

**EFEKTIVITAS MODEL *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL)
MELALUI PEMBUATAN BIOPLASTIK TERHADAP
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK
PADA MATERI KIMIA HIJAU**

SKRIPSI

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



Diajukan Oleh:

AHMAD HUSAIN

NIM : 2008076041

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Husain

NIM : 2008076041

Program Studi : Pendidikan Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

EFEKTIVITAS MODEL *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL)

MELALUI PEMBUATAN BIOPLASTIK TERHADAP

KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA MATERI

KIMIA HIJAU

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

Semarang, 23 Desember 2024

Pembuat Pernyataan,



Ahmad Husain

NIM.2008076041



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

Jln. Prof. Dr. Hamka Kampus II Ngaliyan Semarang

Telp. 7601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Efektivitas Model Project Based Learning (PjBl) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Kimia Hijau

Penulis : Ahmad Husain

NIM : 2008076041

Program Studi : Pendidikan Kimia

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

Semarang, 08 Januari 2025

Dewan Penguji

Ketua Sidang

Sekretaris Sidang

Apriliana Drestisianti, M.Pd
NIP. 198504292019032012

Mufidah, S.Ag., M.Pd
NIP. 196907071997032001

Penguji 1

Penguji 2

Dr. Sri Mulyanti, M.Pd
NIP. 198702102019032012

Ratih Rizqi Nirwana, S.Si., M.Pd
NIP. 198104142005012003

Dosen Pembimbing

Apriliana Drestisianti, M.Pd
NIP. 198504292019032012

NOTA DINAS

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum. Wr: Wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi skripsi sebagaimana mestinya, maka dengan ini dinyatakan bahwa skripsi:

Nama : Ahmad Husain

NIM : 2008076041

Program Studi : Pendidikan Kimia

Judul : Efektivitas Model *Project Based Learning* (PjBL) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Kimia Hijau

Dengan ini telah disetujui bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam Sidang Munaqosah.

Demikian atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih.

Wassalamualaikum. Wr: Wb.

Semarang, 23 Desember 2024
Pembimbing I



Apriliana Prastisianti, M. Pd.
NIP. 198504292019032013

ABSTRAK

Keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan abad 21 yang harus dikuasai peserta didik karena dapat mengarahkan cara berpikir seseorang menjadi lebih terarah sebelum mengambil keputusan sehingga perlu adanya pembelajaran yang menekankan peserta didik untuk berpikir kritis. Namun kenyataannya, berdasarkan pra riset keterampilan berpikir kritis peserta didik MA YPKM Raden Fatah masih rendah ditandai dengan ketidakmampuan peserta didik mengaitkan satu konsep dengan konsep lainnya serta ketidakmampuan peserta didik menjawab soal-soal yang menuntut kemampuan analisis atau soal dengan level C4 (*reasoning*). Oleh karena itu, diperlukan penerapan model PjBL dengan pembuatan bioplastik yang mengaitkan dengan materi kimia hijau. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari model *project based learning* (PjBL) melalui Pembuatan bioplastik terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau. Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain penelitian *non-equivalent control grup design*. Sampel pada penelitian ini yaitu peserta didik kelas X-1 dan X-2 MAS YPKM Raden Fatah Jungpasir tahun ajaran 2024/2025. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *project based learning* efektif terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui pembuatan bioplastik dengan pengaruh kriteria kategori sedang yang ditandai dari hasil analisis uji T-test sebesar 0,004 dan hasil uji *effect size* sebesar 0,732. Dengan penelitian ini dilaksanakan diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dan menjaga lingkungan sekitar dengan memanfaatkan sampah menjadi lebih bermanfaat.

Kata kunci: bioplastik, model PjBL, kimia hijau, keterampilan berpikir kritis

Kata Pengantar

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “EFEKTIVITAS MODEL PROJECT BASED LEARNING (PjBL) MELALUI PEMBUATAN BIOPLASTIK TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI KIMIA HIJAU” hingga tuntas dan dapat disajikan kepada Bapak/Ibu Dosen dan pembaca lainnya. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Strata Satu (S1) Pendidikan. Dalam penyusunan, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan banyak kekurangan karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Namun, penulis berusaha untuk mempersembahkan skripsi ini dengan sebaik-baiknya agar dapat bermanfaat bagi berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat dijadikan referensi untuk dilakukan penelitian selanjutnya yang lebih baik. Dalam penyusunan skripsi, penulis mendapat banyak pelajaran, dukungan, motivasi, dan bimbingan yang berharga dari berbagai pihak mulai dari pengajuan, pelaksanaan, hingga penyusunan naskah skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih tak terhingga kepada yang terhormat:

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

Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

3. Wirda Udaibah, M.Si. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Apriliana Drastisianti, M.Pd selaku Dosen Pembimbing yang telah begitu sabar meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Wiwik Kartika Sari, M.Pd selaku Wali Dosen yang telah memberikan motivasi dan bimbingan sampai akhir semester selama menempuh studi pada Program Studi Pendidikan Kimia.
6. Tim validator instrumen Ibu Lis Setyo Ningrum, M.Pd., Ibu Ulfa Lutfianasari, M.Pd., Bapak Joni Kurniawan, M.Pd., Ibu Masya Marchelina Natasukma, S.Pd., Bapak Khaerul Ashabi, S.Pd., Gr., yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran selama penyusunan skripsi ini.
7. Segenap Bapak dan Ibu dosen, pegawai, dan seluruh civitas akademik di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo.
8. Gatot Kuswoyo, SE., selaku kepala sekolah MAS YPKM Raden Fatah Jungpasir Demak beserta staff yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian.
9. Hidayatul Fajriyah, S.Pd., selaku guru mata pelajaran kimia di MAS YPKM Raden Fatah Jungpasir Demak yang sudah banyak membantu selama melaksanakan penelitian skripsi.

10. Bapak H Faqih almarhum yang selalu menjadi inspirasi sepanjang masa bagi penulis dalam setiap langkah yang diambil sehingga penulis berani bermimpi menjadi seorang mahasiswa dan ibu Fuanah almarhumah yang selalu menjadi sosok paling hebat dibalik perjuangan penulis dalam menggapai mimpi-mimpinya, atas kasih sayang tanpa batas, dukungan tanpa lelah, perjuangan tanpa henti, doa dan restu yang paling ikhlas, penulis ucapkan beribu-ribu terimakasih paling dalam, sedalam cinta beliau kepada penulis semoga beliau bahagia melihat penulis berhasil menyelesaikan sedikit tahapan dari mimpi penulis untuk menjadi seorang sarjana.
11. Kak Syaifullah labib beserta istri, kak Mustofa beserta istri dan kak Usman yang telah memberikan dukungan dalam segala hal yang penulis tidak bisa sebutkan satu persatu, ucapan terima kasih tiada henti untuk mereka yang menjadi sosok-sosok penguat bagi penulis untuk terus melangkah menggapai mimpi.
12. Seseorang yang berarti bagi penulis beserta keluarganya yang telah menjadi penyemangat dan motivasi untuk penulis terus mengejar terselesainya skripsi ini semoga segala hal baik dari Allah selalu menyertai langkah kita.
13. Teman-teman Pendidikan Kimia B 2020 yang telah berkenan memberikan waktu dan pikirannya kepada penulis, serta berkenan menjadi teman penulis dalam bangku perkuliahan ini.
14. Segenap kakak, teman, dan adik UKM Seni dan Budaya Genesa tercinta, terutama Zein El Paradise yang sudah memberikan

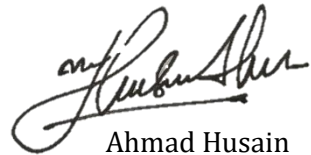
ruang cerita dan memberi kesempatan untuk menjadi bagian dari keluarga Genesa dan menjalani proses selama di Semarang.

15. Segenap keluarga besar KKN MIT-17 Desa Brambang yang telah menjadi keluarga bagi penulis, baik selama KKN berlangsung maupun setelah KKN selesai, ucapan terimakasih atas kesempatan dan kehangatan serta kekeluargaan yang penulis rasakan semoga menjadi timbal balik yang baik untuk rekan-rekan semua.

16. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah membalas semua amal kebaikan mereka

Semarang, 10 Desember 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ahmad Husain', with a horizontal line drawn underneath the signature.

Ahmad Husain

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang masalah.....	1
B. Identifikasi masalah	11
C. Pembatasan masalah	12
D. Rumusan masalah	12
E. Tujuan penelitian	13
F. Manfaat penelitian	13
BAB II LANDASAN PUSTAKA.....	14
A. Kajian Teori.....	14
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	41
C. Kerangka Berpikir	42
D. Hipotesis Penelitian.....	45
BAB III	46
A. Jenis Penelitian.....	46
B. Tempat Dan Waktu Penelitian	48
C. Populasi Dan Sampel Penelitian	48
D. Definisi Operasional Variabel.....	49
E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	52
F. Validitas dan Reabilitas Instrumen	53
G. Teknik Analisis Data.....	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64
A. Deskripsi Hasil Penelitian.....	64
B. Hasil Uji Hipotesis	70
C. Pembahasan	75
D. Keterbatasan Penelitian	91
BAB V PENUTUP	93

A. Simpulan.....	93
B. Implikasi.....	94
C. Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN	104
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	213

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Indikator Berpikir Kritis	51
Tabel 3. 2. Kriteria Reliabilitas Butir Soal	56
Tabel 3. 3. kriteria Indeks Daya Beda	57
Tabel 3. 4. Kriteria Tingkat Kesukaran Soal	58
Tabel 3. 5. Kriteria klasifikasi Effect size	62
Tabel 4. 1. Hasil Uji Validitas Isi	65
Tabel 4. 2. Hasil Uji Validitas Empiris	66
Tabel 4. 3. Hasil Uji Reliabilitas	67
Tabel 4. 4. Hasil Uji Daya Beda Soal	68
Tabel 4. 5. Hasil Uji Tingkat Kesukaran	68
Tabel 4. 6. Hasil Rata-rata Nilai Pre-test	71
Tabel 4. 7. Hasil Rata-rata Nilai Post-test	72
Tabel 4. 8. Hasil Uji Normalitas Populasi	72
Tabel 4. 9. Hasil Uji Homogenitas Populasi	73
Tabel 4. 10. Hasil Uji Normalitas Pre-test dan post-test	72
Tabel 4. 11. Hasil Uji Homogenitas pre-test dan post test	72
Tabel 4. 12. Hasil Uji Effect Size	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Kerangka Berpikir	44
Gambar 3. 1. Desain Penelitian <i>Non-Ekuivalent Control Group Design</i>	47
Gambar 3. 2. Sintaks Model <i>Project Based Learning</i> (Pjbl)	51
Gambar 4. 1. Grafik Rata-Rata <i>Pre-test</i>	76
Gambar 4. 2. Hasil Proyek Pembuatan Bioplastik	82
Gambar 4. 3. Grafik Rata-Rata <i>Post-test</i>	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Modul Ajar PjBL	104
Lampiran 2. Kisi-Kisi Instrumen	117
Lampiran 3. Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	155
Lampiran 4. Modul Pjbl	166
Lampiran 5. Modul Ajar PBL	174
Lampiran 6. Data Peserta didik Kelas X	180
Lampiran 7. Data Peserta didik Kelas XI Ipa	181
Lampiran 8. Hasil Validasi Instrumen Lima Validator	183
Lampiran 9. Hasil Perhitungan Uji Validitas Isi- Aspek Asesmen	201
Lampiran 10. Hasil Perhitungan Uji Validitas Isi- Aspek Materi	202
Lampiran 11. Hasil Perhitungan Uji Validitas Isi- Aspek Konstruksi	203
Lampiran 12. Hasil Perhitungan Uji Validitas Isi- Aspek Kebahasaan	204
Lampiran 13. Hasil Perhitungan Uji Validitas Empiris	205
Lampiran 14. Hasil Perhitungan Uji Reliabilitas	205
Lampiran 15. Hasil Perhitungan Uji Tingkat Kesukaran	206
Lampiran 16. Hasil Perhitungan Uji Daya Beda	207
Lampiran 17. Hasil Uji Normalitas Populasi	208
Lampiran 18. Hasil Uji Homogenitas Populasi	208
Lampiran 19. Hasil Uji Normalitas Pre-Test Dan Post-Test	208
Lampiran 20. Hasil Uji Homogenitas Pre-Test Dan Post-Test	209
Lampiran 21. Hasil Uji Independent T-Test	209
Lampiran 22. Hasil Uji Effect Size	209
Lampiran 23. Surat Izin Penelitian	210
Lampiran 24. Surat Bukti Penelitian	211
Lampiran 25. Dokumentasi	212

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Abad 21 dikenal sebagai era keilmuan, globalisasi, dan revolusi industri 4.0. Perubahan pada abad ini terjadi dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat seperti ekonomi, transportasi, dan teknologi yang berlangsung sangat cepat dan sulit diprediksi tak terkecuali dalam aspek pendidikan. Pendidikan pada abad ini menunjukkan transisi yang signifikan dari paradigma pendidikan lama ke pendekatan yang lebih adaptif yang dapat menjawab kebutuhan masa depan (Rosnaeni, 2021; Mansyur *et al.*, 2024).

Pendidikan abad 21 berupaya untuk mendorong peserta didik mengembangkan keterampilan yang relevan dengan abad ini. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan akan sumber daya manusia yang kompeten dalam menghadapi kehidupan masyarakat modern. Keterampilan yang relevan dengan abad 21 meliputi keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), berpikir kreatif (*creative thinking*), komunikasi (*communication*) dan kolaborasi (*collaboration*) (Mardhiyah *et al.*, 2021). Keterampilan tersebut penting untuk meningkatkan pola pikir peserta didik dalam menyongsong kemajuan zaman. Salah satu keterampilan abad 21 yang harus dimiliki peserta didik adalah

keterampilan berpikir kritis. Peserta didik yang cakap dalam berpikir kritis cenderung mampu menggunakan dan menerapkan penalarannya untuk membuat penilaian dan keputusan yang tepat melalui proses yang sistematis (Egok, 2016; Bashori, Yolanda & Wulandari, 2020; Fitriyah, 2020).

Keterampilan berpikir kritis memberikan dasar yang kuat bagi peserta didik. Southworth (2022) menjelaskan bahwa peserta didik yang memiliki keterampilan ini cenderung memproses pemahamannya lebih baik (refleksi) sebelum mengambil kesimpulan sehingga tingkat pemahaman, analisis, dan sintesis peserta didik dapat berkembang yang menjadikan hasil belajar peserta didik meningkat. Keterampilan ini juga penting untuk pengembangan pribadi dan profesional peserta didik di masa depan (Astuti, 2024). Oleh karena itu, penting untuk pengembangan keterampilan berpikir kritis sebagai bekal peserta didik dalam menghadapi tuntutan dan tantangan di dunia modern yang terus berubah.

Cara berpikir peserta didik dalam pemecahan masalah akan ditingkatkan secara efektif apabila peserta didik dapat menggunakan keterampilan berpikir kritis. Penggunaan keterampilan ini cenderung akan memperluas sudut pandang peserta didik terhadap permasalahan yang dihadapi serta menjadikan peserta didik lebih terarah dalam mengambil keputusan yang penting saat pembelajaran maupun kehidupan

(Murawski, 2022). Fokus utama keterampilan ini lebih menitikberatkan pada proses daripada hanya memperoleh pengetahuan saja dalam pembelajaran. Peserta didik dapat belajar dari penemuan yang diperoleh dari proses pembelajaran sehingga meningkatkan pengetahuan yang dimiliki peserta didik yang berakibat hasil belajar yang lebih baik melalui penerapan keterampilan berpikir kritis ini (Khotimah, Nyeneng & Sesunan, 2017; Hapsari, Hadiyanti & Zaini, 2022).

Keterampilan berpikir kritis di jelaskan dalam firman Allah SWT dalam Q.S. Al-A'raf: ayat 179 yang berbunyi:

وَلَقَدْ ذَرَأْنَا لِجَهَنَّمَ كَثِيرًا مِّنَ الْجِنِّ وَالإِنسِ لَهُمْ قُلُوبٌ لَا يَفْقَهُونَ بِهَا وَلَهُمْ أَعْيُنٌ لَا يُبْصِرُونَ بِهَا وَلَهُمْ أَذَانٌ لَا يَسْمَعُونَ بِهَا أُولَٰئِكَ كَالْإِطْعَامِ بَلَّ هُمْ أَصْلًا أُولَٰئِكَ هُمُ الْعُقُلُونَ ﴿١٧٩﴾

“Dan sungguh, Kami jadikan untuk (isi neraka Jahannam) kebanyakan dari jin dan manusia, mereka mempunyai hati, tetapi tidak dipergunakannya untuk memahami (ayat-ayat Allah) dan mereka mempunyai mata (tetapi) tidak dipergunakannya untuk melihat (tanda-tanda kekuasaan Allah), dan mereka mempunyai telinga (tetapi) tidak dipergunakannya untuk mendengar (ayat-ayat Allah). Mereka itu sebagai binatang ternak, bahkan mereka lebih sesat lagi. Mereka itulah orang-orang yang lalai”.

Menurut Quraish Shihab dalam tafsirnya menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan banyak jin dan manusia yang kelak pada hari kiamat nanti akan menjadi penghuni neraka karena hati mereka tidak dipakai untuk memahami kebenaran.

indra yang dimiliki tidak mereka gunakan untuk mendengarkan ayat-ayat dan nasihat-nasihat untuk direnungi dan diambil pelajaran (Shihab, 2005). Hal ini berkaitan dengan ayat Q.S. Al-A'raf: 179 bahwa manusia diperintahkan untuk berpikir kritis dengan memanfaatkan akal dan indra mereka guna memahami ciptaan-Nya sehingga dapat termasuk golongan yang dimasukkan ke dalam surga. Oleh karena itu, keterampilan berpikir kritis ditekankan agar manusia dapat memahami kebenaran dan mendapat petunjuk-Nya.

Keterampilan berpikir kritis dapat dilatih melalui pembelajaran kimia. Menurut Conner dan Kolajo (2020) pemahaman dan penerapan konsep kimia memiliki hubungan yang berkaitan dengan kemampuan tingkat tinggi, seperti analisis dan penilaian. Selain itu, Pembelajaran kimia mencakup berbagai macam permasalahan yang jika distimulus dengan tepat dapat memicu kemampuan berpikir kritis peserta didik (Pusparini, Feronika & Bahriah, 2018). Berdasarkan hal tersebut, kimia menjadi mata pelajaran yang tepat untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik karena kimia mengkaji fenomena yang dekat dengan lingkungan sekitar seperti halnya materi kimia hijau.

