Sedyo Santosa, S.S., M.Pd. (Saman, Bangunharjo, Sewon, Bantul, D.I.Yogyakarta). Terimakasih atas pengalaman berharga selama 40 hari yang memberi banyak pelajaran.
16. Keluarga PLP SMA Muhammadiyah 7 Yogyakarta, terimakasih atas kebersamaan, pengalaman serta pelajaran yang berharga.
17. Teman-teman seperbimbingan yang telah menjadi rekan seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi ini.
18. Sahabat Syurga (Rara, Rani, Faizah, Diah, Yusri), terimakasih atas segala kebaikan, kebersamaan, kepedulian, serta dukungan yang telah kalian berikan. Semoga Allah senantiasa melindungi kita dan memudahkan langkah kita untuk mencapai mimpi-mimpi kita.
19. Sahabat di rumah (Addin, Salwa, Neta, Nesa, Farisah, Dwi Ayu, Wahidah, Isna, Fida) terimakasih atas dukungan, doa, motivasi yang telah kalian berikan, semoga Allah senantiasa memudahkan dan melancarkan langkah-langkah kalian.
20. Seseorang yang tidak bisa disebutkan namanya, terimakasih sebanyak-banyaknya, atas segala usaha, motivasi, kasih sayang, dan dukungan, baik secara moril dan materi, penulis tidak bisa membalas kebaikanmu secara satu per satu. Semoga Allah selalu membalas kebaikan kamu, dimudahkan langkahmu, dan dilancarkan selalu untuk mimpi-mimpimu.

21. Semua pihak yang membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah berkenan membalas dengan ganjaran yang setimpal atas segala bantuan, dukungan, semangat, serta kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Yogyakarta, 31 Mei 2026

Penulis



Kholilul 'Aiza

NIM 22104060023

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

|                                                |       |
|------------------------------------------------|-------|
| PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....                   | i     |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN/BEBAS PLAGIASI ..... | ii    |
| SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR .....            | iii   |
| NOTA DINAS PEMBIMBING .....                    | iv    |
| NOTA DINAS KONSULTAN I .....                   | v     |
| NOTA DINAS KONSULTAN II .....                  | vi    |
| HALAMAN MOTTO .....                            | vii   |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                      | viii  |
| KATA PENGANTAR .....                           | ix    |
| DAFTAR ISI .....                               | xiii  |
| DAFTAR TABEL .....                             | xv    |
| DAFTAR GAMBAR .....                            | xvi   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                          | xvii  |
| ABSTRAK .....                                  | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN .....                        | 1     |
| A. Latar Belakang .....                        | 1     |
| B. Rumusan Masalah .....                       | 5     |
| C. Tujuan Penelitian .....                     | 5     |
| D. Spesifikasi Produk .....                    | 6     |
| E. Manfaat Penelitian .....                    | 7     |
| F. Batasan Pengembangan .....                  | 8     |
| G. Definisi Istilah .....                      | 8     |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                  | 9     |
| A. Kajian Teori .....                          | 9     |
| B. Kajian Penelitian yang Relevan .....        | 13    |
| C. Kerangka Berpikir .....                     | 14    |
| BAB III METODE PENELITIAN .....                | 17    |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| A. Jenis Penelitian.....                                               | 17  |
| B. Subjek Penelitian.....                                              | 20  |
| C. Teknik Pengumpulan Data .....                                       | 20  |
| D. Instrumen Penelitian.....                                           | 21  |
| E. Teknik Analisis Data .....                                          | 25  |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....                                       | 28  |
| A. Analisis Hambatan Pelaksanaan Pembelajaran Materi Kimia Hijau ..... | 28  |
| B. Perancangan Solusi .....                                            | 29  |
| C. Siklus Berulang .....                                               | 39  |
| D. Refleksi .....                                                      | 42  |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....                                        | 47  |
| A. Kesimpulan .....                                                    | 47  |
| B. Saran.....                                                          | 47  |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                    | 48  |
| LAMPIRAN.....                                                          | 55  |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....                                              | 133 |

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
 YOGYAKARTA

## DAFTAR TABEL

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3. 1 Kisi-Kisi Instrumen Penilaian Modul Ajar Ahli Materi ..... | 22 |
| Tabel 3. 2 Kisi-Kisi Instrumen Penilaian Modul Ajar Ahli Media .....  | 22 |
| Tabel 3. 3 Kisi-Kisi Instrumen Reviewer Guru Kimia SMA.....           | 23 |
| Tabel 3. 4 Kisi-Kisi Instrumen Wawancara.....                         | 24 |
| Tabel 3. 5 Aturan Pemberian Skor .....                                | 26 |
| Tabel 3. 6 Aturan Pemberian Skor .....                                | 26 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir.....                        | 16 |
| Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian Design Based Research..... | 18 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Tabulasi Data Perhitungan Dosen Ahli.....                                         | 56  |
| Lampiran 2. Tabulasi Data dan Perhitungan Kualitas Menurut Reviewer (Guru Kimia SMA/MA) ..... | 67  |
| Lampiran 3. Lembar Validasi dan Penilaian Produk dari Validator dan Reviewer.....             | 74  |
| Lampiran 4. Lembar Pertanyaan Wawancara Terstruktur .....                                     | 107 |
| Lampiran 5. Dokumentasi Wawancara Analisis Kebutuhan.....                                     | 109 |
| Lampiran 6. Modul Ajar.....                                                                   | 110 |
| Lampiran 7. Modul Ajar Sebelum dan Setelah Revisi Ahli Materi .....                           | 121 |
| Lampiran 8. Modul Ajar Sebelum dan Setelah Revisi Ahli Media.....                             | 127 |



## ABSTRAK

### DESAIN MODUL AJAR BERBASIS *INQUIRY LEARNING* UNTUK MENDUKUNG TUJUAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN (SDGs) KELAS X SMA PADA MATERI KIMIA HIJAU

Oleh:

**KHOLILUL 'AIZA**

**22104060023**

Analisis kebutuhan yang dilakukan melalui wawancara dengan salah satu guru kimia SMA menunjukkan bahwa modul ajar kimia hijau yang digunakan masih terbatas pada pengenalan konsep, belum memuat kegiatan penyelidikan dan praktikum secara sistematis, sehingga belum sepenuhnya membantu siswa memahami penerapan kimia hijau dalam kehidupan nyata. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) pada materi kimia hijau kelas X SMA melalui proyek penjernihan minyak jelantah dan pembuatan sabun. Jenis penelitian ini menggunakan metode *Design Based Research* (DBR). Subjek dalam penelitian ini meliputi ahli materi, ahli media, dan *reviewer* (guru kimia kelas X SMA). Instrumen dalam penelitian ini meliputi lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket *reviewer*, dan wawancara terstruktur. Teknik analisis data penelitian ini adalah analisis deskriptif. Hasil validasi menunjukkan persentase sangat baik, yaitu, 95,5% (ahli materi; 92% (ahli media); dan 95,74% (*reviewer* guru kimia SMA/MA). Berdasarkan hasil validitas tersebut dapat disimpulkan bahwa desain modul ajar berbasis *inquiry learning* yang dikembangkan berpotensi sebagai alternatif perangkat pembelajaran untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) pada materi kimia hijau kelas X SMA.

**Kata Kunci:** modul ajar, *inquiry learning*, SDGs, Kimia Hijau

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

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

Kurikulum merdeka menjadi kurikulum alternatif dalam mengatasi kemunduran belajar selama masa pandemi. Kurikulum merdeka memberikan kebebasan “merdeka belajar” kepada guru dalam menyusun, melaksanakan, dan mengembangkan pembelajaran sesuai kebutuhan dan potensi siswa (Alimuddin, 2023). Namun, penerapan kurikulum merdeka sering menghadapi tantangan, khususnya pada pembelajaran kimia karena guru belum sepenuhnya siap dalam menerapkan pendekatan baru yang lebih berpusat pada siswa (Taruklimbong 2024). Penelitian Hamdu et al., (2016) menyatakan bahwa saat proses belajar mengajar siswa banyak menerima teori dari guru. Sehingga sebagian besar siswa mengalami kesulitan saat belajar kimia, karena siswa kurang dilibatkan dalam pembelajaran dan mengalami kendala dalam mengaplikasikan kimia dalam kehidupan nyata (Zahra et al., 2025). Menurut Auliah *et al.*, (2025) selain perubahan cara mengajar guru yang perlu dirubah, perubahan mindset dan paradigma dalam pembelajaran kimia juga perlu dilakukan untuk menyesuaikan kurikulum merdeka. Sehingga, pembelajaran kimia tidak hanya mengajarkan konsep, rumus, ataupun prinsip, melainkan juga memberikan pengalaman bagi siswa dalam memecahkan masalah sekaligus kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan.

Langkah strategis dalam meningkatkan penerapan kurikulum merdeka di era global yaitu dengan pendekatan *Education for Sustainable Development* (ESD) atau Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (Alghifari et al., 2025). ESD menekankan pembelajaran yang berkualitas dengan berlandaskan prinsip keberlanjutan (*sustainability*). ESD berfokus pada pengembangan manusia secara holistik, mencakup aspek *learning to know, learning to be, learning to live together, learning to do, and learning to transform onesels and society* (UNESCO, 2021). Dengan demikian, penerapan kurikulum merdeka yang selaras dengan prinsip-prinsip ESD dapat menjadi langkah strategis dalam meningkatkan penerapan kurikulum merdeka.

Integrasi prinsip kimia hijau dalam ESD memiliki potensi besar dalam meningkatkan kesadaran lingkungan bagi siswa (Pratiwi & Wiyarsi, 2025). Materi kimia hijau merupakan salah satu materi kimia yang sangat berkaitan dengan kehidupan sehari-hari karena banyak fenomena dalam materi kimia hijau yang siswa alami atau jumpai di kehidupan nyata (Maulidiningsih, 2023). Selain itu,

pembelajaran kimia hijau juga mengajarkan prinsip-prinsip ramah lingkungan yang dapat membantu siswa dalam memahami ilmu kimia, dan juga meningkatkan kesadaran siswa tentang pentingnya keberlanjutan lingkungan (Thakare et al., 2024). Namun, seringkali guru mendapatkan reaksi yang kurang antusias dari para siswa ketika guru menyampaikan materi kimia hijau (Akbar & Djakariah, 2024). Menurut Khery et al., (2016) hal ini disebabkan proses pembelajaran kimia hijau di sekolah umumnya masih bersifat teoritis dan menekankan aspek hafalan. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Jaspiy (2026) sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep kimia hijau dan mengaitkannya dengan konteks nyata.

Menurut Sari et al., (2024) merancang bahan ajar pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan siswa menjadi salah satu cara mengatasi permasalahan pada materi kimia hijau. Perencanaan pembelajaran dalam kurikulum merdeka dinamakan modul ajar. Modul ajar merupakan panduan untuk guru dalam merancang pembelajaran agar berjalan secara efektif, efisien, dan sesuai dengan capaian pembelajaran (Kemendikbud, 2016). Menurut pernyataan Akmal et al., (2026) Modul ajar yang dirancang sesuai kebutuhan siswa dapat mendukung pemahaman konsep kimia hijau, meningkatkan keterampilan siswa, serta memfasilitasi pembelajaran yang berpusat pada siswa. Hal ini sejalan dengan penelitian Yulika & Hardeli, (2023) modul ajar yang tepat berpengaruh terhadap tercapainya tujuan pembelajaran. Namun penggunaan modul ajar tanpa disertai model pembelajaran yang sesuai dengan materi dan kebutuhan siswa tidak akan memberikan hasil yang memuaskan. Sehingga diperlukannya suatu model pembelajaran yang dapat membantu siswa untuk aktif dalam pembelajaran (Maulidiningsih & Kusumaningrum, 2023).