Materi kimia hijau adalah salah satu materi dalam pembelajaran kimia yang menghubungkan fenomena yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Menurut

Ratnawati dan Praptomo (2023) tujuan materi kimia hijau yaitu untuk mestimulus keterampilan berpikir kritis peserta didik, seperti menganalisis dan mengevaluasi gejala yang terjadi dalam lingkungan sekitar. Pada materi ini keterampilan berpikir kritis penting karena dapat membantu peserta didik memahami dan mengevaluasi dampak jangka panjang dari keputusan penggunaan bahan kimia serta dapat menganalisis dan mempertimbangkan solusi dari berbagai fenomena. Fenomena yang dipelajari akan memotivasi peserta didik untuk lebih peduli terhadap lingkungan sehingga memungkinkan peserta didik menerapkan apa yang telah dipejari dalam kehidupan bermasyarakat. Namun pada kenyataannya materi yang kompleks dan membutuhkan penalaran serta analisis mendalam pada pembelajaran kimia menjadikannya mata pelajaran yang dianggap sulit oleh peserta didik sama halnya materi kimia hijau yang di dalamnya terkandung konsep yang abstrak dan teoritis (Priliyanti, Muderawan & Maryam, 2021; Prayunisa, 2022).

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan guru kimia di MA YPKM Raden Fatah, menjelaskan bahwa guru masih mengalami kesulitan dalam mendorong peserta didik untuk belajar secara aktif dan mandiri dikarenakan terbiasa diberikan materi langsung dari guru menyebabkan peserta didik pasif dalam pembelajaran. Hal ini menjelaskan dalam

proses pembelajaran peserta didik belum mampu mengidentifikasi masalah yang ada secara mendalam berakibat peserta didik tidak dapat menggeneralisasi suatu masalah atau mengambil tindakan yang tepat. Pernyataan ini berbanding terbalik dengan penjelasan Paul dan Elder (2008) bahwa seseorang yang berpikiran kritis harus mampu memunculkan pertanyaan dari suatu masalah, memproses dalam pikiran dan merumuskan tindakan secara cepat dan tepat. Hal tersebut menjadi bukti dalam proses berpikir peserta didik belum mampu menerapkan keterampilan berpikir kritis.

Temuan berikutnya, menunjukkan peserta didik belum mampu dalam menghubungkan konsep satu dengan konsep lainnya dalam mengerjakan soal. Peserta didik yang terbiasa dengan soal kategori C1 (*knowing* atau hafalan) menjadikan peserta didik kurang mampu dalam menjawab soal yang berkaitan dengan analisis atau soal dengan level C4 (*reasoning*). Temuan tersebut menjelaskan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih rendah karena kemampuan analisis merupakan komponen yang penting dari berpikir kritis sebelum pengambilan keputusan. Peserta didik yang tidak bisa melakukan analisis maka belum bisa dikatakan berpikir kritis (Rahayuni, 2016).

Keterampilan berpikir kritis yang rendah dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu belum

terlatihnya peserta didik dalam mengaitkan suatu konsep, belum mampunya peserta didik menganalisis suatu permasalahan yang ada dan kebiasaan belajar peserta didik yang menerima secara mentah-mentah penjelasan guru tanpa mempertanyakan lebih dalam (Priyadi *et al.*, 2021). Hal tersebut dapat menjadikan peserta didik kurang kritis dalam berpikir. Seperti halnya Nafiah dan Suyanto (2014) menjelaskan bahwa guru dalam pembelajaran bertugas untuk menciptakan lingkungan belajar kondusif sehingga mendorong peserta didik dalam berpikir kritis melalui pendekatan pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan berbasis pemecahan masalah.

Upaya untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dapat dicapai salah satunya dengan menghubungkan pengalaman nyata peserta didik di kehidupan sehari-hari dengan materi agar dapat tercipta suasana pembelajaran yang aktif karena peserta didik merasa dekat dengan permasalahan yang dihadapi. Selain itu, model pembelajaran yang tepat dapat mendukung peserta didik untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Susilawati *et al.*, 2020; Ariyati *et al.*, 2021). Model pembelajaran terpusat kepada peserta didik (*student centered*) menjadi alternatif bagi pendidikan saat ini. Peserta didik yang aktif diikutsertakan dalam pembelajaran akan menciptakan peserta didik yang aktif dan berpikir kritis

(Lombardi, Shipley & Team, 2021).

Berdasarkan hasil pra riset menunjukan bahwa pembelajaran yang terpusat pada peserta didik belum terlaksana. Pembelajaran yang dilakukan menerapkan metode ceramah mengakibatkan peserta didik kurang begitu terlibat sehingga menimbulkan kebosanan yang berakibat peserta didik tidak menyimak pembelajaran. Seperti halnya, penjelasan dari Widoyo *et al* (2023) bahwa metode ceramah menjadikan peserta didik pasif, kurang terampil dan menyebabkan rasa bosan karena kesempatan untuk bertanya, mengemukakan pendapat dan berpikir kritis. Hal tersebut menunjukan bahwa penerapan model pembelajaran memerlukan penyesuaian untuk memastikan keterlibatan peserta didik secara aktif dalam pembelajaran sehingga keterampilan berpikir kritis dapat meningkatkan karena adanya kesempatan yang diberikan.

Model pembelajaran *project based learning (PjBL)* merupakan salah satu alternatif yang memprioritaskan peserta didik sebagai pusat pembelajaran (*student centered learning*) sehingga mendorong keterlibatan peserta didik secara aktif karena fokus pembelajaran ini melalui percobaan dan eksperimen yang diperlukannya pemecahan masalah nyata yang dapat menstimulus peserta didik dalam berpikir kritis (Mokambu, 2021). Pembelajaran model ini menurut Purnomo

dan Ilyas (2019) menekankan pada proses peserta didik dalam eksplorasi suatu pemecahan masalah dan memberi keleluasaan peserta didik untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri sehingga keterampilan berpikir kritis dapat meningkat pada peserta didik. Peran guru dalam pembelajaran PjBL sangat penting yaitu sebagai fasilitator yang berperan untuk memastikan pembelajaran berjalan efektif sehingga hasil dan tujuan pembelajaran peserta didik tercapai.

Model pembelajaran PjBL menjadikan peserta didik tertantang untuk menyelesaikan masalah karena permasalahan yang dipilih berdasarkan hal yang nyata, berakibat pada peserta didik yang semakin aktif dalam pembelajaran. Selain itu, dalam pelaksanaan proyek peserta didik dituntut untuk saling berkolaborasi menghasilkan produk yang dapat bermanfaat sehingga peserta didik bersemangat dalam berkompetisi menghasilkan proyek terbaik. Peserta didik melalui model PjBL akan dihadapkan dengan pertanyaan dan masalah yang nyata dalam kehidupan sehingga peserta didik mampu menghasilkan kemampuan menganalisis, mensintesis, dan melakukan refleksi yang baik sebelum mengambil keputusan (Oktavianto, 2017; Aini, Ridianingsih & Yunitasari, 2022). Kualitas pembelajaran dapat ditingkatkan melalui model pembelajaran ini peserta didik terlibat dalam permasalahan yang kompleks sehingga dapat

mengarahkan pemahaman dari pengetahuan peserta didik menjadi lebih baik. Kemampuan pemecahan masalah diharapkan untuk dimiliki para peserta didik dengan kreativitas sehingga kemampuan kognitif peserta didik pun meningkat (Purnomo dan Ilyas, 2019). Hal tersebut menunjukkan bahwa model PjBL merupakan model yang cocok untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Menurut Sari dan Angreni (2018) prinsip belajar pada model PjBL yaitu belajar berdasarkan pengalaman (*learning by doing*) sehingga dalam proses pembuatan produk terdapat pembelajaran yang dapat diambil peserta didik, salah satunya contohnya adalah pembuatan bioplastik. Bioplastik menjadi solusi yang dapat dalam mengurangi sampah plastik yang menjadi sumber permasalahan lingkungan (Kamsiati, Herawati & Purwani, 2017; Maneking, Sangian & Tongkukut, 2020; Rosenboom, Langer & Traverso, 2022). Sampah plastik terdiri dari senyawa polimer buatan yang memiliki sifat sulit terurai oleh mikroorganisme secara alami. Sampah plastik membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun untuk terurai sepenuhnya di dalam tanah (Karuniastuti, 2016). Penanganan yang kurang menyebabkan penumpukan sampah yang mengakibatkan masalah lingkungan maupun kesehatan. Oleh karena itu, pembuatan produk bioplastik dapat digunakan sebagai pengganti plastik konvensional yang menyebabkan

permasalahan sampah. Selain itu, pengaplikasian prinsip kimia hijau dalam pembuatan bioplastik dengan menggunakan sumber daya terbarukan menjadikan produk bioplastik menarik untuk dipelajari.

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“EFEKTIVITAS MODEL PROJECT BASED LEARNING *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) MELALUI PEMBUATAN BIOPLASTIK TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI KIMIA HIJAU”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang tersebut, identifikasi masalah dapat yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Model pembelajaran menjadi salah satu penyebab keterampilan berpikir kritis tidak berkembang karena belum melibatkan peserta didik secara aktif dalam belajar.
2. Pembelajaran kimia kurang disukai peserta didik karena materi yang kompleks dan membutuhkan penalaran serta analisis lebih mendalam menjadikan materi yang sulit bagi peserta didik.
3. pembelajaran abad 21 yang menuntut peserta didik untuk lebih kompeten dalam menghadapi kehidupan masyarakat modern.
4. Belum adanya pengintegrasian materi dengan masalah

lingkungan yang ada di sekitar sehingga belum memicu kemampuan berpikir peserta didik.

C. Pembatasan Masalah

Penelitian ini hanya membatasi masalah mengenai:

1. Materi kimia hijau adalah materi kimia dalam kurikulum merdeka yang terbilang masih baru, sehingga peneliti terfokus pada materi tersebut dengan prinsip kimia hijau pencegahan limbah, pemanfaatan sumber daya terbarukan, dan mendesain produk terdegradasi.
2. Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) merupakan model yang disarankan kemendikbud dalam pelaksanaan pembelajaran di kurikulum merdeka, sehingga peneliti menggunakan model tersebut.
3. Keterampilan abad 21 peserta didik yang rendah sehingga peneliti melakukan pengukuran keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan indikator berpikir kritis perkins dan murphy.
4. Pembuatan produk bioplastik merupakan produk yang akan dibuat oleh siswa dari limbah organik dan bahan yang ramah lingkungan dalam pembelajaran PjBL sebagai pengintegrasian materi kimia hijau dalam menilai keterampilan berpikir kritis peserta didik.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, Rumusan masalah

penelitian yaitu bagaimana efektivitas model *Project Based Learning* (PjBL) melalui pembuatan bioplastik dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas dari model *Project Based Learning* (PjBL) melalui pembuatan bioplastik dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi pendidik, sebagai saran dan sumber informasi terbaru mengenai pelaksanaan model pembelajaran yang baik yang dapat berguna sebagai referensi dalam pembelajaran.
2. Bagi peserta didik, sebagai informasi terbaru mengenai pengaruh model PjBL terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik dan penguat motivasi peserta didik dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis untuk memenuhi keterampilan abad 21.
3. Bagi sekolah, sebagai bahan pertimbangan untuk memperbaiki kualitas pendidikan dalam upaya membentuk karakter peserta didik.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL)

a. Pengertian Model PjBL

Menurut Thomas (2000) *Project Based Learning* (PjBL) adalah model pembelajaran yang mengorganisasikan kegiatan belajar di kelas dalam bentuk proyek yang terstruktur. Sedangkan menurut NYC Departement of Education (2009) mendefinisikan PjBL sebagai strategi pembelajaran yang menuntut peserta didik untuk membangun pemahaman mandiri terhadap konten serta menunjukkan pengetahuan baru melalui berbagai bentuk representasi. pembelajaran dalam PjBL bersifat dinamis yang mengajak peserta didik terlibat aktif dalam mengeksplorasi masalah nyata, menghadapi berbagai tantangan, dan memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap materi yang dipelajari (Dai *et al.*, 2021).

Proses pembelajaran pada model PjBL ini bertumpu pada proyek (kegiatan) yang memungkinkan peserta didik mendapatkan pengalaman langsung melalui partisipasi peserta didik dalam setiap kegiatan pembelajaran (Ratnawati dan Praptomo, 2023). Selain itu, kreativitas dan pemahaman konsep peserta didik akan meningkat setelah

pembelajaran. Pengalaman langsung yang diperoleh peserta didik menjadikan suatu pengalaman yang bernilai karena peserta didik dapat terlibat aktif dalam proses penyelesaian proyek, sehingga dengan pengalaman belajar yang konkret ini akan membangun pengetahuan peserta didik dengan lebih baik. Pelaksanaan model ini menjadikan peserta didik terbimbing dalam mengidentifikasi masalah, mengumpulkan informasi, dan menjawab hipotesis penelitian. Terlebih lagi pelaksanaan model tersebut dapat meningkatkan keterampilan peserta didik di abad 21 karena peserta didik didorong untuk belajar secara kolaboratif sehingga dapat memupuk peserta didik dalam menemukan ide-ide baru, pengalaman baru, dan dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis serta pemecahan masalah (Prasetyo, 2019; Irfana, Attalina & Widiyono, 2022).

Penerapan model PjBL mensyaratkan peserta didik terlibat secara penuh dalam kegiatan baik individu maupun kelompok. Dalam prakteknya peserta didik dihadapkan dengan permasalahan yang kompleks dan dibenturkan dengan realitas nyata yang membuat peserta didik diibaratkan di dunia nyata sehingga didapatkan hasil produk yang realistis. Melalui PjBL peserta didik dan guru dilatih untuk berkolaborasi dengan mengembangkan keterampilan berpikir kritis

dan kreatif melalui proses penyelidikan (inquiry) serta pendekatan ilmiah. Selain itu peserta didik juga melakukan penilaian, interpretasi masalah, serta sintesis dari sebuah informasi untuk menghasilkan sebuah cara sebagai *output* dari pembelajaran (Jusita, 2019; Rineksiane, 2022; Utami, 2022).

b. Karakteristik Model *Project Based Learning* (PjBL)

Menurut Turgut (2008) karakteristik PjBL sebagai berikut:

- 1) Memiliki kesadaran yang jelas mengenai tujuan jangka panjang dan jangka pendek.
- 2) Mengerti pentingnya saling terbuka dalam aktifitas proyek.
- 3) Memiliki keseimbangan antara struktur pemahaman alami peserta didik maupun struktur pemahaman formal peserta didik.
- 4) Terbentuknya komunitas praktis yang saling membantu dalam pengembangan proyek.
- 5) Terbentuknya pola pembelajaran yang dipimpin dan reflektif.
- 6) Pembelajaran yang refleksi, sistemik dan kolektif.

Sejalan dengan karakteristik tersebut Ain, Putra & Mulyani (2021) menjelaskan lebih merinci terhadap karakteristik yang ada pada model PjBL, antara lain:

- 1) Peserta didik berperan langsung dalam membuat

keputusan dan membuat kerangka kerja sendiri dalam proses pembelajaran berlangsung.

- 2) Peserta didik diberikan topik masalah yang belum ada pemecahan masalahnya.
- 3) Peserta didik merancang proses belajarnya sendiri secara sistematis untuk mencapai hasil yang diperlukan.
- 4) Peserta didik diberikan tanggung jawab penuh untuk mendapatkan dan mengelola informasi yang dikumpulkan berdasarkan kebutuhan yang diperlukan dalam proses pembelajaran.
- 5) Peserta didik me-*review* ulang yang telah dikerjakan sebagai bentuk refleksi atas hasil kerja yang telah dibuat.
- 6) Peserta didik melihat kembali apa yang telah dikerjakan sebagai refleksi atas hasil kerja yang telah dibuat.
- 7) Produk merupakan hasil akhir yang dievaluasi kualitasnya sebagai rangkaian penilaian.
- 8) Toleran pada situasi pembelajaran terhadap perubahan dan kesalahan.
- 9) Guru sebagai fasilitator dalam proses pembelajaran peserta didik agar lebih terarah.
- 10) Proses pembelajaran lebih terfokus pada pemberian

pertanyaan atau studi kasus yang mengarahkan peserta didik untuk mencari solusi menggunakan konsep ilmu pengetahuan yang relevan.

- 11) Kegiatan yang diberikan disesuaikan dengan keadaan sebenarnya.

c. Kelebihan dan Kekurangan Model *Project Based Learning* (PjBL)

Menurut Dewi (2023) kelebihan dari model PjBL sebagai berikut:

- 1) Membantu peserta didik menentukan cara berpikir untuk mendapatkan hasil yang dibutuhkan.
- 2) Semangat peserta didik dalam belajar naik.
- 3) Keterlibatan peserta didik dalam belajar naik.
- 4) Menggali potensi peserta didik untuk mendukung pengembangan yang lebih terarah.
- 5) Peserta didik dilatih tanggung jawab terhadap informasi yang didapatkan selama proses pembuatan proyek.
- 6) Produk yang dihasilkan merupakan produk yang nyata.
- 7) Meningkatkan kemampuan *soft skill* lainnya seperti kemampuan komunikasi, pemecahan masalah, berpikir kritis dan lain-lain.
- 8) Melibatkan peserta didik dan guru ketika proses pembelajaran.

- 9) Dapat meningkatkan kemampuan akademik peserta didik.
- 10) Menciptakan lingkungan belajar yang menyenangkan.

Sedangkan menurut Dewi (2023) kekurangan dari model PjBL sebagai berikut:

- 1) Dapat menambah beban tugas dan memakan waktu cukup lama bagi peserta didik maupun guru.
- 2) Kurangnya proses interaksi antar sesama anggota dapat mempengaruhi proses belajar.
- 3) Tidak semua materi pembelajaran cocok dengan model ini.
- 4) Memungkinkan untuk membutuhkan biaya dalam proses pembuatan proyek.

d. Sintaks Model *Project Based Learning* (PjBL)

Berikut langkah-langkah model pembelajaran PjBL menurut Purnomo dan Ilyas (2019) :

- 1) Penentuan pertanyaan mendasar

Pertanyaan mendasar yang dilakukan saat pembelajaran dimulai, yaitu pertanyaan yang mengarahkan peserta didik untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Untuk memulai tugas yang berkaitan dengan peserta didik dan relevan dengan kenyataan perlu dilakukan penyelidikan menyeluruh.

2) Mendesain perencanaan proyek

Perencanaan proyek mendorong peserta didik dan guru untuk berkolaborasi. Peserta didik diharapkan memiliki rasa kepemilikan atas proyek atau hasilnya. Perencanaan termasuk mengetahui langkah kerja, memilih kegiatan, mengintegrasikan berbagai materi potensial, dan mengenali sumber daya dan alat yang tersedia untuk membantu menyelesaikan proyek.

3) Menyusun Jadwal

kolaborasi antara guru dan peserta didik dalam penyusunan jadwal kegiatan untuk penyelesaian proyek. kegiatan yang dilakukan pada tahap ini antara lain:

- a) Pembuatan Jadwal dan batas waktu penyelesaian proyek.
- b) Membantu peserta didik menyusun langkah kerja.
- c) Membimbing peserta didik dalam pelaksanaan langkah kerja yang tidak terkait dengan proyek.
- d) Meminta peserta didik memberikan penjelasan terkait alasan pemilihan langkah kerja tertentu.

4) Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek

Selama proyek berlangsung, guru bertanggung jawab dalam pemantauan aktivitas peserta didik yang melibatkan peserta didik terlibat secara aktif di setiap prosesnya. Guru bertindak sebagai mentor untuk

kegiatan peserta didik. Proses monitoring dapat dipermudah dengan pembuatan sebuah rubrik yang dapat merekam keseluruhan aktivitas penting.

5) Menguji hasil atau penilaian

Penilaian bertujuan untuk membantu guru dalam mengukur dan mengevaluasi ketercapaian masing-masing individu peserta didik, memberikan *feedback* terkait pemahaman peserta didik dalam proses pengerjaan proyek, serta membantu guru dalam pembuatan rencana pembelajaran selanjutnya.

6) Mengevaluasi pengalaman

Pada akhir proses pembelajaran, guru dan peserta didik merefleksi aktivitas dan hasil proyek yang telah dilaksanakan dan dilakukan secara individu maupun kelompok dengan menceritakan apa yang dirasakan saat pelaksanaan proyek.

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran PjBL merupakan salah satu model pembelajaran yang melibatkan proyek sebagai instrumen pembelajarannya, guru memfasilitasi peserta didik agar bisa memperoleh jawaban dari pertanyaan. Peserta didik dapat mencari tahu materi dengan menggunakan berbagai cara untuk pengembangan pemahaman kognitif dan kompetensi peserta didik sehingga

diharapkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dapat meningkatkan dengan penerapan model PjBL.

2. Keterampilan Berpikir Kritis

a. Pengertian Keterampilan Berpikir Kritis

Paul dan Elder (2008) menjelaskan bahwa berpikir kritis adalah proses intelektual yang terstruktur dan disiplin untuk secara aktif memahami dan mengevaluasi informasi yang diperoleh melalui berbagai sumber guna menghasilkan kesimpulan yang logis. Pemikiran yang kritis dapat membantu peserta didik untuk menggunakan pemikiran rasionalnya yang bertujuan untuk menganalisis masalah, menemukan solusi, menyimpulkan, dan mengambil keputusan yang tepat. Adanya pemikiran yang kritis menjadikan upaya untuk memperdalam kemampuan kognitif serta kemampuan dalam menimbang suatu permasalahan yang sedang maupun akan dihadapi sampai terjadinya suatu kesimpulan yang valid sesuai gagasan yang dapat memecahkan masalah tersebut. Dengan demikian, ketika proses berpikir kritis berlangsung peserta didik dapat melakukan untuk menciptakan ide, memperhitungkan, membuat keputusan, dan memecahkan masalah (Fitriyah, 2020; Triwulandari dan Supardi, 2022).

Keterampilan berpikir kritis dapat meningkatkan daya analisis peserta didik karena merupakan keterampilan

berpikir tingkat tinggi (Susilawati *et al.*, 2020; Rahardhian, 2022). Menurut Hidayah, Salimi & Susiani (2017) keterampilan berpikir kritis mencakup juga keterampilan menganalisis suatu argumen dengan menggunakan penalaran yang logis melalui informasi yang didapat. Dengan keterampilan berpikir kritis, peserta didik cenderung akan lebih cepat dalam mengidentifikasi informasi yang relevan untuk mencari solusi dengan pengambilan keputusan yang tepat. Selain itu, kualitas pembelajaran dapat diukur berdasarkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui beberapa pertimbangan dasar seperti interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi dan kemampuan pengontrolan diri. Penilaian tersebut disertai bukti konseptual, metodologis, kriteriologis, dan kontekstual (Facione, 1990). Hal ini menjelaskan bahwa keterampilan berpikir kritis sangat diperlukan oleh peserta didik.

b. Karakteristik Berpikir Kritis

Berpikir kritis adalah suatu keahlian yang dapat dipelajari untuk menyelesaikan suatu permasalahan sehingga terdapat karakteristik khusus yang dapat dipahami oleh masing-masing individu. Karakteristik berpikir kritis menurut Fajari, Kusmayadi & Iswahyudi (2015) adalah sebagai berikut:

- 1) Kemampuan konseptualisasi yaitu kemampuan pembentukan konsep atau ide dalam menganalisis suatu peristiwa atau masalah.
- 2) Kemampuan dalam mengumpulkan, mengorganisasi dan menganalisis informasi dari suatu permasalahan.
- 3) Kemampuan untuk mengidentifikasi persoalan dan merumuskan prosedur penyelesaian atau solusi.
- 4) Kemampuan rasional yaitu kemampuan memberikan argumen berdasarkan analisis dan fakta.
- 5) Kemampuan reflektif yaitu kemampuan analisis berdasarkan fakta dan tidak berdasarkan asumsi belaka.
- 6) Kemampuan pemahaman sikap yaitu menentukan posisi dengan menjawab pertanyaan mengapa dan bagaimana hal itu bisa terjadi.
- 7) Kemampuan menarik kesimpulan yang rasional dan valid.

c. Indikator Berpikir Kritis

Terdapat beberapa indikator berpikir kritis yang dipaparkan oleh beberapa ahli yang menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan yang sangat dibutuhkan dan perlu dikembangkan terus menerus. Menurut Facione (1990) keterampilan berpikir kritis dibagi menjadi 6 indikator yaitu sebagai berikut:

- 1) Interpretasi adalah pemahaman dalam menganalisis arti

peristiwa, data, pengalaman, situasi, dan lainnya. Di dalamnya terdapat sub keterampilan yang meliputi mengelompokkan, membandingkan arti dan penjelasan makna.

- 2) Analisis adalah tahap dalam menghubungkan ide, pertanyaan, deskripsi, atau representasi lain yang digunakan untuk mengartikulasikan pandangan yang dianalisis. Sub keterampilan analisis meliputi mengidentifikasi pendapat, alasan atau pernyataan serta menguji konsep atau ide.
- 3) Evaluasi adalah tahapan penilaian dari suatu pernyataan yang berupa penjelasan situasi, pengalaman, penilaian, dan pendapat individu. Adapun terdapat Sub keterampilan evaluasi meliputi penilaian pernyataan dan kualitas argumen.
- 4) Inferensi adalah tahap mengenali dan memverifikasi elemen yang digunakan untuk membangun kesimpulan logis. Tujuannya adalah untuk merumuskan hipotesis dan asumsi, mengevaluasi informasi yang relevan, dan meminimalkan kesalahan yang timbul dari fakta, bukti, pernyataan, pandangan, dan sumber lainnya.
- 5) Penjelasan adalah tahapan penalaran sistematis yang mencakup sub-keterampilan seperti mengartikulasikan temuan, membenarkan teknik, dan mengekspresikan

sudut pandang.

- 6) Pengaturan diri adalah tahapan refleksi diri yang mencakup penilaian dan evaluasi hasil yang diperoleh dari penggunaan kemampuan yang diperiksa oleh seseorang.

Berdasarkan perkembangan zaman Perkins dan Murphy memaparkan indikator yang berbeda dari Facione. Menurut Perkins dan Murphy (2006) keterampilan berpikir kritis diidentifikasi menjadi 4 tahap, sebagai berikut:

- 1) Tahap Klarifikasi (*Clarification*) yaitu tahapan untuk menyatakan, mengklarifikasi, melakukan gambaran (bukan dalam penjelasan) dan mendefinisikan suatu masalah. Dalam tahapan ini sub indikator yang ada di dalamnya yaitu mengidentifikasi hal-hal yang mendasari suatu masalah, menguraikan istilah dari suatu masalah, dan menyederhanakan definisi yang berkaitan permasalahan tersebut.
- 2) Tahap Assesmen (*Assesment*) yaitu tahapan untuk menilai aspek-aspek seperti membuat keputusan pada situasi, mengemukakan fakta dan menghubungkan masalah satu dengan masalah lainnya. Dalam tahapan ini dikemukakan fakta pendukung atau penyangkal suatu masalah, sub indikator di dalamnya yaitu menyajikan argumen berupa penalaran yang valid dan relevan,

menimbang argumen, dan menentukan relevansi informasi.

- 3) Tahap Penyimpulan (*Inference*) yaitu tahapan untuk menggambarkan sebuah kesimpulan, menggeneralisasi, penunjukan hubungan antara sejumlah ide dan membuat hipotesis. Sub indikator yang ada di dalamnya yaitu penarikan kesimpulan yang tepat dan membuat generalisasi dari suatu masalah, dan merumuskan hipotesis.
- 4) Tahap Perencanaan Taktik atau Strategi (*Tactic or Strategy*) yaitu tahapan untuk merancang sebuah tindakan, perencanaan bentuk tindak lanjut dari masalah, memprediksi hasil suatu tindakan dan mengevaluasi. Adapun sub indikatornya yaitu merancang konsep tindakan dari suatu masalah dan menciptakan solusi dari sebuah masalah tersebut, dan mengevaluasi efektifitas.

Berdasarkan pemaparan tersebut, ditarik kesimpulan bahwa berpikir kritis adalah proses untuk mendapatkan pengetahuan dengan cara mensintesis, menganalisis, memecahkan masalah, mengevaluasi, dan menyimpulkan dalam bentuk pengambilan sebuah keputusan dan pertimbangan secara yakin dan terarah. Melalui keterampilan berpikir kritis, peserta didik diharapkan

dapat mengasah keterampilan yang lain dan tercipta pemikiran yang terbuka sehingga dapat lebih cermat dalam menerima informasi dan permasalahan salah satu materi yang cocok untuk hal tersebut adalah materi kimia hijau.

3. Materi Kimia Hijau

a. Pengertian dan Konsep Kimia Hijau

Istilah kimia hijau pertama kali dipopulerkan oleh Anastas dan Warner (1998) disebut juga dengan *green chemistry* yang merupakan pendekatan dalam ilmu kimia yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan dan produksi zat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Seiring berkembangnya zaman konsep kimia hijau juga dijelaskan oleh Ratnawati dan Prptomomo (2023) yaitu prinsip yang mengacu pada penggunaan teknik dan metodologi kimia untuk meminimalkan atau mengeliminasi penggunaan bahan baku, produk, produk sampingan, pelarut, dan reagen yang merugikan lingkungan. Kimia hijau berupaya untuk mencegah dan mengurangi pencemaran lingkungan baik yang datang untuk masa kini maupun masa akan datang (Putri, 2019; Legendaria dan Suprihatiningrum, 2023).

Kimia hijau adalah teknik kimia yang memaksimalkan efisiensi dan mengurangi dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Beberapa bahaya yang mungkin

terjadi yaitu ledakan fisik, sifat mudah terbakar, sifat toksik, karsinogenik, pencemaran lingkungan, dan paparan zat kimia. Bagi lingkungan, udara, air, makanan, pertanian, dan perubahan iklim dapat menimbulkan efek berbahaya yang membuat kita waspada dan lebih fokus serta beralih ke konsep yang lebih hijau. Pembangunan berkelanjutan menjadi konsep yang dipadukan dalam kimia hijau sehingga dalam memilih bahan-bahan harus lebih selektif agar aman dan ramah lingkungan (Kreuder *et al.*, 2017).

Prinsip kimia hijau terkait erat dengan penggunaan energi, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk penerapan material dalam proses produksi, penyimpanan, dan proses penyalurannya. Pendekatan kimia hijau sangat efektif untuk pencegahan dalam hal yang berkaitan dengan bahan kimia (Watoni, 2023). Pada dasarnya, bahan kimia tidak melulu hanya identik dengan bahan yang berbahaya dan beracun. Contoh dalam kehidupan sehari-hari yaitu proses pembuatan roti panggang, dimana prosesnya menggunakan bahan kimia yang bernama soda kue atau rumus kimianya NaHCO_3 . Roti yang dipanggang akan mengakibatkan soda kue menghasilkan gas CO_2 . Gas ini berperan penting untuk memberi tekanan pada dinding adonan roti sehingga terbentuk rongga-rongga yang menjadikan roti

mengembang dan empuk. Dalam proses ini bahan kimia tidak selamanya berbahaya namun apabila berbahaya maka perlu penggantian bahan kimia yang lebih ramah lingkungan sesuai prinsip kimia hijau (Mitarlis, Azizah & Yonata, 2018).

b. Prinsip Kimia Hijau

Perwujudan kimia hijau dapat dilakukan dengan berbagai kontribusi yang sederhana dalam lingkungan masyarakat seperti penggunaan bahan kimia secukupnya dan menggunakan bahan alami yang tidak membahayakan lingkungan. Berikut ini terdapat 12 prinsip kimia hijau menurut Watoni (2023) diantaranya adalah:

- 1) Pencegahan Limbah (*Waste Prevention*) yaitu prinsip untuk mengupayakan agar lebih baik tidak membuat limbah daripada harus menangani atau membersihkan bahan buangan tersebut. Pada dasarnya, pengolahan dan pembersihan limbah memerlukan biaya yang besar maka salah satu langkah paling efisien adalah meminimalkan atau menghindari penghasilan zat berbahaya melalui teknik desain kimia hijau.
- 2) Desain Bahan dan Produk dengan Efisiensi Atom (*Atom Economy*) yaitu prinsip untuk meminimalkan pembengkakan nilai suatu atom sehingga dalam proses reaksi kimia, produk akhir harus mengandung semua atom yang digunakan dalam reaksi. Jadi, reaksi yang

terbentuk merupakan nilai atom keseluruhan atau 100%. Dalam proses ini diupayakan seminimal mungkin atom yang terbuang sebagai produk samping. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menerapkan konsep ekonomi atom dalam mengevaluasi efisiensi reaksi kimia. Jika semua reaktan sepenuhnya diubah ke dalam produk, jalur sintesis dikatakan memiliki ekonomi atom 100% karena tidak akan menghasilkan limbah (produk samping).

- 3) Sintesis Kimia yang Minim Bahaya (*Less Hazardous Chemical Syntheses*) yaitu prinsip untuk menggunakan metode sintesis yang didesain sedemikian rupa dengan tujuan menghasilkan bahan kimia yang tidak beracun terhadap manusia dan lingkungan. Dalam hal ini proses sintesis harus dirancang dengan penggunaan zat yang sedikit atau tanpa toksisitas bagi manusia dan lingkungan. Terdapat dua cara yang dapat meminimalkan resiko bahaya yaitu meminimalkan paparan yang dapat dilakukan dengan penggunaan sarana pelindung dan meminimalkan bahaya dalam proses sintesis yang dapat dilakukan dengan cara merancang proses sintesis yang mengurangi dan menghilangkan bahaya.
- 4) Proses Desain Bahan Kimia yang Aman (*designing safer*

chemicals) yaitu prinsip untuk merancang penggunaan bahan kimia yang minim bahaya untuk manusia dan lingkungan dalam proses produksi kimia. Perancangan ini bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara memaksimalkan kinerja dan fungsi yang diinginkan, sambil memastikan bahwa toksisitas dan bahaya dapat diminimalkan.

- 5) Menggunakan Pelarut yang Aman (*Safer Solvents and Auxiliaries*) yaitu prinsip untuk memahami peran pelarut dalam sintesis produk kimia dengan cara penggunaan pelarut yang tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Pelarut berperan penting dalam sintesis produk kimia di antaranya sebagai media reaksi serta media dalam pemisahan dan pemurnian produk. Proses pemisahan ini umumnya mempertimbangkan aspek biaya proses kimia dan umumnya memiliki dampak lingkungan yang cukup kuat karena agen pemisahan biasanya dibuang sebagai limbah atau hanya sebagian bahan yang didaur ulang sehingga pemilihan pelarut sangat berarti dalam menciptakan proses kimia yang hijau.
- 6) Rancangan dengan Energi yang Efisiensi (*Design for Energy Efficiency*) yaitu prinsip penggunaan energi secara efisien dengan mempertimbangkan efeknya

terhadap lingkungan dan aspek ekonomi. Penggunaan bahan bakar fosil yang dilakukan oleh industri bukannya menjadikan suatu penghematan malah justru merugikan. Kerugiannya yaitu konsumsi penggunaan sumber daya tak terbarukan yang besar dan dampak lingkungan yang tinggi akibat penipisan sumber daya energi dan polusi. Dengan merancang proses yang meminimalkan suatu energi maka akan memastikan kebutuhan energi lainnya berkurang.

- 7) Pemanfaatan sumber daya terbarukan (*Use of Renewable feedstocks*) yaitu prinsip pemilihan dan pemilahan bahan baku yang lebih ramah lingkungan daripada bahan baku yang merusak lingkungan. bahan baku terbarukan sering terbuat dari hasil pertanian, sedangkan bahan baku tak terbarukan banyak berasal dari bahan bakar fosil. Penggunaan bahan baku terbarukan harus berfokus pada bahan-bahan yang tidak berbahaya dan memiliki potensi untuk menghasilkan limbah yang serendah mungkin.
- 8) meminimalkan Turunan Kimia (*Reduce Derivatives*) yaitu prinsip untuk menghindari dan mengurangi proses derivatisasi yang menyebabkan peningkatan produksi limbah. Derivatisasi yang tidak diperlukan pada proses fisika ataupun kimia harus dibatasi atau

dihindari karena setiap langkah derivatisasi memerlukan lebih banyak reagen yang menyebabkan peningkatan limbah.

- 9) Menggunakan katalis (*Use of Catalysts*) yaitu prinsip menekankan penggunaan katalis dalam proses reaksi kimia dalam upaya meminimalan limbah karena penggunaannya yang sedikit menyebabkan efisiensi reaksi. Katalis merupakan zat yang berperan untuk mempercepat reaksi, Tujuan katalis dalam kimia hijau yaitu untuk meningkatkan selektivitas, mengurangi jumlah reagen, dan meminimalkan penggunaan energi.
- 10) Mendesain Produk Terdegradasi (*Design for Degradation*) menjadi produk yang tidak berbahaya yaitu prinsip pemahaman tentang penggunaan bahan kimia yang sifatnya dapat terurai dengan lingkungan. Rancangan produk kimia harus menjadi produk yang fungsi akhirnya tidak merusak lingkungan dan terurai menjadi produk terdegradasi yang tidak berbahaya.
- 11) Analisis Langsung pencegahan Polusi (*Real-time Analysis for Pollution Prevention*) yaitu prinsip untuk pemantauan secara langsung suatu proses reaksi yang terjadi dengan metode analisis agar dapat mengurangi pembentukan produk samping yang tidak diinginkan. Fokus tahapan ini adalah merancang pengembangan

metode dan teknologi dalam menganalisis penggunaan bahan baku kimia yang dapat berbahaya. Fokus ini ditujukan agar dapat memungkinkan untuk mencegah dan mengurangi generalisasi bahan kimia berbahaya dalam proses kimia.

- 12) Pencegahan kecelakaan kimia (*Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention*) yaitu prinsip kepekaan terhadap potensi-potensi berbahaya dalam pembuatan produk kimia. Berdasarkan hal tersebut, maka digunakan bahan kimia yang ramah lingkungan yang sudah dipilih secara cermat agar potensi kecelakaan dapat dihindari. Perlu pertimbangan yang matang dalam pemilihan bahan kimia karena memungkinkan adanya bahaya yang timbul maka desain produk dan proses kimia lebih baik didasarkan kepada pendekatan kimia hijau karena proses kimia hijau menyeimbangkan pencegahan polusi dan pencegahan kecelakaan.