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia di MA Al-Falah Jatilawang, Banyumas, Jawa Tengah yang dilakukan pada tanggal 27 April 2026 melalui *google meet*, serta analisis mendalam pada tanggal 14 Juli 2026, diperoleh informasi bahwa guru telah menggunakan modul ajar kimia hijau yang disusun secara mandiri yang disesuaikan dengan siswa sesuai kurikulum merdeka dengan menerapkan model *Problem Based Learning* (PBL). Namun, modul yang digunakan masih berfokus pada pengenalan konsep dasar kimia hijau, belum memuat kegiatan penyelidikan dan praktikum secara sistematis, serta belum menyajikan contoh yang kontekstual dengan kehidupan siswa. Selain itu, integrasi SDGs dalam modul masih bersifat umum dan belum disajikan secara eksplisit dalam kegiatan pembelajaran. Guru juga menyampaikan bahwa modul yang digunakan belum sepenuhnya membantu siswa memahami penerapan kimia hijau. Sehingga, masih memerlukan bahan ajar yang memfasilitasi siswa melakukan penyelidikan, praktikum, dan menghubungkan konsep kimia dengan permasalahan nyata. Salah satu permasalahan yang ditemukan dilingkungan sekitar adalah pengelolaan minyak jelantah yang belum optimal

sehingga minyak jelantah masih sering dibuang ke saluran air. Berdasarkan analisis kebutuhan tersebut, diperlukan pengembangan modul ajar berbasis *inquiry learning* yang mengintegrasikan SDGs secara eksplisit serta mengangkat pemanfaatan minyak jelantah sebagai konteks pembelajaran untuk menerapkan prinsip kimia hijau nomor 1 (*prevention*) dan nomor 2 (*atom economy*).

Menurut Salsabilla et al., (2023) pemahaman konsep siswa terhadap materi kimia hijau akan tercapai secara maksimal jika siswa mendapatkan kesempatan lebih luas untuk mengeksplorasi secara aktif isu lingkungan, melalui kegiatan proyek. Kegiatan pembelajaran proyek mendorong *inquiry learning*, pada proses pembelajaran metode *inquiry learning* memacu siswa untuk bertanya, menyelidiki, dan mencari solusi secara aktif melalui proyek yang relevan dalam kehidupan sehari-hari (Zuhaida & Muhtasyiroh, 2022). Model pembelajaran *inquiry learning* menekankan pada proses *inquiry learning* yang lebih terarah dan fokus pada pengembangan pemahaman konsep pembelajaran, guru memainkan peran aktif dalam memberikan arahan, mendukung proses *inquiry learning* memastikan pencapaian tujuan pembelajaran (Paramitha et al., 2023).

Penerapan konsep kimia hijau dalam pembelajaran kimia sangat relevan dengan pencapaian *Education for Sustainable Development* (ESD) 2030 dan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan ke-4 terkait pendidikan berkualitas dan tujuan ke-12 tentang produksi dan konsumsi yang bertanggung jawab (Sulasminingsih et al., 2024). Untuk konteks pembelajaran di Indonesia, hal ini juga tercantum secara eksplisit pada karakteristik Capaian Pembelajaran Fase E Kelas X SMA/MA bahwa “materi yang diajarkan terpadu pada Fase E dilaksanakan dengan *unit of inquiry*, yaitu sebuah proyek untuk menyelesaikan sebuah masalah atau isu lingkungan dari berbagai sudut pandang salah satunya kimia” (Kemendikdasmen, 2025). Isu lingkungan menjadi salah satu fokus pada pencapaian *Sustainable Development Goals*/SDGs. SDGs merupakan agenda global yang menekankan pentingnya tindakan kolektif untuk menghadapi berbagai tantangan sosial, ekonomi, dan lingkungan (Ekawati et al., 2025). Penerapan prinsip kimia hijau mencakup berbagai aspek, seperti penggunaan bahan serta proses yang lebih ramah lingkungan, serta pengelolaan limbah yang lebih optimal (Akmal et al., 2026).

Permasalahan lingkungan serta pencemaran lingkungan semakin hari semakin meningkat. Salah satu jenis sampah rumah tangga dapat memberikan dampak serius bagi lingkungan adalah minyak jelantah. Limbah minyak jelantah berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan benar (Kurnianingsih et al., 2024). Namun, kebiasaan membuang minyak jelantah di saluran air masih menjadi permasalahan lingkungan yang perlu diperhatikan. Minyak jelantah yang dibuang ke

lingkungan, seperti tanah dan saluran air akan menimbulkan pencemaran makhluk hidup di sungai serta merusak kandungan tanah (Mulyaningsih, 2023). Menurut penelitian Karouw et al., (2019) minyak jelantah dapat diolah menjadi biodiesel. Pemerintah juga telah mengembangkan penggunaan bahan bakar nonfosil. Biodiesel dari minyak nabati merupakan salah satu pilihan, karena termasuk sumber bahan bakar yang dapat diperbaharui dan terus tersedia. Selain itu, menurut pernyataan *website* resmi Pertamina (2025), Pertamina juga telah menyediakan mesin *UCollect Box* di area SPBU, yang dapat mendorong masyarakat lebih peduli terhadap pengelolaan limbah minyak jelantah. Mesin *UCollect Box* dirancang untuk mempermudah masyarakat dalam menyetorkan minyak jelantah yang sudah tidak digunakan. Minyak tersebut nantinya akan dikelola untuk dijadikan bahan baku biofuel pada produk avtur menjadi produk *Sustainable Aviation Fuel* (SAF).

Menurut penelitian Isni et al., (2024) terdapat pengolahan minyak jelantah yang dapat dilakukan rumah maupun sekolah sebagai bahan pembelajaran yaitu sabun. Pengolahan minyak jelantah menjadi sabun melalui proses saponifikasi menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan juga sebagai bahan pembelajaran siswa dalam kegiatan proyek (Arlofa et al., 2021). Selain itu, sejalan dengan prinsip kimia hijau nomor 2 yaitu ekonomi atom dimana pada prinsip ini memaksimalkan nilai ekonomi suatu atom, karena bahan yang digunakan pada reaksi saponifikasi dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai guna yaitu sabun dan gliserol. Selain itu pada penjernihan minyak jelantah sesuai dengan prinsip kimia hijau nomor 1, yaitu mencegah pencemaran limbah minyak jelantah melalui pemanfaatan minyak jelantah.

Dengan demikian, penerapan prinsip kimia hijau melalui pengolahan minyak jelantah tidak hanya membantu siswa dalam memahami konsep pembelajaran, tetapi juga mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) (Akmal et al., 2026). Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan, dibutuhkan modul ajar berbasis *inquiry learning* pada materi kimia hijau yang mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) melalui kegiatan proyek pengolahan minyak jelantah menjadi sabun agar siswa dapat terlibat aktif dalam pembelajaran sekaligus meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan.

Penelitian sebelumnya terkait pengembangan modul ajar kimia hijau telah dilakukan oleh Izzania et al., (2024) melalui pengembangan e-modul ajar berbasis *guided inquiry learning* bermuatan etno-STEM untuk membekali kemampuan berpikir kritis siswa. E-modul tersebut mengintegrasikan materi kimia hijau dengan kearifan budaya lokal Kudus melalui kegiatan observasi dan analisis penerapan

prinsip-prinsip kimia hijau di lingkungan sekitar. Namun, penelitian tersebut belum mengintegrasikan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) ke dalam modul maupun kegiatan pembelajaran yang dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan modul ajar berbasis *inquiry learning* yang secara eksplisit mengintegrasikan SDGs 4 (Pendidikan Berkualitas) melalui penyediaan pengalaman belajar berbasis penyelidikan yang mendorong siswa berpikir kritis dan membangun pengetahuan secara mandiri, serta SDGs 12 (Konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab) melalui proyek pemanfaatan minyak jelantah menjadi sabun sebagai bentuk penerapan konsep kimia hijau. Dengan demikian, keterbaruan penelitian ini terletak pada pengintegrasian SDGs secara eksplisit, khususnya SDGs 4 dan SDGs 12, ke dalam modul ajar berbasis *inquiry learning* pada materi kimia hijau.

Modul ajar ini diharapkan menjadi alternatif pembelajaran kimia yang interaktif, mudah diterapkan, serta mendukung tujuan Pembangunan berkelanjutan (SDGs) melalui kegiatan nyata yang berdampak langsung untuk lingkungan sesuai dengan prinsip kimia hijau nomor 1 dan nomor 2, serta sejalan pada Tujuan Pembangunan berkelanjutan nomor 4 dan nomor 12.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana proses dan karakteristik desain modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) SMA kelas X pada materi kimia hijau?
2. Bagaimana kualitas desain modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) SMA kelas X pada materi kimia hijau berdasarkan ahli materi, ahli media, dan *reviewer* (guru kimia kelas X SMA)?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, dapat dirumuskan tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan proses dan karakteristik desain modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) SMA kelas X pada materi kimia hijau.

2. Menganalisis kualitas desain modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk mendukung Tujuan Pembangunan berkelanjutan (SDGs) SMA kelas X pada materi kimia hijau berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media dan *reviewer* (guru kimia SMA kelas X).

#### D. Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk yang diharapkan pada penelitian ini adalah:

1. Modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk mendukung Tujuan Pembangunan berkelanjutan (SDGs) dalam ranah pendidikan jenjang SMA/MA kelas X
2. Modul ajar berbasis *inquiry learning* ini dibuat sesuai dengan kurikulum Merdeka materi kimia hijau kelas X SMA/MA
3. Modul ajar berbasis *inquiry learning* dibuat untuk digunakan oleh guru sebagai pegangan.
4. Modul ini mencakup lembar kerja siswa dan asesmen penilaian untuk siswa.
5. Komponen dalam modul ajar berbasis *inquiry learning* ini antara lain:
  - a. Karakteristik modul yang terdiri dari jenjang, alokasi waktu, kelas/fase, materi pokok, dan sub materi.
  - b. CP IPA/Kimia Fase E yang terdiri dari capaian pembelajaran fase E berdasarkan pemahaman kimia, keterampilan proses, tujuan pembelajaran, alur tujuan pembelajaran, pemahaman bermakna, pertanyaan pemantik, profil pelajar pancasila, target siswa, dan kompetensi awal.
  - c. Kegiatan pembelajaran 1 (Pengantar Prinsip Kimia Hijau)  
Bagian ini berisi alur kegiatan pembelajaran, bahan ajar atau materi, lembar kerja siswa (LKPD), dan asesmen penilaian keterampilan untuk siswa.
  - d. Kegiatan pembelajaran 2 (Praktikum Penjernihan Minyak)  
Bagian ini berisi alur kegiatan pembelajaran, lembar kerja siswa (LKPD), dan asesmen penilaian keterampilan praktikum siswa.
  - e. Kegiatan pembelajaran 3 (Pengantar Komponen Pembuatan Sabun)  
Bagian ini berisi alur kegiatan pembelajaran, bahan ajar atau materi, lembar kerja siswa (LKPD), dan asesmen penilaian sikap untuk siswa.
  - f. Kegiatan pembelajaran 4 (Praktikum Pembuatan Sabun)  
Bagian ini berisi alur kegiatan pembelajaran, lembar kerja siswa (LKPD), asesmen penilaian keterampilan praktikum, asesmen penilaian laporan praktikum.
  - g. Daftar pustaka
  - h. Glosarium
  - i. Lampiran

## E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah:

### 1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Penggunaan modul ajar berbasis *inquiry learning* dapat meningkatkan kualitas pembelajaran selama proses berlangsung di kelas.
- b. Modul ajar berbasis *inquiry learning* dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian berikutnya atau yang akan datang, dan masih dapat dikembangkan.