Berdasarkan uraian tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa kimia hijau merupakan materi kimia yang mempelajari tentang pembuatan desain produk yang berkaitan dengan proses kimia yang aman bagi kehidupan dan lingkungan. Dalam penerapan program Pembangunan berkelanjutan tahun 2030 terdapat sebanyak 12 prinsip

kimia hijau. Peserta didik diharapkan dapat mengasah keterampilan berpikir kritis setelah mempelajari kimia hijau karena dalam materi tersebut peserta didik diajak menganalisis suatu permasalahan dan menemukan solusi dalam menyelesaikan masalah yang ada, karena pada penggunaan model PjBL dalam pembelajaran kimia hijau sehingga peserta didik dapat membuat proyek sebagai salah satu bentuk solusi yang dapat bermanfaat bagi lingkungan salah satu proyek yang dapat dibuat yaitu bioplastik.

4. Produk Bioplastik

a. Pengertian bioplastik

Menurut Rafika *et al* (2023) menjelaskan pengertian bioplastik atau plastik *biodegradable* yaitu bahan polimer yang berasal dari sumber-sumber biologis, seperti tanaman atau mikroorganisme yang dapat terurai secara alami dalam lingkungan. Bioplastik tersusun dari senyawa hewan yang mengandung kasein, protein, dan lipid atau tanaman yang mengandung pati, selulosa, dan lignin (Saputro dan Ovita, 2017). Kegunaan bioplastik sama dengan plastik konvensional tetapi dibuat dari bahan yang lebih ramah lingkungan sehingga mudah didapatkan, dapat didaur ulang, dan dapat diperbarui. Cuaca dan aktivitas mikroorganisme dapat mempercepat degradasi bioplastik menjadi gas

karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Bioplastik dapat terurai sepuluh hingga dua puluh kali lebih cepat daripada plastik sintetis.

Bioplastik dalam proses pembuatannya dapat dilakukan dengan fermentasi bakteri atau lebih sederhana dengan mencampur polimer alami yaitu selulosa dengan bahan tambahan plasticizer. Ditinjau dari bahan baku bioplastik dikelompokkan menjadi dua yaitu bioplastik bahan dasar petrokimia (sumber daya tak terbarukan) dan bioplastik bahan dasar biomassa (bahan alami) seperti tanaman dengan kandungan pati dan kandungan dari hewan atau tumbuhan yang mengandung protein dan selulosa (susu, putih telur, cangkang telur, ampas tebu, ampas tahu, kulit pisang, kulit nangka, umbi-umbian, biji-bijian) (Morina *et al.*, 2023).

Perkembangan bioplastik dari bahan-bahan alami menjadi bukti bahwa alam menyediakan bahan alami yang berpotensi untuk digunakan. Pengembangan bioplastik ini merupakan salah satu pendekatan dalam mendukung keberlanjutan lingkungan melalui kimia hijau karena penggunaan bahan alami di dalamnya. Selain itu, reaksi polimerisasi yang terjadi dalam proses ini umumnya menggunakan katalis enzimatis atau asam-asam organik, sehingga lebih aman dan berpotensi mengurangi emisi gas

rumah kaca dan memiliki tujuan mengurangi dampak sampah plastik yang menjadi masalah yang begitu besar terhadap lingkungan.

b. Reaksi kimia dalam bioplastik

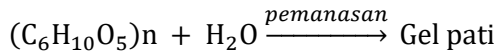
Bioplastik berbahan dasar pati biasanya dibuat dari tanaman seperti jagung, kentang, atau singkong yang kaya akan pati. Pati adalah polimer alami yang terdiri dari dua komponen utama: amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polisakarida linear yang terdiri dari unit-unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosidik. Sementara itu, amilopektin adalah polisakarida bercabang dengan glukosa yang terhubung melalui ikatan α -1,4 glikosidik pada rantai utama dan ikatan α -1,6 glikosidik pada titik cabang setiap 24–30 unit glukosa (Syahbanu *et al.*, 2023). Proses pembuatan bioplastik berbahan dasar pati melalui beberapa tahapan utama yaitu:

1. Gelatinisasi Pati (pencampuran air dengan pati)

Pada saat proses pati dipanaskan dalam air akan terjadi proses gelatinisasi yang menyebabkan melemahnya ikatan hidrogen antar molekul pati sehingga struktur pati menjadi lebih fleksibel. Hal ini akan mengakibatkan pati yang semula berbentuk kristalin akan menyerap air dan mengembang, membentuk suspensi gel yang mudah dibentuk.

Pada tahap gelatinisasi tidak terdapat pemutusan ikatan kimia yang signifikan. Pati yang terdiri dari rantai glukosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ akan menyerap air (H_2O) yang dapat melemahkan ikatan hidrogen sehingga memungkinkan pati terurai menjadi gel (Surendren *et al.*, 2022).

Reaksi kimia yang terjadi:

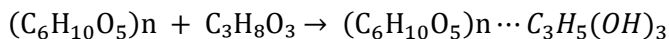


2. Plastisasi (penambahan gliserol)

Pati yang telah melalui proses gelatinisasi kemudian ditambahkan Plastisizer seperti gliserol ($C_3H_8O_3$) untuk meningkatkan elastisitas dan fleksibilitas gel pati pada proses plastisasi. Plastisizer gliserol akan berinteraksi dengan molekul-molekul pati melalui ikatan hidrogen. Amilosa dan amilopektin pada struktur pati berintraksi dengan air dan gliserol untuk membentuk film bioplastik yang lebih kuat dan fleksibel.

Pada proses plastisasi tidak ada reaksi kimia spesifik yang terjadi antara gliserol dan pati tetapi gliserol berfungsi untuk mengubah sifat fisik dari campuran. Gliserol hanya memodifikasi struktur fisik campuran dengan membentuk ikatan hidrogen antara gugus hidroksil pada gliserol dan rantai pati yang dapat mengurangi kekakuan polimer (Rudy *et al.*, 2023).

Reaksi kimia yang terjadi:

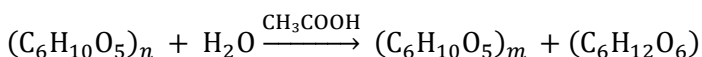


Bioplastik yang lebih fleksibel

3. Hidrolisis Pati (penambahan asam asetat)

Asam asetat pada pembuatan bioplastik berfungsi untuk menurunkan pH campuran dan membantu memecah rantai pati menjadi lebih pendek. Asam asetat membantu memecah rantai glukosa dalam reaksi hidrolisis pati. Hal ini menjadikan bioplastik lebih fleksibel dan mudah dibentuk (Anitha *et al.*, 2024).

Reaksi kimia yang terjadi:



Berdasarkan paparan diatas disimpulkan bahwa pembuatan bioplastik merupakan salah satu bentuk kecintaan terhadap lingkungan karena bioplastik merupakan plastik yang dapat terurai dan tidak mencemari lingkungan sebab sifatnya yang *biodegradable* dan dapat diperbarui. Hal tersebut didasarkan atas bahan bakunya yang melimpah karena berasal dari alam, proses pembuatannya menggunakan bahan yang aman serta bioplastik mudah terurai dalam lingkungan. Oleh karena itu pembuatan bioplastik sebagai proyek merupakan langkah yang sesuai dengan materi kimia hijau, materi yang digunakan pada penelitian sehingga nantinya peserta didik akan lebih peduli dengan lingkungan.

Dengan demikian, harapannya melalui kepedulian siswa terhadap lingkungan sikap keterampilan berpikir kritis dapat terbentuk

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian ini didukung dengan temuan penelitian sebelumnya dan digunakan sebagai sumber referensi. Berikut beberapa penelitian yang relevan untuk memperkuat argumen dan landasan teoritis penelitian.

1. Penelitian oleh Ananda, Rahmawati & Khairi (2023) menunjukkan bahwa integrasi desain thinking dengan STEAM-PjBL berdampak pada perkembangan keterampilan berpikir kritis. Perbedaan dengan penelitian ini adalah materi yang digunakan, dimana penelitian Amanda, Rahmawati & Khairi menggunakan materi reaksi redoks sementara pada penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan materi kimia hijau.
2. Penelitian oleh Hikmah, Budiasih & Santoso (2016) terlihat bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik yang dibelajarkan menggunakan strategi PjBL dengan menggunakan metode konvensional terlihat berbeda pada materi koloid. Perbedaan pada penelitian ini adalah materi yang digunakan yaitu kimia hijau.
3. Penelitian oleh Zahroh (2020) menunjukkan bahwa pengaruh model pembelajaran PjBL terhadap

keterampilan berpikir kritis peserta didik menunjukkan hasil yang positif dalam pembelajaran kimia materi elektrokimia. Perbedaan dari penelitian yang akan dilaksanakan terletak pada materi yang digunakan yaitu kimia hijau.

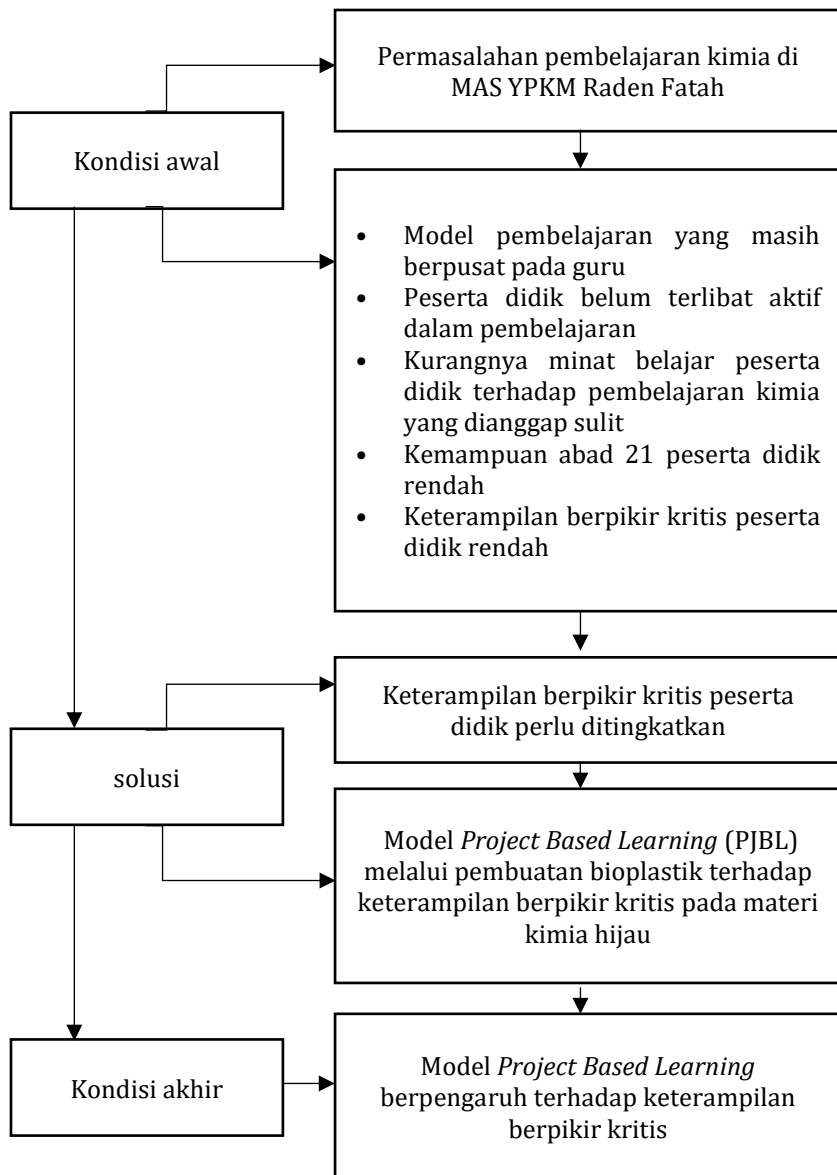
4. Penelitian oleh Harling dan Martono (2023) menunjukkan adanya korelasi kemampuan berpikir kritis dengan model pembelajaran PjBL sehingga keterampilan berpikir kritis peserta didik meningkat. Perbedaan dari penelitian yang akan dilaksanakan terletak pada materi yang digunakan yaitu kimia hijau.
5. Penelitian oleh Ratnawati dan Praptomo (2023) terlihat adanya peningkatan hasil belajar peserta didik pada materi kimia hijau setelah menggunakan pembelajaran PjBL. pada penelitian ini pada model dan materi yang digunakan sama dengan penelitian yg dilaksanakan yaitu model pembelajaran PjBL dan materi kimia hijau, sedangkan perbedaannya terletak pada variabel yang diteliti yaitu adalah keterampilan berpikir kritis.

C. Kerangka Berpikir

Kimia adalah mata pelajaran yang bersifat abstrak menjadikannya sulit dipelajari peserta didik karena memerlukan kemampuan analisis yang baik dalam proses pembelajarannya salah satu materi yang memerlukan

kemampuan analisis yang baik adalah materi kimia hijau. Materi ini berkaitan dengan penggunaan kimia sebagai alat untuk mengatasi masalah lingkungan. Pada materi ini memerlukan keterampilan berpikir kritis karena dapat membantu peserta didik menganalisis dan mengevaluasi suatu konsep dan argumen secara mendalam. Keterampilan berpikir kritis yang dimiliki akan menjadikan peserta didik mampu melihat hubungan antara ide dan pengambilan keputusan yang lebih baik sehingga keterampilan berpikir kritis perlu dintegrasikan dalam pembelajaran.

Salah satu cara pengintegrasian dapat menggunakan model pembelajaran yaitu *Project Based Learning* (PjBL). Model PjBL menyajikan suatu permasalahan untuk dipecahkan pada akhir langkahnya dimana hasil akhirnya berupa produk atau proyek. Produk atau proyek yang dapat dilakukan adalah pembuatan bioplastik. Pembuatan bioplastik ini memungkinkan siswa menggali informasi terkait persoalan lingkungan dan pemanfaatan bahan baku alam. Penggunaan model ini dengan pelaksanaan proyek bioplastik diharapkan pengembangan keterampilan berpikir kritis sehingga dalam proses pembelajaran peserta didik mendapatkan pengalaman yang bermakna bagi dirinya. Berikut merupakan skema kerangka berpikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir

D. Hipotesis Penelitian

Dalam penelitian ini dirumuskan Hipotesis penelitian yaitu pembelajaran menggunakan model *project based learning* (PjBL) melalui pembuatan bioplastik efektif menumbuhkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

1. Metode Penelitian

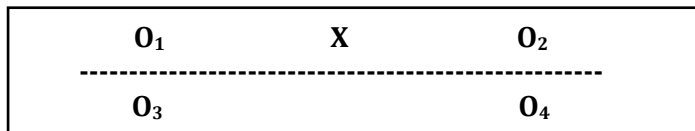
Jenis penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian kuantitatif yang berlandaskan filsafat positivisme untuk meneliti suatu populasi dan sampel tertentu. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan instrumen penelitian sedangkan analisis data dengan statistik untuk menentukan uji hipotesis (Sugiyono, 2017).

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu quasi eksperimen (*Quasi Experimental Design*). Pelaksanaan metode tersebut tidak menggunakan penugasan random tetapi menggunakan kelompok yang sudah ada. Penggunaan metode ini dengan dasar pertimbangan agar dalam pelaksanaan pembelajaran dapat berlangsung secara alami. Dengan demikian, diharapkan mampu berkontribusi terhadap hasil penelitian yang valid.

Pada penelitian yang dilakukan ini, terdapat dua perlakuan yang diberikan dalam eksperimennya yaitu pemberian perlakuan berupa penerapan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) pada kelas eksperimen dan pemberian pembelajaran menggunakan model PBL yang biasa digunakan sekolah tersebut pada kelas kontrol.

2. Desain Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan desain penelitian *non- equivalent control grup design*. Desain ini tidak melalui proses randomisasi dalam pemilihan kelompok kemudian diberi perlakuan, sebelumnya kelompok diberikan *pre-test* terlebih dahulu, setelah diberi perlakuan kemudian dilakukan tes untuk membandingkan kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen dalam keterampilan berpikir kritis (Sugiyono, 2013). Adapun desain penelitian dapat di lihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Desain Penelitian Non-ekuivalent Control Grup Design
Sugiyono, (2013)

Keterangan:

- X = Pemberian perlakuan model PjBL pada kelas eksperimen
- O₁ = *pre-test* sebelum diberi perlakuan pada kelas eksperimen
- O₂ = *post-test* setelah di beri perlakuan pada kelas eksperimen
- O₃ = *pre-test* kelas kontrol
- O₄ = *post- test* kelas kontrol

Definisi ini bertujuan untuk menemukan tingkat efektivitas model *Project Based Learning (PjBL)* melalui pembuatan bioplastik terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau.

B. Tempat Dan Waktu Penelitian

1. Tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan di MAS YPKM Raden Fatah, yang beralamat di desa Jungpasir Kecamatan Wedung Kabupaten Demak Provinsi Jawa Tengah.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan kepada kelas X semester gasal tahun ajaran 2024/2025 pada bulan November 2024.

C. Populasi Dan Sampel Penelitian

1. Populasi

Populasi menurut Sugiyono (2017) merupakan suatu kelompok yang akan diteliti di wilayah dan waktu tertentu berdasarkan karakteristik yang ditentukan oleh peneliti untuk ditindaklanjuti dan disimpulkan. Populasi dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas X MAS YPKM Raden Fatah Jungpasir sejumlah 122 peserta didik yang terbagi ke dalam empat kelas yaitu kelas X1, X2, X3 dan X4. Pemilihan tersebut karena kelas X di MAS YPKM Raden Fatah Jungpasir sudah memakai kurikulum merdeka sehingga sesuai dengan materi yang akan diteliti.

2. Sampel

Sampel adalah bagian populasi digunakan untuk menarik kesimpulan yang relevan. penelitian ini menggunakan *probability sampel* dalam teknik pengambilan

sampelnya sehingga tiap populasi diberikan peluang yang sama untuk menjadi sampel penelitian (Sugiyono, 2017).

Metode *cluster random sampling* menjadi teknik pengambilan sampel yang digunakan yaitu merupakan teknik pengambilan sampel yang populasi tidak terdiri dari individu-individu, melainkan terdiri dari kelompok-kelompok individu atau cluster. Dalam penelitian ini sampel yang akan diteliti adalah kelas X 1 dan kelas X 2. Pemilihan tersebut karena diasumsikan semua kelas relatif sama. Pemilihan tersebut diasumsikan atas dasar karakteristik semua kelas relatif sama dengan tingkatan kelas dan mendapatkan materi pelajaran kurikulum yang sama pula. Dua kelas yang terpilih tersebut dijadikan sebagai kelas kontrol dan eksperimen.

D. Definisi Operasional Variabel

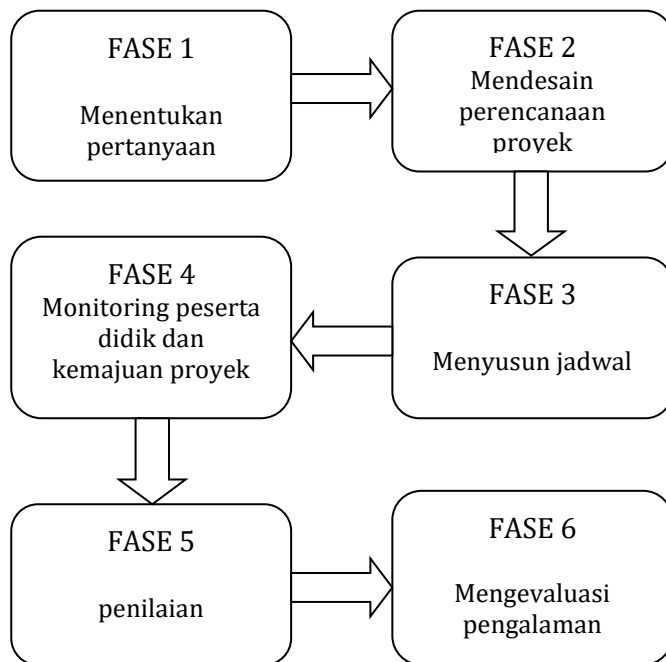
1. Definisi operasional Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah atribut yang ditentukan oleh peneliti untuk dianalisis dan dijadikan dasar pengambilan kesimpulan dengan variasi tertentu (Sugiyono, 2013). Penelitian ini memiliki dua variabel dalam yaitu variabel terikat untuk keterampilan berpikir kritis dan variabel bebas untuk penggunaan model *Project Based Learning* (PjBL).

a. *Project Based Learning* (PjBL)

Pembelajaran *Project based learning* (PjBL) merupakan metode pembelajaran yang menggunakan

proyek atau kegiatan sebagai media pembelajaran. Pada pendekatan ini, peserta didik dilibatkan dalam proses mengeksplorasi, mengevaluasi, menginterpretasikan, mensintesis, dan melakukan pengolahan informasi agar menghasilkan hasil belajar yang variatif. Pembelajaran PjBL pada penelitian ini dapat dilihat berdasarkan langkah-langkah (sintak) pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2. Sintaks Model *Project Based Learning* (PjBL)

b. Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis adalah keahlian dalam berpikir dan bersikap berdasarkan pengetahuan

yang telah diperoleh dalam proses pembelajaran. Keterampilan berpikir kritis ini diujikan melalui tes *essay* yang dibuat berdasarkan indikator berpikir kritis menurut Perkins dan Murphy (2006) yang dijabarkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Indikator Berpikir Kritis

No	indikator	Sub indikator
1	Tahap klarifikasi	a. Mengidentifikasi hal-hal yang mendasari suatu masalah. b. Menguraikan istilah dari suatu masalah c. Menyederhanakan definisi yang berkaitan permasalahan tersebut.
2	Tahap assesmen	a. Menyajikan argumen berupa penalaran yang valid dan relevan b. Menimbang argumen c. Menentukan relevansi informasi.
3	Tahap penyimpulan	a. Penarikan kesimpulan yang tepat b. Membuat generalisasi dari suatu masalah c. Merumuskan hipotesis.
4	Tahap strategi	a. merancang konsep tindakan dari suatu masalah b. menciptakan solusi dari sebuah masalah tersebut c. mengevaluasi efektifitas.

E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data menjadi langkah terpenting dalam penelitian karena apabila terjadi kesalahan dapat mempengaruhi hasil dari penelitian (Sugiyono, 2017). Terdapat dua teknik yang digunakan yaitu teknik tes dan non-tes.

1. Tes

Tes adalah salah satu teknik dengan pemberian sejumlah pertanyaan terkait materi pembelajaran kepada peserta didik sebagai bentuk pengumpulan data (Arikunto, 2019). Tes menjadi instrumen yang digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran kimia hijau, dimana instrumen tes telah diuji validitas, reliabilitas, daya beda dan tingkat kesukaran. Teknik penskoran disesuaikan dengan bobot soal yang diberikan berdasarkan alat tes yang sama pada saat *post-test* dan *pre-tes* didalam kelas eksperimen dan kontrol. Instrumen tes yang digunakan berupa soal uraian yang terdiri dari sembilan butir soal dan disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis.

2. Wawancara

Wawancara pada penelitian ini dilakukan kepada guru kimia MAS YPKM Raden Fatah Jungpasir. Wawancara ini bertujuan untuk mengetahui informasi dari guru terkait kendala yang dialami selama proses pembelajaran,

penggunaan metode dan media yang digunakan, dan perolehan hasil belajar peserta didik. Instrumen wawancara yang digunakan adalah lembar wawancara yang bersifat terbuka agar data yang diperoleh lebih menyeluruh dan luas.

3. Dokumentasi

Tujuan dokumentasi pada penelitian ini adalah untuk memperoleh data yang berkaitan dengan peserta didik kelas X MAS YPKM Raden Fatah berupa nama peserta didik dan foto-foto kegiatan pembelajaran untuk mendukung keabsahan penelitian yang telah dilaksanakan. Instrumen dokumentasi yang digunakan berupa foto pada pelaksanaan penelitian.

F. Validitas dan Reabilitas Instrumen

Sebelum dilakukan penelitian, instrumen pengukuran keterampilan berpikir kritis harus teruji kelayakannya dan kualitasnya dengan melakukan uji validitas, reliabilitas, dan tingkat kesukaran agar instrumen tersebut terbukti berkualitas sehingga instrumen perlu dianalisis terlebih dahulu sebelum digunakan dalam penelitian.

1. Uji Validitas

a. Validitas isi

Instrumen tes divalidasi dengan menggunakan uji validitas isi oleh validator sebagai tenaga ahli untuk memvalidasi instrumen tes berupa soal uraian yang akan

digunakan. Hal ini bertujuan agar soal yang dibuat telah terbukti valid berdasarkan pandangan ahli. Validitas isi dihitung menggunakan koefisien *Aiken V* dengan rumus sebagai berikut (Azwar, 2016):

$$V = \frac{\sum(r_i - l_0)}{[n(c - 1)]}$$

keterangan:

r_i = Angka yang diberikan oleh penilai

l_0 = Angka terendah dari penilaian validitas

c = Angka tertinggi dari penilaian validitas

n = Banyaknya ahli yang melakukan penilaian

Instrumen dinyatakan valid apabila validitas *Aiken* pada V_{hitung} lebih besar daripada validitas *Aiken* pada V_{tabel} .

b. Validitas empiris

Validitas empiris digunakan untuk mencari keabsahan suatu instrumen. Perolehan data yang valid jika menggunakan instrumen valid. Uji validitas dapat menggunakan rumus teknik korelasi *pearson product moment*. Berikut rumus untuk menghitung validitas soal (Arikunto, 2010):

$$R_{xy} = \frac{n \sum xy - \sqrt{(\sum x)(\sum y)}}{\sqrt{\{n. (\sum x^2) - (\sum x)^2\}\{n. (\sum y^2) - (\sum y)^2\}}}$$

Keterangan:

R_{xy} = korelasi antara variable X dan Y

N = banyaknya subjek penelitian

$\sum x$ = jumlah skor item

$\sum y$ = jumlah skor total item

$\sum xy$ = hasil kali skor item dengan skor total

$\sum x^2$ = jumlah kuadrat skor x

$\sum y^2$ = jumlah kuadrat skor y

Setelah mendapat nilai r_{xy} kemudian dibandingkan dengan nilai r_{tabel} . Apabila r hitung $> r$ tabel dengan signifikan 5% maka item soal instrumen dinyatakan valid. Dalam penelitian ini, uji validitas empiris akan menggunakan bantuan *software* SPSS 25.

2. Uji Reliabilitas

Uji Reliabilitas ditujukan untuk mengetahui tingkat kelayakan suatu instrumen apakah sudah reliabel atau belum. Rumus yang digunakan adalah rumus koefisien *Alpha cronbach* yang bertujuan untuk mencari reliabilitas instrumen seperti angket atau soal bentuk uraian (Arikunto, 2010). Berikut rumus yang digunakan:

$$r_{11} = \left[\frac{N}{(N - 1)} \right] \left[1 - \frac{\sum St^2}{S_t^2} \right]$$

Keterangan

r_{11} = Koefisien Reliabilitas Tes

N = Banyaknya Butir Item

S_t^2 = Varian Total

$\sum S_i^2$ = Jumlah Varian Skor dari Tiap Butir

Kriteria reliabilitas butir soal tersaji pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2. Kriteria Reliabilitas Butir Soal

Skor	Kriteria
0,81 - 1,00	Sangat tinggi
0,61 - 0,80	Tinggi
0,41 - 0,60	Cukup
0,21 - 0,40	Rendah
$r \leq 0,20$	Sangat Rendah

(Arikunto, 2019)

Dalam penelitian ini, perhitungan uji reliabilitas instrumen menggunakan bantuan *software* SPSS 25.

3. Uji Daya beda

Daya beda adalah proses evaluasi yang ditujukan untuk menilai butir soal dalam membedakan kemampuan responden yang memiliki kinerja lebih tinggi dan responden yang memiliki kinerja rendah. uji ini akan memberikan informasi perbedaan tingkat kemampuan peserta didik melalui butir soal yang dikerjakan (Lestari dan Yudhanegara, 2018). Rumus uji daya beda:

$$DP = \frac{\overline{X_A} - \overline{X_B}}{SMI}$$

Keterangan

D_p = Indeks Daya pembeda

$\overline{X}_A$ = Rata- rata peserta didik kelompok atas

$\overline{X}_B$ = Rata-rata peserta didik kelompok bawah

SMI = Skor maksimal ideal

Butir soal dapat dikatakan baik apabila indeks daya beda semakin tinggi yang berarti butir soal tersebut mampu membedakan tingkat pemahaman peserta didik terhadap soal. Perhitungan pada uji ini menggunakan software SPSS 25. Kriteria yang digunakan untuk mengintrepetasikan indeks daya beda disajikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3. 3. kriteria Indeks Daya Beda

Skor	Kriteria
0,71 – 1,00	Sangat baik
0,41 – 0,70	Baik
0,21 – 0,40	Cukup
0,00 – 0,20	Buruk
$DP < 0$	Sangat buruk

(Lestari dan Yudhanegara, 2018)

4. Tingkat Kesukaran

Tingkat kesukaran dalam soal tes memiliki tingkat yang berbeda-beda. Uji tingkat kesukaran dilakukan agar peneliti mengetahui pembagian kategori soal mulai dari yang mudah, sedang, maupun sukar (Susanto, Rinaldi &

Novalia, 2015). Rumus tingkat kesukaran:

$$P = \frac{B}{Js}$$

Keterangan

P = Tingkat Kesukaran Soal

B = Banyak peserta menjawab benar

Js = Jumlah Seluruh Peserta

Untuk mengetahui dan menganalisis tingkat kesukaran soal, dapat dilihat melalui tabel kriteria tingkat kesukaran soal pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4. Kriteria Tingkat Kesukaran Soal

Skor	Kriteria
0,00 – 0,30	Sukar
0,31 – 0,70	Sedang
0,71 – 1,00	Mudah

(Susanto, Rinaldi & Novalia, 2015)

Dalam penelitian ini, perhitungan uji tingkat kesukaran soal menggunakan bantuan software SPSS 25.

G. Teknik Analisis Data

Teknik analisis merupakan pengolahan data hasil penelitian dengan data kuantitatif berupa data *pre-test* dan *post-test* instrumen dengan uji statistik SPSS 25. Berikut dipaparkan beberapa analisis yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Uji Prasyarat Awal

a. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui normalitas dari populasi yang akan digunakan. Uji normalitas ini menggunakan rumus uji *kolmonogorov-smirnov* dengan taraf 5% pada software SPSS 25, yang mana uji ini dilakukan bila data yang akan diuji normalitasnya diatas 100 jumlahnya dan tidak dikelompokkan dalam bentuk kelas interval (Darmawati, 2011). Data yang akan diuji adalah data nilai ujian tengah semester dari seluruh jumlah populasi. Aturan dalam pengambilan keputusan dijelaskan oleh Siregar (2015) bahwa data dapat dikatakan terdistribusi normal jika nilai (sig) > 0,05 dan jika nilai (sig) <0,05 maka dinyatakan data tidak terdistribusi normal.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas pada tahap ini dilakukan untuk memperoleh asumsi bahwa seluruh populasi penelitian merupakan populasi dari varian yang homogen. Pengujian homogenitas menggunakan uji lavene pada *software* SPSS 25. Dengan pertimbangan nilai sig untuk pengambilan keputusan, dapat dinyatakan homogen apabila nilai P sig > 0,05 dan dinyatakan data tidak homogen apabila nilai P sig < 0,05 (Nurgiyantoro,

Marzuki & Gunawan, 2015). Data yang akan diuji homogenitasnya adalah data nilai ujian tengah semester dari seluruh jumlah populasi.

2. Uji Prasyarat Akhir

a. Uji Normalitas

Uji normalitas pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui sampel yang digunakan berasal dari populasi yang normal atau tidak. Uji normalitas menggunakan rumus uji *shapiro-wilk* dengan taraf 5% pada *software* SPSS 25. Data yang akan diuji adalah data hasil nilai *pre-test* dan *post-test*.

b. Uji Homogenitas

Pengujian homogenitas pada tahap ini dilakukan untuk memastikan bahwa sampel yang nantinya akan diuji dan dibandingkan memiliki varian homogen (Usmadi, 2020). pengujian homogenitas pada penelitian ini menggunakan uji lavene pada *software* SPSS 25. Data yang akan diuji homogenitasnya dalam penelitian ini adalah data hasil nilai *pre-test* dan *post-test*.

3. Uji Hipotesis

Uji hipotesis bertujuan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata antara dua kelompok data yang berasal dari subyek berbeda. Perhitungan uji hipotesis menggunakan menggunakan uji T (*independent sample T-test*). Berikut

rumus pengujian hipotesis menggunakan uji T-test:

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

Keterangan :

T : Nilai korelasi antara dua sampel

n_1 dan n_2 : Jumlah sampel masing-masing

$\bar{X}_1$: Rata-rata sampel ke 1

$\bar{X}_2$: Rata-rata sampel ke 2

S_1 : Standar deviasi sampel ke 1

S_2 : Standar deviasi sampel ke 2

S_1^2 : Varians sampel ke 1

S_2^2 : Varians sampel ke 2

Adapun pengujian T-test pada penelitian ini menggunakan bantuan *software* SPSS 25 dengan menggunakan uji *independent sampel T-test*. Pada pengujian ini yang diukur adalah nilai *post-test* kedua kelas. Dasar pengambilan keputusan uji hipotesis adalah jika nilai sig < 0,05 maka H0 ditolak, H1 diterima. Jika nilai sig > 0,05 maka H0 diterima, H1 ditolak.

4. Effect Size

Effect size bertujuan untuk melihat besarnya perbedaan antara dua atau lebih kelompok yang diukur

dalam unit standar (Cohen, 1988). *Effect size* digunakan untuk menganalisis besarnya efektivitas PjBL terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Dengan rumus sebagai berikut:

$$d = \frac{M_1 - M_2}{SD_{pooled}}$$

keterangan

d : *effect size*

M₁ : rata-rata skor post-test kelas eksperimen

M₂ : rata-rata skor post-test kelas kontrol

SD_{pooled} : standar deviasi gabungan

Berikut kriteria klasifikasi *Effect size* dapat dilihat pada Tabel 3.5 (Cohen, 1988):

Tabel 3. 5. Kriteria klasifikasi *Effect size*

klasifikasi	Kriteria
$d \leq 0,5$	Kurang
$0,5 \leq d \leq 0,8$	Sedang
$d \geq 0,8$	tinggi

Dari beberapa pengolahan data di atas pada akhirnya hasil yang diperoleh kemudian disimpulkan berdasarkan hipotesis. Berikut rumusan hipotesis pada penelitian ini yaitu:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

H_0 : Model pembelajaran *Project Based Learning (PjBL)* melalui pembuatan bioplastik tidak efektif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran kimia materi kimia hijau.

H_1 : Model pembelajaran *Project Based Learning (PjBL)* melalui pembuatan bioplastik efektif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran kimia materi kimia hijau.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di MA YPKM Raden Fatah yang dilakukan sebanyak empat kali pertemuan yang dilaksanakan pada tanggal 03 s/d 24 November 2024. Penelitian ini menggunakan dua kelas yaitu kelas X1 berjumlah 29 peserta didik sebagai kelas eksperimen menggunakan model PjBL dan kelas X2 berjumlah 31 peserta didik sebagai kelas kontrol menggunakan model PBL. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) melalui pembuatan bioplastik terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau. Tahapan dalam penelitian ini terdiri *pre-test*, pemberian perlakuan dan *post-test*..

1. Hasil Uji Instrumen tes

Peneliti menyusun instrumen penelitian berupa soal uraian berjumlah 9 soal yang memuat indikator berpikir kritis dari Perkins dan Murphy (2006) dan disesuaikan dengan materi kimia hijau untuk menganalisis keterampilan berpikir kritis peserta didik. Instrumen yang telah dibuat dilakukan uji validitas, reliabilitas, daya beda dan tingkat kesukaran sebelum digunakan dalam penelitian.

a. Validitas isi

Tujuan validitas ini untuk mengevaluasi kesesuaian suatu instrumen. Instrumen pada penelitian ini adalah tes keterampilan berpikir kritis yang terdiri dari sembilan soal dan mengacu pada indikator berpikir kritis Perkins dan Murphy (2006). Uji validitas isi dilakukan oleh lima validator yaitu Lis Setiyo Ningrum, M.Pd., Ulfa Lutfianasari, M.Pd., Joni Kurniawan, M.Pd., Masya Marchelina Natasukma, S.Pd, dan Khoirul Ashabi, S.Pd.,Gr.