### 2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang didapatkan pada penelitian ini sebagai berikut:

#### a. Bagi siswa

- 1) Modul ajar dapat dijadikan sebagai perangkat pembelajaran dan sumber belajar untuk siswa khususnya pada materi kimia hijau.
- 2) Modul ajar berbasis *inquiry learning* membantu melatih kemampuan keterampilan mengolah limbah dengan prinsip kimia hijau untuk mendukung tujuan Pembangunan berkelanjutan (SDGs).

#### b. Bagi guru

- 1) Sebagai sarana bagi guru dalam memanfaatkan modul ajar berbasis *inquiry learning* selama proses pembelajaran di kelas, khususnya pada materi kimia hijau.
- 2) Mengembangkan beragam modul ajar berbasis *inquiry learning* sebagai perangkat pembelajaran yang dapat diterapkan dalam proses pembelajaran di kelas.

#### c. Bagi sekolah

- 1) Sebagai perangkat pembelajaran alternatif dalam memperbaiki kualitas pembelajaran.
- 2) Sebagai acuan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran lainnya pada mata pelajaran kimia.
- 3) Diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan mutu pembelajaran di sekolah.

#### d. Bagi peneliti

- 1) Meningkatkan wawasan peneliti mengenai perancangan dan penyusunan modul ajar agar dapat dijadikan acuan dalam mengembangkan modul ajar berbasis *inquiry learning* yang baik.
- 2) Memberikan pengalaman bagi peneliti dalam melakukan penelitian terkait pengembangan modul ajar berbasis *inquiry learning* pada materi kimia hijau.

- e. Bagi peneliti lain
  - 1) Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai modul ajar berbasis *inquiry learning* yang dapat digunakan dalam penelitian atau dijadikan referensi untuk studi lebih lanjut.

## F. Batasan Pengembangan

- 1. Batasan Pengembangan
  - a. Modul ajar berbasis *inquiry learning* dibatasi pada materi kimia disekitar kita, sub bab kimia hijau.
  - b. Modul ajar berbasis *inquiry learning* dinilai oleh satu ahli materi, satu ahli media, dan 3 *reviewer* (guru kimia kelas X SMA/MA).
  - c. Modul ajar berbasis *inquiry learning* materi kimia hijau tidak dilakukan tahap implementasi, tetapi hanya dimintakan *reviewer* dari guru kimia SMA dan wawancara terstruktur terkait penilaian modul ajar berbasis proyek dengan model *inquiry learning* dalam upaya mendukung tujuan Pembangunan berkelanjutan (SDGs) SMA kelas X

## G. Definisi Istilah

Beberapa istilah yang perlu diketahui dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Modul ajar merupakan salah satu komponen dalam perangkat pembelajaran dengan alur tujuan pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan capaian pembelajaran, dengan profil pelajar pancasila sebagai tujuan utama, serta disusun sesuai dengan tahap perkembangan siswa. Tentu dengan adanya perangkat pembelajaran, proses pembelajaran menjadi lebih terarah dan terstruktur (Samsul et al., 2022).
- 2. *Inquiry Learning* diartikan sebagai penelaahan sesuatu yang bersifat mencari informasi secara kritis, analisis, dan argumentatif dengan menggunakan langkah tertentu menuju kesimpulan (Wayan Sudane, 2024).
- 3. *Green Chemistry* pada dasarnya menerapkan prinsip dari hulu sampai hilir dalam hal penghilangan dan pengurangan senyawa berbahaya dalam desain pembuatan dan aplikasi dari produk kimia (Faisal et al., 2024).
- 4. SDGs (*Sustainable Development Goals*) merupakan 17 tujuan global yang ditetapkan oleh PBB untuk mengatasi berbagai tantangan dunia, termasuk kemiskinan, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan manusia, yang harus dicapai pada tahun 2030 (Sembiring et al., 2022).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) materi kimia hijau dikembangkan menggunakan model DBR (*Design Based Research*) yang melalui tahap analisis kebutuhan, perancangan solusi, siklus berulang dan refleksi. Karakteristik modul ajar yang dikembangkan berdasarkan hambatan guru kimia dalam penyampaian materi kimia hijau di MA Al-Falah Jatilawang Jawa Tengah serta didesain berdasarkan Capaian Pembelajaran pada Fase E dan Tujuan Pembelajaran pada kurikulum merdeka, selain itu modul ajar memuat kegiatan pembelajaran yang berbasis *inquiry learning* melalui kegiatan proyek penjernihan minyak jelantah dan pembuatan sabun sebagai penerapan prinsip kimia hijau serta mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) dalam kehidupan sehari-hari.
2. Validitas desain modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) kelas X SMA pada materi kimia hijau yang divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan tiga guru sebagai *reviewer* dengan perolehan hasil persentase 95,5%; 92%; dan 95,74% yang memperoleh kategori Sangat Baik (SB) dalam keseluruhan validasi. Hal ini menunjukkan bahwa modul ajar berbasis *inquiry learning* pada materi kimia hijau untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) memiliki kualitas tinggi yang dapat diterapkan dalam pembelajaran.