Aspek pengujian validitas pada penelitian ini yaitu aspek asesmen, materi, konstruksi dan kebahasaan. Nilai dari validator dari berbagai aspek diambil rata-rata pada setiap aspek butir soal yang kemudian dihitung dengan rumus indeks validitas Aiken. Indeks validasi Aiken V_{tabel} pada penelitian ini adalah 0,87. Berdasarkan analisis menunjukkan bahwa instrumen soal dinyatakan valid karena nilai V_{hitung} lebih besar daripada V_{tabel} . Adapun hasil dari uji validitas isi dipaparkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1. Hasil Uji Validitas Isi

Aspek	Indeks	Kriteria
Asesmen	0,97	Valid
Materi	0,98	Valid
Konstruksi	0,94	Valid
kebahasaan	0,93	Valid

b. Validitas empiris

Pengujian validitas empiris dilakukan dengan cara memberikan ujicoba instrumen tes kepada 29 peserta didik di kelas XI IPA 1. Rumus korelasi *product moment* diterapkan untuk mencari validitas empiris dengan tingkat signifikansi 5%. Nilai dari r_{tabel} untuk tingkat signifikansi α 0,05 dengan jumlah sampel 29 adalah 0,367. Berdasarkan penghitungan validitas menggunakan bantuan *software* SPSS 25 didapatkan setiap butir soal dinyatakan valid karena nilai r_{hitung} lebih besar dibandingkan nilai r_{tabel} . Hasil uji validitas empiris dipaparkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Hasil Uji Validitas Empiris

Butir soal	Nilai r_{hitung}	Kriteria
1	0,613	Valid
2	A 0,566	Valid
	B 0,556	Valid
3	A 0,470	Valid
	B 0,387	Valid
4	A 0,510	Valid
	B 0,515	Valid
5	0,415	Valid
6	A 0,521	Valid
	B 0,521	Valid
7	A 0,376	Valid
	B 0,462	Valid
8	0,664	Valid
9	A 0,384	Valid
	B 0,406	Valid

c. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Tujuan uji ini untuk menilai tingkat konsistensi instrumen yang digunakan. Pengukuran uji ini menggunakan bantuan *software* SPSS 25 dengan menerapkan rumus persamaan *Alpha Cronbach*. Nilai r_{tabel} dengan signifikansi 5% yaitu 0,388. Berdasarkan Hasil r_{hitung} yang didapatkan sebesar 0,766 menunjukkan bahwa instrumen dinyatakan reliabel karena r_{hitung} lebih besar daripada r_{tabel} kriteria tinggi karena termasuk dalam rentang 0,61-0,80. Hasil uji reliabilitas butir soal disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3. Hasil Uji Reliabilitas

Reliabilitas	Kriteria
0,766	Reliabilitas tinggi

d. Hasil Uji Daya Beda Soal

Tujuan uji ini meninjau peserta didik berkemampuan tinggi dan rendah untuk dilihat perbedaannya. Uji daya beda menggunakan rumus persamaan daya pembeda dengan bantuan *software* SPSS 25. Uji daya beda ini mendapatkan hasil ($DP > 0$) dengan kriteria cukup dan baik. Hasil uji daya beda dipaparkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Hasil Uji Daya Beda Soal

Butir soal		Daya beda	Kriteria
1		0,515	Baik
2	A	0,469	Baik
	B	0,459	Baik
3	A	0,349	Cukup
	B	0,257	Cukup
4	A	0,384	Cukup
	B	0,412	Baik
5		0,285	Cukup
6	A	0,413	Baik
	B	0,353	Cukup
7	A	0,286	Cukup
	B	0,349	Cukup
8		0,572	Baik
9	A	0,265	Cukup
	B	0,237	Cukup

e. Hasil Uji Tingkat Kesukaran

Uji ini bertujuan untuk meninjau tingkat kesulitan setiap butir soal dengan kriteria sukar, sedang, atau mudah. Uji tingkat kesukaran pada penelitian ini menggunakan rumus tingkat kesukaran dengan bantuan *software* SPSS 25. Berdasarkan analisis, menunjukkan hasil dengan kriteria sedang dan mudah. Hasil uji tingkat kesukaran disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4. 5. Hasil Uji Tingkat Kesukaran

Kriteria	Butir soal ke-	Jumlah
Sedang	1, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5, 6b, 7a, 7b, 8, 9b	13
mudah	6 a, 9a	2

2. Hasil *pre-test* kelas eksperimen dan kontrol

Pre-test dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat tingkat dasar keterampilan berpikir kritis peserta didik mengenai materi kimia hijau. Hasil rata- rata pretest peserta didik dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6. Hasil Rata-rata Nilai *Pre-test*

kelas	Rata- rata	Standar deviasi
kontrol	35,1	6,04
eksperimen	36,7	7,72

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa perbedaan keterampilan berpikir kritis awal peserta didik tidak jauh berbeda. Pada kelas eksperimen mendapatkan rata-rata nilai sebesar 36,7 dengan standar deviasi 7,72 sementara pada kelas kontrol mendapat rata-rata nilai sebesar 35,1 dengan standar deviasi 6,04.

3. Hasil *post-test* kelas eksperimen dan kontrol

Post-test dalam penelitian ini bertujuan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis serta menjadi acuan dalam menilai tingkat perkembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah diberi perlakuan. Hasil rata- rata *post-test* peserta didik dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7. Hasil Rata-rata Nilai *Post-test*

kelas	Rata- rata	Standar deviasi
kontrol	54,5	14,29
eksperimen	69,9	13,79

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukan bahwa adanya perbedaan yang cukup signifikan dari kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Pada kelas eksperimen mendapatkan rata-rata nilai sebesar 69,9 dengan standar deviasi 13,79 sementara pada kelas kontrol mendapat rata-rata nilai sebesar 54,5 dengan standar deviasi 14,29. Hal tersebut menunjukan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas eksperimen lebih unggul dibandingkan dengan kelas kontrol.

B. Hasil Uji Hipotesis

1. Uji prasyarat awal

a. Uji normalitas

Uji normalitas ini dilakukan pada nilai ujian tengah semester (UTS) dari seluruh populasi untuk melihat populasi yang digunakan normal atau tidak sebelum menentukan sampel yang dipilih. Uji normalitas pada tahap ini menggunakan rumus *kolmonogorov-smirnov* karena jumlah populasi yang digunakan lebih dari 100. Total populasi peserta didik kelas X MA YPKM Raden Fatah adalah 120 peserta didik. Perhitungan uji normalitas ini

menggunakan bantuan *software* SPSS 25. Data terdistribusi secara normal jika hasil signifikansi dari koefisien tes *kolmonogorov-smirnov* lebih besar dari α 0,05.

Berdasarkan hasil perhitungan uji normalitas dari populasi didapatkan nilai sebesar 0,2. Data nilai UTS dari seluruh populasi dapat disimpulkan terdistribusi normal. Hasil pengujian normalitas populasi dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8. Hasil Uji Normalitas Populasi

kelas	Nilai sig	keterangan
X-1	0,2	Normal
X-2	0,2	Normal
X-3	0,2	Normal
X-4	0,2	Normal

b. Uji homogenitas

Uji ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan variasi data dari populasi yang digunakan sebelum menentukan sampel dalam penelitian. Uji homogenitas ini menggunakan rumus *levane*. Berdasarkan analisis dari hasil yang didapat menjelaskan bahwa data populasi homogen dengan hasil 0,625 (nilai $p > 0,05$). Hasil pengujian homogenitas populasi dipaparkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9. Hasil Uji Homogenitas populasi

kelas	Nilai sig	keterangan
X-1	0,625	Homogen
X-2		
X-3		
X-4		

2. Uji prasyarat akhir

a. Uji Normalitas

Uji normalitas ini dilakukan pada nilai *pre-test* dan *post-test* dari kelas kontrol dan eksperimen untuk mengetahui kenormalan data. Uji normalitas menggunakan rumus *shapiro-wilk* karena total jumlah sampel yang digunakan berjumlah 60 peserta didik. Hasil uji normalitas *pre-test* dan *post-test* dengan menggunakan bantuan *software* SPSS 25 terdapat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Hasil Uji Normalitas *Pre-test* dan *Post-test*

Kelas	Nilai Sig	
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
Kelas kontrol	0,075	0,368
Kelas eksperimen	0,265	0,081

Berdasarkan Tabel 4.10, hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai *pre-test* dan *post-test* dari kedua kelas lebih besar 0,05 sehingga kedua kelas tersebut terdistribusi normal. Hasil pengujian lebih lengkap terdapat pada Lampiran 19.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas ini menggunakan rumus *levane* dengan menggunakan bantuan *software* SPSS 25. Hasil uji homogenitas yang diperoleh sebesar 0.246 (nilai $p > 0,05$). Berdasarkan analisis terhadap hasil, dapat disimpulkan bahwa data kelas kontrol dan eksperimen bersifat homogen sehingga prasyarat homogenitas terpenuhi. Hasil pengujian homogenitas *pre-test* dan *post-test* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Hasil Uji Homogenitas *Pre-test* dan *Post-test*

Kelas	Nilai Sig	
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
Kelas kontrol	0,246	
Kelas eksperimen		

3. Uji Hipotesis

a. Hasil Uji *Independent Sample T-test*

Penelitian ini menggunakan uji hipotesis *independent sample t-test* yang bertujuan untuk mengukur efektivitas model *project based learning* (PjBL) melalui pembuatan bioplastik terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau. Kriteria pengujian dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Jika $\text{sig} > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) melalui pembuatan bioplastik tidak

efektif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran kimia materi kimia hijau.

- 2) Jika $\text{sig} < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga model pembelajaran *Project Based Learning (PjBL)* melalui pembuatan bioplastik efektif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran kimia materi kimia hijau.

Berdasarkan hasil uji hipotesis menunjukkan nilai $\text{sig} (2\text{-tailed})$ sebesar 0,004 yang berarti nilai tersebut kurang dari 0,05 sehingga kriteria pengujian yang diambil adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model pembelajaran *Project Based Learning (PjBL)* melalui pembuatan bioplastik efektif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran kimia materi kimia hijau.

b. Hasil Uji Effect Size

Uji ini bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh dari pembelajaran PjBL terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Pengujian menggunakan rumus *cohen's* dengan bantuan *software* SPSS 25. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Hasil Uji *Effect Size*

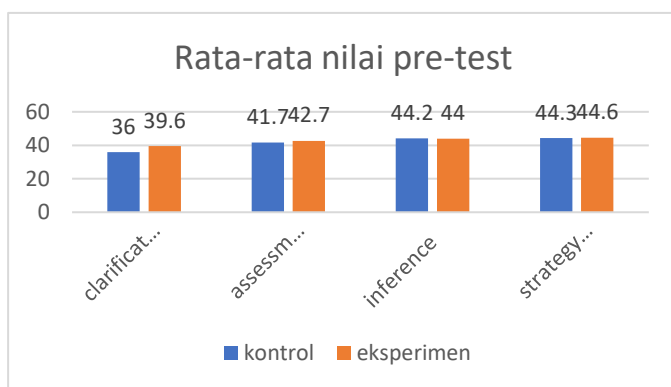
Effect size	Kriteria
0.732	sedang

Berdasarkan Tabel 4.12 menunjukan hasil sebesar 0,732. Menurut kriteria pengambilan keputusan dari Cohen (1988) hasil tersebut berada pada rentang $0,5 \leq d \leq 0,8$ sehingga model pembelajaran *Project Based Learning (PjBL)* melalui pembuatan bioplastik terbukti efektif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran materi kimia hijau dengan kriteria sedang. Pengujian lebih lengkap terdapat pada Lampiran 22.

C. Pembahasan

Pada penelitian ini kelas eksperimen diberi perlakuan pembelajaran *project based learning (PjBL)* dengan memandu peserta didik untuk melakukan proyek pembuatan bioplastik yang mengaitkan materi kimia hijau sedangkan kelas kontrol diberikan metode pembelajaran *Problem Based Learning (PBL)* dengan memberikan instruksi kepada peserta didik untuk menjawab permasalahan dalam LKPD dan mempresentasikan hasil LKPD. Penelitian ini menggunakan evaluasi *pre-test* dan *post-test* dalam bentuk *essay* berjumlah 9 soal untuk mengetahui keefektifan dari model PjBL terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui pembuatan bioplastik. Soal *pre-test* dan *post-test* merupakan instrumen yang sudah disesuaikan dengan indikator keterampilan berpikir kritis dan sudah memenuhi persyaratan instrumen dinyatakan layak.

Pertemuan pertama, dibuka dengan memberikan soal *pre-test*. Soal ini dikerjakan peserta didik selama 60 menit di dalam kelas baik untuk kelas eksperimen maupun kontrol. Tujuannya untuk mengetahui kemampuan dasar peserta didik sebelum diberikan perlakuan kegiatan pembelajaran dengan model PjBL melalui pembuatan bioplastik pada materi kimia hijau untuk kelas eksperimen dan model PBL untuk kelas kontrol. Berdasarkan hasil nilai uji normalitas dan homogenitas pada Tabel 4.10 dan 4.11 sebelumnya data nilai *pre-test* tersebut sudah terdistribusi normal dan homogen. Rata-rata nilai *pre-test* kelas kontrol dan eksperimen mendapatkan nilai sebesar 35,05 dan 36,6. Hal ini menandakan bahwa perbedaan kemampuan awal peserta didik pada kelas kontrol dan kelas eksperimen tidak berbeda jauh. Hasil *pre-test* per indikator keterampilan berpikir kritis peserta didik disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1. Grafik Rata-rata *Pre-test*

Berdasarkan Gambar 4.1 keterampilan berpikir kritis kelas kontrol dan kelas eksperimen ditinjau pada setiap indikator menunjukkan hasil yang relatif setara dengan nilai tertinggi terdapat pada indikator strategi/taktik untuk kelas kontrol sebesar 44,3 untuk kelas eksperimen sebesar 44,6, sedangkan untuk nilai terendah terdapat pada indikator klarifikasi dengan kelas kontrol sebesar 36 sementara kelas eksperimen sebesar 39,6. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat kelemahan yang terjadi dalam keterampilan berpikir kritis kedua kelas pada indikator klarifikasi.

Pada pertemuan kedua di kelas eksperimen, peserta didik melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan sintaks PjBL yang sebelum memulai pembelajaran, peserta didik diberikan motivasi dan penyampaian tujuan pembelajaran. Pembelajaran dimulai dengan memaparkan materi kimia hijau, prinsip kimia hijau serta pemanfaatan kimia hijau agar peserta didik mengetahui dan menambah pengetahuan terkait kimia hijau. Peserta didik dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yang telah ditetapkan pada pertemuan sebelumnya.

Sintaks pertama yang dilakukan yaitu menentukan pertanyaan mendasar dalam hal ini guru menyajikan permasalahan berupa video pulau plastik agar peserta didik dapat mengidentifikasi dan membuat pertanyaan mendasar terkait permasalahan yang terjadi pada video tersebut. Pada

tahap mengidentifikasi masalah peserta didik terlihat menyimak video dengan saksama, kemudian guru menggali konsep berpikir peserta didik dengan mengajukan beberapa pertanyaan terkait permasalahan sampah yang ada dalam video tersebut. Peserta didik diarahkan kepada pertanyaan mendasar apakah bisa membuat suatu alternatif lain untuk meminimalisir penggunaan sampah plastik yang menjadi sumber masalah. Berdasarkan pertanyaan tersebut peserta didik menggali informasi terkait pembuatan bioplastik sebagai pengganti plastik konvensional.

Sintaks kedua mendesain rencana proyek dalam hal ini guru terfokus untuk mengasah kemampuan kognitif dan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Setelah menggali informasi peserta didik diberikan LKPD yang didalamnya berkaitan dengan permasalahan sampah plastik, peserta didik secara berkelompok menyelesaikan pertanyaan yang ada dalam LKPD dengan berdiskusi. Dalam proses diskusi, peserta didik diarahkan untuk membuat desain perencanaan proyek berupa pembuatan bioplastik yang mengaitkan prinsip kimia hijau. Salah satu prinsip yang digunakan yaitu menggunakan bahan baku terbarukan, peserta didik mendesain proyek bioplastik menggunakan bahan-bahan yang tidak berbahaya dan alami seperti tepung maizena, gliserol, cuka dan bahan baku dari kulit buah. Sintaks ketiga, menyusun jadwal

pembuatan proyek, sintaks ini bertujuan untuk membuat *timeline* dan pengorganisasian kelompok dalam pembuatan proyek agar lebih terarah dan efisien serta agar semua anggota turut andil dalam proyek tersebut. Interaksi yang berlangsung pada saat proses diskusi peserta didik dalam pembelajaran dapat memicu meningkatnya keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Pada sintaks kedua dan ketiga ini guru mengarahkan dan menstimulus peserta didik untuk menggali informasi yang relevan terkait pembuatan bioplastik menggunakan bahan yang ramah lingkungan dan sejalan dengan prinsip kimia hijau. Setiap kelompok diberikan kebebasan untuk memilih bahan baku berupa kulit buah yang berbeda-beda yaitu kulit buah naga, pisang, mangga dan jeruk. Pemilihan bahan baku tersebut mencerminkan penerapan konsep berpikir kritis dalam mengelola limbah menjadi produk yang bermanfaat yaitu bioplastik. Selama proses ini, peserta didik secara mandiri mencari dan mempelajari informasi terkait bioplastik. Peserta didik juga diarahkan untuk menganalisis hubungan antara konsep bioplastik dengan prinsip-prinsip kimia hijau seperti pengurangan limbah, penggunaan bahan baku terbarukan, desain untuk degradasi. Hal ini merangsang peserta didik untuk mengintegrasikan suatu konsep dengan konsep lainnya sehingga mendorong kemampuan menganalisis dan membuat

keputusan berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan. Pada pertemuan ini terlihat bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik terlaksana dengan baik ditandai dengan kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengintegrasikan berbagai informasi yang relevan dalam topik pembuatan bioplastik.

Pada pertemuan kedua di kelas kontrol, peserta didik melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan sintaks PBL, sebelum memulai pembelajaran peserta didik diberikan motivasi dan penyampaian tujuan pembelajaran. Peserta didik kemudian diberikan materi kimia hijau beserta prinsip kimia hijau. Sintaks pertama yang dilakukan yaitu orientasi peserta didik pada masalah dalam hal ini peserta didik diorientasikan kepada sebuah permasalahan dalam video pulau plastik. Terlihat terdapat beberapa peserta didik tidak menyimak video tersebut. Sintaks kedua mengorganisasikan peserta didik untuk belajar dalam hal ini guru mengorganisir peserta didik menjadi beberapa kelompok untuk berdiskusi terkait permasalahan sampah yang ada dalam LKPD. Sintaks ketiga membimbing penyelidikan individu maupun kelompok, langkah ini peserta didik melakukan penyelidikan dan berdiskusi bersama kelompok untuk menjawab pertanyaan yang terdapat dalam LKPD. Peserta didik di tahap ini memiliki tuntutan untuk bekerja sama dan bertukar pendapat terkait

jawaban pertanyaan dari LKPD yang sedang dikerjakan. Namun terlihat dari beberapa peserta didik tidak memberikan pendapat dan hanya mengikuti dan menyimak teman satu kelompok. Hal tersebut akan berdampak pada pemahaman peserta didik karena peserta didik tidak menggunakan konsep berpikir dan hanya menerima hasil yang secara mentah tanpa adanya pemahaman yang bermakna.

Pada pertemuan ketiga dalam kelas eksperimen, peserta didik secara berkelompok berelaborasi ide dan bekerja sama dalam mengerjakan proyek pembuatan bioplastik sebagai pengaplikasian prinsip kimia hijau terhadap lingkungan. Pada pertemuan ketiga ini, diterapkan sintaks keempat yaitu memonitoring peserta didik dan memantau kemajuan proyek. Pada sintaks ini, guru mengarahkan dan memonitoring dalam kegiatan pembuatan proyek serta memfasilitasi kebutuhan yang diperlukan dalam proyek. Pada sintaks ini peserta didik menyelesaikan proyek sambil belajar. Guru memastikan bahwa setiap kelompok dapat memahami langkah-langkah pembuatan bioplastik dengan benar dan efisien sembari memperkuat pemahaman peserta didik terhadap penerapan prinsip-prinsip kimia hijau dalam kehidupan nyata. Pada proses pembuatan bioplastik setiap kelompok tidak mengalami kendala yang berarti kecuali pada satu kelompok yang menggunakan bahan baku kulit buah naga.

Kandungan air yang cukup tinggi dalam kulit buah naga menyebabkan pemanasan dari campuran membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan kelompok lain sehingga memerlukan penyesuaian waktu dan suhu pemanasan. Meskipun demikian, hasil yang didapat pada setiap kelompok cukup bagus dengan spesifikasi produk bioplastik yang memiliki variasi warna yang berbeda sesuai dengan kulit buah yang digunakan. Perbedaan hasil ini memberi kesempatan bagi peserta didik untuk memahami pengaruh karakteristik bahan baku terhadap proses dan hasil pembuatan bioplastik.

	
Kulit jeruk	kulit buah naga
	
Kulit mangga	Kulit pisang

Gambar 4. 2. Hasil Proyek Pembuatan Bioplastik

Sintaks kelima yaitu penilaian. Pada sintaks ini, guru menilai hasil kinerja peserta didik berdasarkan proses pembuatan dan hasil proyek yang dibuat. Peserta didik juga mendapatkan kesempatan untuk menganalisis dan mengidentifikasi hasil proyek secara mandiri termasuk kekurangan dan kelebihan dalam proses pembuatan proyek. Peserta didik menyimpulkan proses yang telah dilalui ke dalam LKPD. Sintaks keenam yaitu mengevaluasi pengalaman, pada tahap ini peserta didik diminta untuk merefleksikan pengalaman yang diperoleh selama proses pelaksanaan proyek lalu mempresentasikan hasil analisis proyek serta menyimpulkan pemahaman yang didapat. Tujuan refleksi ini untuk melihat sejauh mana pemahaman peserta didik tentang prinsip kimia hijau telah berkembang. Hal ini tidak hanya dapat memperkuat pemahaman peserta didik namun juga dapat mengasah kemampuan peserta didik dalam menyampaikan ide secara ilmiah dan kritis.

Pada tahapan-tahapan model PjBL melalui pembuatan bioplastik ini, pembelajaran berpusat pada peserta didik sehingga memungkinkan peserta didik bertukar pikiran, memecahkan masalah dan memberikan peluang untuk mengonstruksikan konsep berpikirnya. Keterlibatan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran juga dapat meningkatkan rasa ingin tahu peserta didik sehingga keterampilan berpikir

kritis pada peserta didik dapat meningkat (Guntara, Suarjana dan Riastini, 2014).

Pada pertemuan ketiga pada kelas kontrol, terdapat sintaks keempat yaitu mengembangkan dan menyajikan hasil. Setiap kelompok mempresentasikan hasil diskusi berupa analisis peserta didik terhadap permasalahan yang diberikan. Pada tahap ini, terlihat sebagian kecil keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran sebagaimana terlihat dari interaksi tanya jawab yang hanya melibatkan sebagian kecil peserta didik. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan partisipasi terlihat dari pasif dan tidak berkontribusinya beberapa peserta didik secara signifikan dalam diskusi atau presentasi.

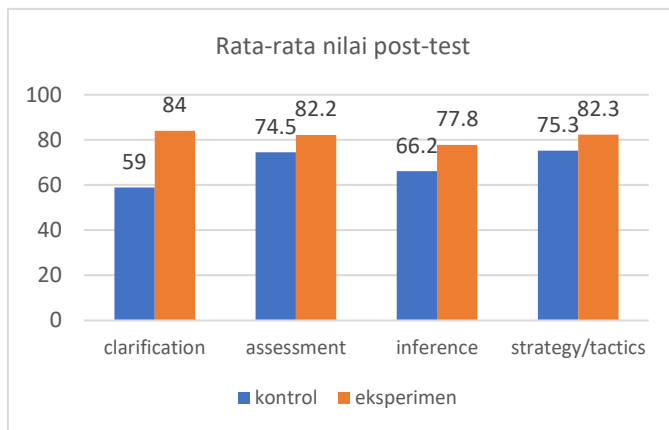
Sintaks kelima yaitu menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah, guru memberikan penguatan dan mengevaluasi jawaban LKPD yang telah dikerjakan peserta didik. Pada tahap ini, peserta didik dibimbing untuk menyimpulkan pemahaman yang telah diperoleh selama proses pembelajaran berlangsung. meskipun demikian, karena pembelajaran di kelas kontrol lebih terfokus pada diskusi teoritis dan tidak melibatkan peserta didik secara langsung dalam kegiatan praktik atau eksperimen nyata. Peserta didik cenderung kurang terhubung secara emosional maupun kognitif dengan permasalahan yang dihadapi. Keterlibatan yang rendah ini dapat mempengaruhi pemahaman peserta

didik karena proses pemecahan masalah dalam konteks yang nyata tidak dialami peserta didik secara langsung sehingga pembelajaran cenderung bersifat abstrak dan kurang kontekstual. Hal tersebut mengakibatkan pemahaman konsep yang diperoleh peserta didik kelas kontrol tidak sekuat pemahaman yang diperoleh melalui pembelajaran berbasis proyek atau pengalaman langsung.

Pada pertemuan terakhir, peserta didik diarahkan untuk mengisi soal *post-test* pada kedua kelas berupa soal *essay*. Soal *post-test* tersebut dikerjakan peserta didik selama 60 menit di dalam kelas. Soal *post-test* yang diberikan sama dengan soal yang diberikan kepada peserta didik pada saat *pre-test*. Data dari nilai *post-test* dianalisis untuk menilai keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah diberikan perlakuan dalam pembelajaran kimia hijau. Berdasarkan hasil nilai uji normalitas dan homogenitas pada Tabel 4.8 dan 4.9 sebelumnya data nilai *post-test* tersebut telah terdistribusi secara normal dan homogen. Berdasarkan hasil nilai rata-rata *post-test* kelas kontrol dan eksperimen sebesar 54,51 dan 69,94 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari hasil *post-test* pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Kriteria keterampilan berpikir kritis berdasarkan model PjBL melalui pembuatan bioplastik pada materi kimia

hijau dijabarkan melalui indikator berpikir kritis Perkins dan Murphy (2006). Kriteria tersebut dituangkan dalam bentuk rata-rata nilai *post-test* peserta didik sesuai kategori masing-masing indikator yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3. Grafik rata-rata *post-test*

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dari hasil nilai *post-test* pada setiap indikator keterampilan berpikir kritis. Hasil yang paling tinggi terlihat pada indikator *clarification*, dimana kelas eksperimen memperoleh nilai rata-rata sebesar 84 jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol dengan nilai 59. Peningkatan pada tahap klarifikasi juga terlihat dari kemampuan awal peserta didik (*pre-test*) dan setelah diberi perlakuan (*post-test*) dengan peningkatan yang signifikan pada kelas eksperimen sebesar 44,4 sementara kelas kontrol sebesar 23. Hal tersebut

menunjukkan bahwa kelas yang diberikan perlakuan model PjBL kemampuan klarifikasinya meningkat karena peserta didik diajak untuk mengidentifikasi hal yang mendasari suatu permasalahan melalui proses eksplorasi yang mendalam. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa peserta didik yang mengikuti pembelajaran menggunakan model PjBL menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menjelaskan dan memperjelas konsep atau informasi yang peserta didik peroleh selama proses pembelajaran terutama dalam konteks pembuatan bioplastik pada materi kimia hijau. Keterlibatan aktif dalam proyek memungkinkan peserta didik untuk lebih kritis dalam memahami dan mengkomunikasikan informasi yang ditemukan.

Pada indikator *assessment* terlihat pula keunggulan hasil kelas eksperimen dengan nilai rata-rata sebesar 82,2 dibandingkan kelas kontrol yang memperoleh nilai 74,5. Perbandingan peningkatan hasil rata-rata nilai pre-test dan post-test juga terlihat pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. pada indikator *assessment* kelas kontrol mendapatkan peningkatan sebesar 32,8 sementara pada kelas eksperimen sebesar 39,5. Hal ini menjelaskan bahwa peserta didik yang belajar menggunakan model PjBL mampu menilai dan mengevaluasi informasi atau data yang ditemukan selama proyek berlangsung. Melalui pelaksanaan proyek, peserta didik

kelas eksperimen lebih terlatih dalam mengevaluasi kebenaran dari informasi dan relevansi data dengan tujuan pembelajaran sehingga keterampilan berpikir kritis dapat terlatih.

Perbedaan signifikan juga terlihat pada indikator *inference* dimana kelas eksperimen mendapatkan nilai rata-rata sebesar 77,8 sementara kelas kontrol hanya mencapai 66,2. Perbandingan peningkatan hasil rata-rata nilai *pre-test* dan *post-test* juga terlihat pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. pada indikator *inference* kelas kontrol mendapatkan peningkatan sebesar 22 sementara pada kelas eksperimen sebesar 33,8. Peserta didik pada kelas eksperimen tampak lebih terampil dalam menarik kesimpulan berdasarkan bukti yang ada. Pendekatan PjBL mendorong peserta didik untuk memformulasikan hipotesis, menganalisis data, dan membuat inferensi berdasarkan hasil yang diperoleh.

Pada indikator *strategy/tactic* kelas eksperimen juga mengungguli kelas kontrol dengan nilai rata-rata 82,3 dibandingkan dengan 75,3. Perbandingan peningkatan hasil rata-rata nilai *pre-test* dan *post-test* juga terlihat pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. Pada indikator *inference* kelas kontrol mendapatkan peningkatan sebesar 31 sementara pada kelas eksperimen sebesar 37,7. Hal tersebut menunjukkan bahwa peserta didik kelas eksperimen lebih terampil dalam merancang strategi dan taktik untuk menyelesaikan proyek

termasuk menggabungkan teori dan praktik terkait penerapan prinsip kimia hijau dalam pembuatan bioplastik. Proses pembelajaran PjBL mendorong peserta didik untuk berpikir strategis dalam menyelesaikan masalah yang kompleks sehingga peserta didik dapat menerapkan pengetahuan secara efektif dalam konteks nyata.

Berdasarkan hasil nilai rata-rata pada setiap indikator berpikir kritis menunjukkan bahwa PjBL memberikan kontribusi positif terhadap keterampilan berpikir kritis berdasarkan informasi yang didapat selama proses pelaksanaan proyek bioplastik. Pembelajaran PjBL didalamnya melibatkan peserta didik secara aktif mengeksplorasi masalah nyata yang mendorong peserta didik lebih kritis dalam berpikir. Hasil yang lebih rendah pada kelas kontrol dapat terjadi karena metode pembelajaran yang diterapkan kurang melibatkan peserta didik secara aktif dalam eksplorasi nyata. Peserta didik cenderung hanya mengikuti instruksi guru dan bekerja secara pasif sehingga keterampilan berpikir kritis kurang mendapatkan kesempatan secara optimal. Peserta didik di kelas kontrol memiliki terpapar pada tantangan berpikir kritis yang membutuhkan pengolahan informasi, evaluasi bukti, serta penerapan strategi yang lebih mendalam dan kompleks sehingga berpotensi menghambat perkembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik sehingga berdampak

pada pencapaian keterampilan berpikir kritis yang lebih rendah dibandingkan kelas eksperimen. berdasarkan analisis mengenai indikator berpikir kritis perkins dan murphy pada tahapan *strategy/tactics* tidak dapat diukur oleh instrumen soal essay sehingga memerlukan instrumen lain yang dapat membantu mengukur keterampilan berpikir kritis siswa karena pada tahapan *strategy/tactic* memerlukan pengamatan langsung tentang bagaimana siswa menerapkan strategi pemecahan masalah dalam situasi nyata. Dalam penelitian terlihat siswa dapat menerapkan keterampilan berpikir kritis pada tahap *strategy/tactic* terlihat dari pembuatan project bioplastik yang telah mereka buat.

Berdasarkan analisis keterampilan berpikir kritis peserta didik pada data nilai *post-test* pada kelas eksperimen dan kontrol terjadi peningkatan rata-rata nilai dari kedua kelas, namun kelas eksperimen mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Dilihat dari perbedaan rata-rata antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol mencapai 15,42. Hal ini menunjukkan peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik terbentuk. Hasil analisis uji *T-test* menjadi bukti juga karena hasil yang didapat sebesar 0,004 dan hasil uji *effect size* sebesar 0,732 yang menandakan adanya pengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis dengan kriteria sedang. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa

pembelajaran menggunakan model PjBL melalui pembuatan bioplastik efektif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan penelitian yang dilakukan oleh Rusminiati, Karyasa & Suardana (2015); Zahroh (2020); Suci, Siburian & Yelianti (2022) yang menyatakan bahwa model pembelajaran PjBL berpengaruh terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik secara positif. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan PjBL secara konsisten mampu merangsang peserta didik untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran. Selain itu, Penerapan PjBL tidak hanya mendorong peserta didik untuk berpikir secara analitis namun juga melibatkan peserta didik dalam pemecahan masalah secara kolaboratif yang berdampak pada peningkatan keterampilan berpikir kritis. Temuan ini memperkuat argumen bahwa PjBL merupakan model yang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

D. Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini tidak terlepas dari keterbatasan yang terjadi dan peneliti sadari bahwa adanya kekurangan yang dapat terjadi. Kekurangan dan keterbatasan dalam penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Keterbatasan waktu.

Model pembelajaran PjBL menekankan pada pelaksanaan proyek yang di dalamnya terdapat persiapan alat dan bahan, proses pelaksanaan proyek, dan menunggu hasil akibatnya membutuhkan waktu yang lebih panjang sehingga waktu disesuaikan dengan kebutuhan peneliti dengan persiapan alat dan bahan dilaksanakan di rumah sehari sebelum pelaksanaan proyek. .

2. Keterbatasan alat laboratorium

Pelaksanaan proyek dalam pembelajaran ini membutuhkan alat-alat laboratorium untuk menunjang proses pengerjaan proyek. Namun, terbatasnya alat laboratorium di sekolah menyebabkan dapat terganggunya pelaksanaan proyek sehingga peneliti menerapkan pelaksanaan proyek dengan meminjam alat untuk mendukung adanya pembelajaran tersebut.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan model *Project Based Learning* (PjBL) dapat mempengaruhi keterampilan berpikir kritis peserta didik. Efektivitas tersebut terlihat dari perolehan hasil analisis data *pre-test* dan *post-test* peserta didik yang menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara kelas kontrol dan eksperimen berdasarkan dari hasil uji statistik. Hasil uji hipotesis menunjukkan nilai sig (*2-tailed*) yaitu 0,004 ($\text{sig} < 0,05$) dengan taraf signifikansi 5% sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima yang dapat diartikan bahwa model pembelajaran PjBL efektif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi kimia hijau. Adapun besarnya pengaruh dari penerapan model pembelajaran PjBL melalui pembuatan bioplastik diukur menggunakan uji *effect size* yang didapati nilainya sebesar 0,732 berkategori sedang.

B. Implikasi

Penelitian mengenai penerapan model PjBL melalui proyek pembuatan bioplastik dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik X MAS YPKM Raden Fatah Jungpasir pada materi kimia hijau menunjukkan hasil yang memuaskan. Hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis tetapi juga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran peserta didik terhadap pentingnya menjaga lingkungan. Melalui pembuatan bioplastik peserta didik diajak untuk memahami bahaya sampah plastik dan belajar bagaimana membuat produk yang lebih bermanfaat sehingga peserta didik bisa lebih bijak dalam penggunaan plastik. Dengan demikian, selain meningkatkan keterampilan berpikir kritis, proyek tersebut juga mendorong tumbuhnya kesadaran peserta didik dalam menjaga kelestarian lingkungan.

C. Saran

Diharapkan bagi peneliti selanjutnya dapat melanjutkan penelitian terkait model PjBL dengan mengaitkan materi kimia lainnya serta menggunakan tambahan instrumen lain untuk memperkaya dan memastikan penilaian yang lebih komprehensif seperti menggunakan instrumen observasi atau penilaian proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Ain, S.Q., Putra, E.D. & Mulyani, E.A. (2021) Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Mata Kuliah Media Pembelajaran Dalam Perancangan Media Belajar Di Sekolah Dasar, *Primary: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 10, pp. 43–50. Available at: <https://primary.ejournal.unri.ac.id/index.php/JPFKIP>.
- Aini, M., Ridianingsih, D.S. & Yunitasari, I. (2022) Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning (Pjbl) Berbasis Stemterhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik, *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 1(4), pp. 247–253. Available at: <https://doi.org/10.33578/kpd.v1i4.118>.
- Ananda, L.R., Rahmawati, Y. & Khairi, F. (2023) Critical Thinking Skills of Chemistry Students By Integrating Design Thinking With STEAM-PjBL, *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), pp. 352–367.
- Anastas, P.T dan Warner, J.C. (1998) *Green Chemistry: theory and practice*. Edited by P. Oxford. UK.
- Anitha, R., Jayakumar, K., Samuel, G Vijay., Joice. M Esther., Sneha, M., & Seeli, D Sathya. (2024) Synthesis and Characterization of Starch-Based Bioplastics : A Promising Alternative for a Sustainable Future, *Engineering Proceedings*, pp. 1–5.
- Arikunto, S. (2019) *Prosedur penelitian : suatu pendekatan praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ariyati, E., Susilo, H., Suwono. H. & Rohman, F. (2021) Pemberdayaan Keterampilan Berpikir Kritis Melalui Pembelajaran Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL), *Scholaria: Jurnal pendidikan dan Kebudayaan*, 11(3), pp. 208–215.
- Astuti, S. (2024) Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kompetensi Mahapeserta didik PGSD Menggunakan F-Learn dengan fitur Assignment dan Forum, *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 14, pp. 144–154.
- Azwar, S. (2016) Reliabilitas Dan Validitas Item, *Buletin psikologi*, 3.
- Bashori, B., Yolanda, M. & Wulandari, S. (2020) Konsep Kepemimpinan Abad 21 Dalam Pengembangan Lembaga

- Pendidikan Tinggi Islam, *PRODU: Prokurasi Edukasi Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 1(2), pp. 110–125. Available at: <https://doi.org/10.15548/p-prokurasi.v1i2.1849>.
- Cohen, J. (1988) *Statistical Power Analysis For The Behavioral Sciences*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Conner, L. dan Kolajo, Y. (2020) The Chemistry of Critical Thinking: The Pursuit to do Both Better, *Innovations in Higher Education Teaching and Learning*, 27. Available at: <https://doi.org/10.1108/S2055-364120200000027009>.
- Dai, N.V., Trung, V.Q., Tiem, C.V., Hao, K.P. & Anh, D.T.V. (2021) Project-based teaching in organic chemistry through blended learning model to develop self-study capacity of high school students in Vietnam, *Education Sciences*, 11(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/educsci11070346>.
- Darmawati (2011) Aplikasi Metode Uji Liliefors Untuk Uji Normalitas Data Penelitian, *EUREKA: jurnal pendidikan matematika*, 04.
- Dewi, M.R. (2023) Advantages and disadvantages of project-based learning for strengthening the Profil Pelajar Pancasila Kurikulum Merdeka, *Inovasi Kurikulum*, 19(2), pp. 213–226.
- Egok, A.S. (2016) Kemampuan Berpikir Kritis dan Kemandirian Belajar dengan Hasil Belajar Matematika, *Jurnal Pendidikan Dasar*, 7(2), pp. 185–198.
- Facione, P.A. (1990) Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction, *The California Academic Press*, 423(c), pp. 1–340. Available at: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804632>.
- Fajari, A.F.N., Kusmayadi, T.A. & Iswahyudi, G. (2015) Profil Proses Berpikir Kritis Peserta didik Dalam Pemecahan Masalah Matematika Konstektual Ditinjau Dari Gaya Kognitif Field Dependent Dan Gender, *Jurnal Pembelajaran Matematika*, 1(6), pp. 639–648.
- Fitriyah, K. (2020) Profil Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik pada Mata Pelajaran Ekonomi Melalui Pembelajaran