#### **B. Saran**

Berdasarkan kesimpulan yang telah dipaparkan, peneliti memberikan beberapa saran yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian yang serupa diperluas untuk materi kimia lainnya, guna melihat efektivitas model pembelajaran *inquiry learning* dalam berbagai konsep kimia.
2. Dilakukan implementasi pada tahap siklus berulang guna melihat keefektifan modul ajar berbasis *inquiry learning* untuk Mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) pada materi kimia hijau.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S., N., Hasna, S., & Rostika, D. (2022). Membangun Kualitas Pendidikan di Indonesia dalam Mewujudkan Program Sustainable Development Goals (SDGs). *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6145–6154. <https://doi.org/10.31004/BASICEDU.V6I4.3183>
- Akbar, J. S. A., & Djakariah. (2024, April). View of Membuat Pembelajaran Kimia Lebih Menyenangkan: Kiat dan Inovasi di Ruang Kelas. *Science Education Research (Sarch) Journal*. <https://ejurnal.iainsorong.ac.id/index.php/jaser/article/view/PembelajaranKimiaLebihMenyenangkan/969>
- Akmal, A. N., Dhini, N. R., Kartika Sari, D., Klesya, I., & Fethya, R. (2026). Analisis Bahan Ajar Materi Kimia Hijau Yang Mendukung Sustainable Development Goals (SDGs). *Seminar Nasional Pendidikan IPA Ke III Tahun 2025*, 3(1), 303–310. <https://conference.unsri.ac.id/index.php/semnasipa/article/view/3496>
- Al, N., Rama Dhini, N., Kartika Sari, D., Klesya, I., Fethya, R., Palembang-Prabumulih, J., Ogan Ilir, K., & Selatan, S. (2026). Analisis Bahan Ajar Materi Kimia Hijau Yang Mendukung Sustainable Development Goals (SDGs). *Seminar Nasional Pendidikan IPA Ke III Tahun 2025*, 3(1), 303–310. <https://conference.unsri.ac.id/index.php/semnasipa/article/view/3496>
- Alghifari, R., Nafi'a, I., & Affandi, A. (2025). Relevansi Kurikulum Merdeka dengan Pendidikan Islam Melalui Pendekatan Education For Sustainable Development (ESD). *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(7), 7832–7839. <https://doi.org/10.54371/JIIP.V8I7.8739>
- Alimuddin, J. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah KONTEKSTUAL*, 4(02), 67–75. <https://doi.org/10.46772/KONTEKSTUAL.V4I02.995>
- Anggraeni, E. S., Amalia Putri, R., Wafiq Tristania, A., Maharani, T., Wirhanuddin, W., & Rahmadani, A. (2024). Kajian Literatur Penerapan Kimia Hijau dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan dalam Pembelajaran Kimia. *Arfak Chem: Chemistry Education Journal*, 7(2), 604–616. <https://doi.org/10.30862/ACCEJ.V7I2.739>
- Arlofa, N., Budi, B. S., Abdillah, M., & Firmansyah, W. (2021). Pembuatan Sabun Mandi Padat dari Minyak Jelantah Making Solid Bath Soap From Used Cooking Oil.
- Cotton, W. G. (2009). A Journey Through a Design-Based Research Project. <https://www.researchgate.net/publication/236667559>

- Dayrit, F. M., & Enriquez, E. P. (2023). Teaching Sustainability in Science: the Case for Chemistry. *Philippine Journal of Science*, 152(3), ix–xi. <https://doi.org/10.56899/152.03.ED>
- Debora, A., Simangunsong, B., & Darmana, A. (2025). Revitalisasi Pembelajaran Kimia dalam Meningkatkan Kontribusi Menuju Green Chemistry. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 5(02), 423–429. <https://doi.org/10.47709/JPSK.V5I02.7155>
- Dini, F., Nesri, P., & Kristanto, Y. D. (2020). Pengembangan Modul Ajar Berbantuan Teknologi untuk Mengembangkan Kecakapan Abad 21 Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(3), 480–492. <https://doi.org/10.24127/AJPM.V9I3.2925>
- Ekawati, D., Luh, N., Adnyani, S., Putu, N., Widyantari, S. W., & Susiani, K. (2025). Mengintegrasikan perspektif SDGs (tujuan pembangunan berkelanjutan) dalam pembelajaran ilmu pengetahuan sosial untuk membangun kepedulian dan rasa tanggung jawab sosial. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, 10(1), 56–61. <https://doi.org/10.29210/025727JPGI0005>
- Hamdu, G., Lestari, A., & Nurlaila, N. (2016). Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS) 2016 | 375. *Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS)*, 375–380.
- Hikmah, D. N., & Azmah, N. (2025). Analisis Perbandingan Modul Ajar Dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) Dalam Kurikulum Merdeka. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 3(1), 88–94. <https://doi.org/10.61104/IHSAN.V3I1.494>
- Ilmu, J., Nonformal, P., Zulkarnain, R., Putra, A., Ismawati, D., & Gusti, R. (2023). *AKSARA: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal 269 Design Based Research: Pengembangan Bahan Ajar Etnoandragogi*. 09(1). <https://doi.org/10.37905/aksara.9.1.269-282.2023>
- Isni, K., Salsabila Agustiningrum, S., Fitari Hapsari Putri, D., Editasari, I., Pramesty Sekar Amarilis, A., Abidin Daeng Matally, Z., & Saidah, A. (2024). Pengembangan Kreativitas Berkelanjutan Melalui Pelatihan Pembuatan Sabun Ramah Lingkungan Dari Minyak Jelantah. *Warta LPM*, 27(1), 125–133. <https://doi.org/10.23917/WARTA.V27I1.2569>
- Izzah Salsabilla, I., Jannah, E., & Keguruan dan, F. (2023). Analisis Modul Ajar Berbasis Kurikulum Merdeka. In *Jurnal Literasi dan Pembelajaran Indonesia* (Vol. 3, Number 1).
- Izzania, R. A., Sumarni, W., & Harjono, H. (2024). Pengembangan E-Modul Ajar Kimia Hijau Bermuatan Etno-STEM Berbasis Guided Inquiry untuk Membekali Kemampuan

- Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 18(1), 7–16.  
<https://doi.org/10.15294/JIPK.V18I1.46536>
- Jaspiya, J. (2026). *Pengembangan Video Pembelajaran Berbasis Project Based Learning (PjBL) Pada Materi Kimia Hijau Berorientasi Motivasi Belajar Siswa*.  
<https://repository.unja.ac.id/>
- Juhdy, H. (2022). Penerapan Metode Pembelajaran Berbasis Inquiry untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Kimia Materi Termokimia: Perubahan Entalpi di Kelas XI IPA-1 Semester I SMAN 1 Palibelo Tahun Pelajaran 2019/2020. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 2(2), . 126-142.  
<https://doi.org/10.53299/JPPI.V2I2.221>
- Karouw, S., Santosa, B., & Maskromo, I. (2019). Teknologi Pengolahan Minyak Kelapa Dan Hasil Ikutannya / Processing Technology of Coconut Oil and Its By Products. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 38(2), 86.  
<https://doi.org/10.21082/jp3.v38n2.2019.p86-95>
- Kemendikbud. (2016). Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA) Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran Kimia Sekolah Menengah Atas (Sma) Pedagogi: Media Pembelajaran Sma-Kimia.
- Kemendikbudristek. (2021). Keputusan Menteri Nomor 262/M/2022 Perubahan atas Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 56/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum Dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran.  
<https://bpmppkaltara.kemendikdasmen.go.id/2022/07/13/keputusan-menteri-nomor-262-m-2022-perubahan-atas-keputusan-menteri-pendidikan-kebudayaan-ri-set-dan-teknologi-nomor-56-m-2022-tentang-pedoman-penerapan-kurikulum-dalam-rangka-pemulihan-pembelajara/>
- Kemendikbudristek. (2024). 4-CP\_TERBARU 2024[1].
- Kemendikdasmen. (2025). <https://pendidikan-kimia.fmipa.unesa.ac.id/post/inilah-capaian-pembelajaran-kimia-terbaru-2025>
- Khery, Y., Pahriah, P., & Hasinarmi, H. (2016). Tingkat Peranan Pembelajaran Kimia Dalam Mendukung Gerakan Sekolah Sehat, Aman, Ramah Anak, Danmenyenangkan (Studi Kasus). *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 4(2), 111.  
<https://doi.org/10.33394/HJKK.V4I2.99>
- Kurnianingsih, R., Wening, E. B., Dagdyo Pamungkas, L., Cokroaminoto Yogyakarta, U., & Manajemen Administrasi Yogyakarta, A. (2024). Pengolahan Limbah Mijel Menjadi

- Sabun Sebagai Peluang Usaha Berbasis Home Industry. In *Hikmayo Jurnal Pengabdian Masyarakat* (Vol. 3). <http://jurnal.amayogyakarta.ac.id/index.php/HIKMAYO>
- Lihawa, K. (2026). Proses Pembuatan Modul Ajar Bahasa Inggris dan Implementasinya dalam Pengajaran. *SERAMBI: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 6–15. <https://serambi.transbahasa.co.id/index.php/se/article/view/43>
- Lilis Syahidatul Nisa. (2025). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Kimia Hijau Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Sma Kelas X.
- Maulida, U. (2022). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Kurikulum Merdeka. *Tarbawi : Jurnal Pemikiran Dan Pendidikan Islam*, 5(2), 130–138. <https://doi.org/10.51476/TARBAWI.V5I2.392>
- Maulidiningsih, & Kusumaningrum, I. A. (2023). Model Pembelajaran Kontekstual pada Materi Kimia Hijau dalam Meningkatkan Minat Belajar Siswa | *Research and Practice of Educational Chemistry*. *Jurnal Tadris Kimia IAIN Syekh Nurjati Cirebon*. <https://journal1.uinssc.ac.id/index.php/respec/article/view/14260>
- Mulyaningsih<sup>1</sup>, H. (2023). Sosialisasi Dampak Limbah Minyak Jelantah Bahaya Bagi Kesehatan Dan Lingkungan. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 10(1), 61–65.
- Nengsih, D., Febrina, W., Maifalinda, M., Junaidi, J., Darmansyah, D., & Demina, D. (2024). Pengembangan Modul Ajar Kurikulum Merdeka. *Diklat Review : Jurnal Manajemen Pendidikan Dan Pelatihan*, 8(1), 150–158. <https://doi.org/10.35446/DIKLATREVIEW.V8I1.1738>
- Novita, M., & Patonah, S. (2025). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dalam Pengembangan Modul Ajar Berdiferensiasi Berorientasi Education for Sustainable Development pada Materi Green Chemistry. In *Didaktika: Jurnal Kependidikan* (Vol. 14, Number 1). <https://jurnaldidaktika.org>
- Paramitha, R., Marfitania, T., Evencus Hutajulu, P., Pardede, E., Salim Siregar, E. P., & Hikmawan, O. (2023). Membina Industri Rumah Tangga dengan Produk Sabun Cuci Piring dan Sabun Cuci Tangan di Lingkungan IV, Kelurahan Pasar Gambir Kecamatan Tebing tinggi, Kota Tebing Tinggi. 2(1), 6–8.
- Pertamina. (2025). Pertamina Retail - News. <https://www.pertaminaretail.com/news/kolaborasi-pertamina-retail-dan-pertamina-patra-niaga-hadirkan-mesin-pengumpul-minyak-jelantah-di-spbu-coco>
- Prasetya, C., Maisarah, Qumarani, Y., Fahira, N., & Wahyuni, N. (2025). Pengembangan Modul Sustainable Project-Based Learning (S-Pjbl) Berbantuan Augmented Reality

- Sebagai Inovasi Pembelajaran Green Chemistry Bagi Calon Guru Kimia. *Lantanida Journal*, 13(2), 219–236. <https://doi.org/10.22373/Q2CA1Y12>
- Pratiwi, G. F., & Wiyarsi, A. (2025). Analisis Kebutuhan Buku Pengayaan Kimia Hijau Berbasis Culturally Responsive Teaching (CRT). *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 15(1), 31–46. <https://doi.org/10.21009/JRPK.151.03>
- Priliyanti, A., Muderawan, I. W., & Maryam, S. (2021). Analisis Kesulitan Belajar Siswa Dalam Mempelajari Kimia Kelas Xi. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 5(1), 11–18. <https://doi.org/10.23887/JJPK.V5I1.32402>
- Puspaningsih, A. R., Tjahjadarmawan, E., & Krisdianti, N. R. (2021). *Ilmu Pengetahuan Alam SMA Kelas X*. Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. <https://penerbitmedia.com/download1/BSE/SMA/Kelas-X/IPA-BS-KLS-X.pdf>
- Rahmayanti, M., & Syakina, A. N. (2025). KIMIA HIJAU: Kemajuan Terkini & Prospek Masa Depan - Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si., Annisa Nurul Syakina, S.Si. - Google Buku (1st ed.). Penerbit Samudra Biru. [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=YJRfEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=kimia+hijau+paul+T&ots=gJbB4VOsV&sig=J2yRB69zA7vm0b2XEBst0VJ0sDE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=kimia%20hijau%20paul%20T&f=true](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=YJRfEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=kimia+hijau+paul+T&ots=gJbB4VOsV&sig=J2yRB69zA7vm0b2XEBst0VJ0sDE&redir_esc=y#v=onepage&q=kimia%20hijau%20paul%20T&f=true)
- Ramli, M. R. M., & Mardhiyatirrahmah, L. (2025). Model Discovery Learning Dan Model Inquiry Learning. *Al-Manba*, 10(2), 41–49. <https://doi.org/10.69782/ALMANBA.V10I2.58>
- Reeves, T. C. (2000). Enhancing the Worth of Instructional Technology Research Through “Design Experiments” and Other Development Research Strategis.
- Roudhoh, P., Syahri, W., Afrida, A., Hasibuan, M. H. E., & Romundza, F. (2026). Pengembangan e-Modul Materi Kimia Hijau Berbasis Problem Based Learning (PBL) Berbantuan Heyzine Flipbook Berorientasi Kemampuan Berpikir Kritis. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 16(2), 256–265. <https://doi.org/10.37630/JPM.V16I2.4141>
- Samsul, N., Sdn, M., & Batu, P. (2022). Peningkatan Ketrampilan Guru Dalam Penyusunan Modul Ajar Untuk Pembelajaran Kelas 1 Sd Melalui Supervisi Akademik. *Jurnal Pendidikan Taman Widya Humaniora (JPTWH)*, 1(1). <https://jurnal.widyahumaniora.org/>
- Sanjaya, W. (2009). Kurikulum dan Pembelajaran: Teori dan Praktik Pengembangan, *Ktsp Jakarta*. In Kencana Prenada Media Group.

- Sari, E. M., Misdalina, M., & Septiati, E. (2024). Pengembangan LKPD Berbasis Project Based Learning (PJBL) Materi Bangun Ruang Sisi Datar untuk Siswa Kelas VIII. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 634–645. <https://doi.org/10.31004/CENDEKIA.V8I1.2196>
- Sembiring, Z., Husin, N., Simanjuntak, W., Hidayat, D., Nisrina, A., Lubis, N. W. S., & Saputri, A. N. (2022). Realisasi Prinsip Green Chemistry Melalui Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Lilin Dan Sabun. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) TABIKPUN*, 3(3), 175–184. <https://doi.org/10.23960/jpkmt.v3i3.93>
- Sukmawati, T. (2020). Upaya Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Kimia Pada Materi Keseimbangan Kimia Melalui Penerapan Model Pembelajaran Inquiry Based Learning (IBL) siswa kelas XI-IA 5 SMA Negeri 4 Banda Aceh. *Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Vokasi*, 1(3). <http://artikel.us/art05-65.html>,
- Sulasminingsih, S., Juwariyah, T., Siahaan, Y., Putri, B. H., & Putra, N. A. (2024). Penerapan Tema SDGs Kehidupan Sehat dan Sejahtera untuk Menangani Polusi Udara di Jakarta. *IKRA-ITH Teknologi Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8(1), 18–26. <https://doi.org/10.37817/IKRAITH-TEKNOLOGI.V8I1.3239>
- Taruklimbong, E. S. W., & Murniarti, E. (2024). Analisis Peluang dan Tantangan Pembelajaran Kimia pada Kurikulum Merdeka pada Satuan Pendidikan Sekolah Menengah Atas. *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 6(4), 3013–3021. <https://doi.org/10.31004/EDUKATIF.V6I4.7177>
- Thakare, M. M., Mukhekar, A. G., Mukhekar, K. A., Vhande, S. A., Bagal, K. K., & Dhalpe, S. N. (n.d.). *A Review on Overview of Green Chemistry*. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-22713>
- UNESCO. (2015). THE 17 GOALS | Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/goals>
- UNESCO. (2021). Berlin Declaration on Education for Sustainable Development, renewing their commitment to mobilize action on ESD through implementing the ESD for 2030 framework and its Roadmap. <https://mailchi.mp/unesco.org/esd-subscribe>
- Wayan Sudane, I. (2024). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Model Pembelajaran Inquiry Untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Sma. *SUPERMAT Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2).
- Yulika, H., & Hardeli, H. (2023). Pengembangan LKPD Hukum Dasar Kimia Berbasis Model Guided Inquiry Learning untuk Peserta Didik Fase E Kurikulum Merdeka. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 13(4), 1146–1152. <https://doi.org/10.37630/JPM.V13I4.1349>

- Zahra, N. A., Syahri, W., & Miharti, I. (2025). Pengembangan Chemistry E-Magazine Berbasis Chemo-Edutainment Pada Materi Kimia Hijau di SMA Negeri 02 Kota Jambi. *JURNAL PERSPEKTIF PENDIDIKAN*, 19(2), 449–459. <https://doi.org/10.31540/JPP.V19I2.3976>
- Zuhaida\*, A., & Muhtasyiroh, Z. (2022). Efektivitas Model Project Based Learning dengan Pendekatan Inkuiri Berbasis Lingkungan terhadap Hasil Belajar IPA. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(2), 119–129. <https://doi.org/10.24815/jipi.v6i2.24440>