- Berbasis Riset, *Heritage : jurnal of social studies*, 1(1), pp. 111–124. Available at: <https://doi.org/10.35719/hrtg.v1i1.6>.
- Hapsari, Y.H.P., Hadiyanti, A.H.D. & Zaini, E. (2022) Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Hasil belajar Menggunakan Model Discovery Learning Kelas IV SD Negeri Wirosaban, *JANACITTA : Journal of Primary and Children's Education*, 5(024), pp. 38–47.
- Harling, V.N. Van & Martono, S.M. (2023) Implementation of Project Based Learning (PjBL) Models to Improve Students Critical Thingking Ability in Corrosion Materials, *SOSCIED*, 6(1).
- Hidayah, R., Salimi, M. & Susiani, T.S. (2017) Critical Thinking Skill: Konsep Dan Indikator penilaian, *Jurnal Taman Cendekia*, 01(02).
- Hikmah, N., Budiasih, E. & Santoso, A. (2016) Pengaruh Strategi Project Based Learning (PjBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis, *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, (2004), pp. 2248–2253.
- Irfana, S., Attalina, S.N.C. & Widiyono, A. (2022) Efektifitas Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Dalam Meningkatkan Minat Dan Hasil Belajar Peserta didik Di Sekolah Dasar, *Journal of Professional Elementary Education (JPEE)*, 1(1), pp. 73–80. Available at: <https://doi.org/10.46306/jpee.v1i1.8>.
- Jusita, M.L. (2019) Implementasi Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning) Untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Peserta didik, *Jurnal Teori dan Praksis Pembelajaran IPS*, 4(2), pp. 90–95. Available at: <https://doi.org/10.17977/um022v4i22019p090>.
- Kamsiati, E., Herawati, H. & Purwani, E.Y. (2017) Potensial Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu Di Indonesia, *Jurnal Litbang Pertanian*, 36. Available at: <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>.
- Karuniastuti, N. (2016) Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan dan

- Lingkungan, *jurnal forum teknologi*, 03(1).
- Khotimah, K., Nyeneng, I.D.P. & Sesunan, F. (2017) Pengaruh Kemampuan Berpikir Kritis Dan Respon Bahan Ajar Multirepresentasi Terhadap Hasil Belajar, *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(1), pp. 9–15.
- Kreuder, A.D., House-Knight, T., Whitford, J. Ponnusamy, E., Miller, P., Jesse, N., Rodenborn, R., Sayag, S., Gebel, M., Aped, I., Sharfstein, I., Manaster, E., Ergaz, I., Harris, A. & Grice, L.N. (2017) A Method for Assessing Greener Alternatives between Chemical Products Following the 12 Principles of Green Chemistry, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5. Available at: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b02399>.
- Legendaria, R.S. dan Suprihatiningrum, J. (2023) Model Pembelajaran Problem Based Learning (Pbl) Materi Asam Basa Untuk Meningkatkan Critical Thinking Dan Green Chemistry Skills: a Scoping Review, *Unesa Journal of Chemical Education*, 12(3), p. 227.
- Lestari, K.E. dan Yudhanegara, M.R. (2018) *Penelitian Pendidikan Matematika*. Bandung: Refika Aditama
- Lombardi, D., Shipley, T.F. & Team (2021) The Curious Construct of Active Learning, *Association For Psychological Science*, 22. Available at: <https://doi.org/10.1177/1529100620973974>.
- Maneking, E., Sangian, H.F. & Tongkukut, S.H.J. (2020) Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol, *Jurnal MIPA* 9, 9(1), pp. 23–27.
- Mansyur, M.Z., Rahmadani, E., Siallagan, T., Astuti, R.N., Purba, S., Kurniullah, A.Z., Ritnawati, Subakti, H., Nuryanti, A., Pramana, C., Simarmata, J., Khalik, M.F. & Amelia, U. (2024) *Belajar dan Pembelajaran di Abad 21*. Jakarta: Yayasan Kita Menulis.
- Mardhiyah, R.H., Aldriani, S.N.F., Chitta, F. & Zulfikar, M.R. (2021) Pentingnya Keterampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia, *Lectura: Jurnal Pendidikan*, 12(1), pp. 29–40.

- Mitarlis, M., Azizah, U. & Yonata, B. (2018) Learning Design to Integrate Scientific Character Values with Green Chemistry Insight in Basic Chemistry Course, *Atalantis press: Advances in Social Science, Education and Humanities Research* 173(Icei 2017), pp. 222–225. Available at: <https://doi.org/10.2991/icei-17.2018.58>.
- Mokambu, F. (2021) 'Pengaruh model project based learning terhadap kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada pembelajaran ipa di kelas V SDN 4 Talaga Jaya', *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Dasar "Merdeka Belajar dalam Menyambut Era Masyarakat 5.0"*, (November), pp. 56–62.
- Morina, S., Sulhatun, Meriatna, Muarif, A. & Zulnazri (2023) Sintesis Bioplastik Dari biji Durian (Durio Zibethinus Murr) Dengan Penambahan Plastisizer Gliserol, *Chemical Engineering Journal Storage*, 6(Desember), pp. 820–828
- Murawski, L.M. (2022) Critical Thinking in the Classroom...and Beyond, *journal of learning on higher education*, 21, pp. 1–21.
- Nafiah, Y.N. dan Suyanto, W. (2014) Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Peserta didik, *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 4(1), pp. 45–53. Available at: <https://doi.org/10.33369/diklabio.1.1.45-53>.
- Nurdiyantoro, B., Marzuki & Gunawan (2015) *Statistika Terapan untuk Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- NYC Departement of Education (2009) *Project Based Learning: Inspiring Middle School Student to Engage in Deep and Active Learning*. New York: Division of Teaching and Learning Office.
- Oktavianto, D.A. (2017) Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek Berbantuan Google Earth Terhadap Keterampilan Berpikir Spasial, *Jurnal Teknodik*, (1), p. 059. Available at: <https://doi.org/10.32550/teknodik.v21i1.227>.
- Paul, R. dan Elder, L. (2008) *The Miniature Guide To Critical*

Thinking Concepts and tools. united kingdom: Rowman & Littlefield.

- Perkins, C. dan Murphy, E. (2006) Identifying and Measuring Individual Engagement in Critical Thinking in Online Discussions: An Exploratory Case Study', *Educational Technology and Society*, 9(1), pp. 298–307.
- Prasetyo, F. (2019) Pentingnya Model Project Based Learning Terhadap Pemahaman Konsep di IPS, *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1, pp. 818–822. Available at: <http://prosiding.unma.ac.id/index.php/semnasfkip/article/download/117/114>.
- Prayunisa, F. (2022) 'Analisa Kesulitan Peserta didik Kelas XI dalam Pembelajaran Kimia di SMAN 1 Masbagik', *Journal of Classroom Action Research*, 4(3), pp. 1–5.
- Priliyanti, A., Muderawan, I.W. & Maryam, S. (2021) Analisis Kesulitan Belajar Peserta didik Dalam Mempelajari Kimia Kelas XI, *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 5(1), p. 11. Available at: <https://doi.org/10.23887/jjpk.v5i1.32402>.
- Priyadi, R., Mustajab, A., Tatsar, M.Z. & Kusairi, S. (2021) Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik SMA Kelas X MIPA dalam Pembelajaran Fisika, *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online (JPFT)*, 6(1), pp. 909–922. Available at: <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i2.574>.
- Purnomo, H. dan Ilyas, Y. (2019) *Tutorial Pembelajaran Berbasis Proyek*. Yogyakarta: K-media.
- Pusparini, S.T., Feronika, T. & Bahriah, E.S. (2018) Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik pada Materi Sistem Koloid, *JRPK: Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 8(1), pp. 35–42. Available at: <https://doi.org/10.21009/jrpk.081.04>.
- Putri, A.C. (2019) Pengaplikasian Prinsip-Prinsip Green Chemistry dalam Pelaksanaan Pembelajaran Kimia sebagai Pendekatan untuk Pencegahan Pencemaran Akibat Bahan-Bahan Kimia dalam Kegiatan Praktikum di Laboratorium, *Journal of Creativity Student*, 2(2), pp. 67–73.

- Rafika, Dewi, R., Zulnazri, ZA, N. & Ulfa, R. (2023) Sintesis Plastik Biodegradable Dari Pati Jalar Dengan Variasi Penambahan Plasticier Gliserol, *Chemical Engineering Journal Storage*, 1(April), pp. 42–51.
- Rahardhian, A. (2022) Kajian Kemampuan Berpikir Kritis (Critical Thinking Skill) dari Sudut Pandang Filsafat, *Jurnal Filsafat Indonesia*, 5(2), pp. 87–94.
- Rahayuni, G. (2016) Hubungan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains pada pembelajaran ipa terpadu dengan model pbm dan stm, *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 2(2), pp. 131–146.
- Ratnawati, E. dan Praptomo, S. (2023) Penerapan Pembelajaran Kimia Hijau Melalui Project Based Learning (PjBL) Pada Mata Pelajaran Kimia SMA, *UNESA Journal of Chemical Education*, 12(2), pp. 141–147.
- Rineksiane, N.P. (2022) Penerapan Metode Pembelajaran Project Based Learning untuk Membantu Peserta didik dalam Berpikir Kritis, *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 7(1), pp. 82–91.
- Rosenboom, J.-G., Langer, R. & Traverso, G. (2022) Bioplastics For a Circular Economy, *Nature Reviews: Materials*, 7. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41578-021-00407-8>.
- Rosnaeni (2021) Karakteristik dan Asesmen Pembelajaran Abad 21, *Jurnal Basicedu*, 5(5), pp. 4334–4339.
- Rudy, A.G., Montilla-buitrago, Camilo E., Villada-castillo, H S., Sáenz-Galindo, Aidé., Avalos-Belmontes., & Serna-Cock, Liliana. (2023) Co-Plasticization of Starch with Glycerol and Isosorbide: Effect on Retrogradation in Thermo-Plastic Cassava Starch Films, *polymers* [Preprint].
- Rusminiati, N.N., Karyasa, I.W. & Suardana, I.N. (2015) Komparasi Peningkatan Pemahaman Konsep Kimia dan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik Antara yang Dibelajarkan Dengan Model Pembelajaran Project Based Learning dan Discovery Learning, *Jurnal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha* 5, pp. 1–11.
- Saputro, A.N.C. dan Ovita, A.L. (2017) Sintesis dan Karakterisasi

- Bioplastik Dari Kitosan-pati Ganyong (*Canna edulis*), *JKPK: Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), pp. 13–21.
- Sari, R.T. dan Angreni, S. (2018) Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Upaya Peningkatan Kreativitas Mahapeserta didik, *varia pendidikan*, 30. Available at: <https://journals.ums.ac.id/index.php/varidika/article/download/6548/3996>.
- Shihab, M.Q. (2005) *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Quran*. Lentera Ha. jakarta.
- Siregar, S. (2015) *Statistika Parametrik Untuk Penelitian Kuantitatif Dilengkapi Dengan Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17*. Jakarta: Bumi Aksara
- Southworth, J. (2022) Bridging Critical Thinking And Transformative Learning: The Role Of Perspective-Taking, *Theory and Research in Education*, 20. Available at: <https://doi.org/10.1177/14778785221090853>.
- Suci, S., Siburian, J. & Yelianti, U. (2022) Implementasi Model Project Based Learning Berbasis Flipped Classroom dan Pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis, *Edusains: Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika* [Preprint].
- Sugiyono (2017) *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Sugiyono (2013) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: CV Alfabeta.
- Surendren, A., Mohanty, Amar K., Liu, Qiang., & Misra, Manjusri. (2022) A review of biodegradable thermoplastic starches, their blends and composites: recent developments and opportunities for single-use plastic packaging alternatives, *The Royal Society of Chemistry*, pp. 8606–8636. Available at: <https://doi.org/10.1039/d2gc02169b>.
- Susanto, H., Rinaldi, A. & Novalia (2015) Analisis Validitas Reabilitas Tingkat Kesukaran dan Daya Beda pada Butir Soal Ujian Akhir Semester Ganjil Mata Pelajaran Matematika, *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*,

37(3), p. 343.

- Susilawati, E., Agustinasari, Samsudin, A. & Siahaan, P. (2020) Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik SMA, *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 6(1), pp. 11–16. Available at: <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1453>.
- Syahbanu, F., Napitupulu, Florensia Irena., Septiana, Siska., & Aliyah, Nisrina Fauziyah. (2023) Struktur pati beras (*Oryza sativa* L.) dan mekanisme perubahannya pada fenomena gelatinisasi dan retrogradasi, *Agrointek*, 17(4), pp. 755–767. Available at: <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i4.15315>.
- Thomas, J.W. (2000) *A Review of Research on Project-Based Learning*. California: The Autodesk Foundation.
- Triwulandari, S. dan Supardi (2022) Analisis Inteligensi Dan Berpikir Kritis, *UTILE: Jurnal Kependidikan*, 8(1), pp. 50–61. Available at: <https://doi.org/10.37150/jut.v8i1.1618>.
- Turgut, H. (2008) Prospective Science Teachers' Conceptualizations About Project Based Learning, *International Journal of Instruction*, 1.
- Usmadi, U. (2020) Pengujian Persyaratan Analisis (Uji Homogenitas Dan Uji Normalitas), *Inovasi Pendidikan*, 7(1), pp. 50–62. Available at: <https://doi.org/10.31869/ip.v7i1.2281>.
- Utami, R.P. (2022) Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) Dalam Meningkatkan Keaktifan Peserta didik, *Jurnal Bimbingan dan Konseling Pandohop*, 2, pp. 9–15.
- Watoni, A.H. (2023) *IPA-KIMIA untuk peserta didik SMA-MA*. bandung: Rama widya.
- Widoyo, H., Rofi, Agus., Jahrir, Andi Sahtiani., Purhanudin, M S Viktor., & Wilson, J. (2023) Penerapan Model Pembelajaran Aktif Inovatif Kreatif Dan Menyenangkan Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta didik, *Journal on Education*, 06(01), pp. 1687–1699.
- Zahroh, F. (2020) Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik Pada Materi Elektrokimia, *Jurnal Phenomeno*, 10.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Modul Ajar PjBL

MODUL AJAR KIMIA HIJAU

A. Informasi Umum

1. Identitas Modul

Mata Pelajaran	Kimia
Nama Penyusun	Ahmad Husain
Instansi	MAS YPKM Raden Fatah
Tahun	2024/2025
Jenjang	SMA/MA
Fase	E
Alokasi Waktu	2 X 35 Menit (4 X Pertemuan)

2. Kompetensi awal

- Peserta didik dapat memahami peranan kimia dalam kehidupan sehari-hari.
- Peserta didik telah memahami hakikat ilmu kimia dan memahami konsep dasar unsur, molekul unsur, molekul senyawa, serta campuran.
- Peserta didik dapat memahami gejala-gejala kimia dalam kehidupan sehari-hari.

3. Profil Pelajar Pancasila

Beriman dan bertaqwa kepada tuhan yang maha esa, bernalar kritis, gotong royong, dan kreatif.

4. Sarana dan Prasarana

- Bahan ajar seperti modul, ppt dan LKPD
- Artikel
- Buku paket pegangan peserta didik

- d. HP dan akses internet
- e. Alat tulis
- f. Bahan bacaan
- g. Papan tulis dan spidol

5. Target Peserta didik

Peserta didik reguler: umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi.

6. Model Pembelajaran

Project based learning

7. Metode Pembelajaran

Presentasi, diskusi, praktik dan penugasan

B. Komponen Inti

1. Tujuan Pembelajaran

- a. Peserta didik dapat menelaah pengertian kimia hijau melalui diskusi dengan baik.
- b. Peserta didik dapat menganalisis prinsip kimia hijau melalui diskusi dengan baik.
- c. Peserta didik dapat menganalisis proses kimia yang tidak sesuai dengan kimia hijau melalui diskusi dengan baik.
- d. Peserta didik dapat menciptakan kegiatan yang dapat mendukung kimia hijau melalui diskusi dengan baik
- e. Peserta didik dapat menciptakan produk yang dapat mendukung kimia hijau melalui pengerjaan proyek.

2. Pemahaman Bermakna

- a. Prinsip kimia hijau sangat memberikan kontribusi terhadap pelestarian lingkungan. Prinsip kimia hijau menjadi panduan untuk menjaga agar makhluk hidup

dan alam tetap aman dan bebas dari paparan bahan kimia.

- b. Mengetahui proses kimia serta reaksi kimia dalam kehidupan sekitar dan membantu melestarikan lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan 2030.

3. Pertanyaan Pemantik

Makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia adalah nasi. Apakah kalian sering menyisakan nasi yang kalian makan? Tahukah kalian sebutir nasi yang kalian sisakan jika dikumpulkan maka akan menjadi banyak dan bahkan banyak dibutuhkan oleh orang-orang diluar sana yang membutuhkan. Hal tersebut dalam agama islam disebut mubadzir. Berlaku juga pada makanan yang lain. Daripada disisakan dan menjadi limbah, maka apa yang harus kita lakukan?

4. Persiapan pelajaran

- a. Membaca materi dari berbagai sumber yang relevan
- b. Menyiapkan perangkat pembelajaran
- c. Menyiapkan media pembelajaran
- d. Menyiapkan assesmen berupa soal diagnostic, formatif, soal remedial, dan soal pengayaan

5. Kegiatan pembelajaran

petemuan ke 1

a. Pendahuluan (5 menit)

- Guru memberikan salam dan berdoa bersama (*beriman dan bertakwa*)
- Guru mengabsen, mengondisikan kelas dan pembiasaan (*disiplin*).

- Apersepsi: Guru menggali pengetahuan peserta didik tentang kimia hijau
- Memotivasi: Guru memaparkan bahwa kimia tidak semenakutkan yang ada dibayangkan kita. kimia banyak dimanfaatkan di dalam kehidupan sehari-hari dan dapat berguna salah satunya dalam penerapan kimia hijau.
- Guru menyampaikan tujuan diadakannya *pretest*.

b. kegiatan inti (60 menit)

- Guru memberikan soal uraian untuk pretest.
- Peserta didik mengerjakan soal uraian dengan tertib.
- Peserta didik mengumpulkan jawaban atas soal uraian dari pretest yang telah dikerjakan.

c. penutup (5 menit)

- Resume: Guru menutup pertemuan dengan ucapan terima kasih.
- Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya: kimia hijau.

Pertemuan ke 2

Tahap/ sintaks	Langkah-langkah pembelajaran	Waktu
	Pendahuluan	5 menit
	1. Guru melakukan pembukaan dengan salam dan mengajak berdoa Bersama sebelum pelajaran dimulai (<i>beriman dan bertakwa</i>) 2. Guru menanyakan kabar dan kondisi Kesehatan kemudian mengkondisikan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik (<i>disiplin</i>).	

	3. Guru mengarahkan peserta didik untuk mempersiapkan alat pembelajaran (<i>mandiri</i>) 4. Guru menyampaikan kompetensi dan tujuan pembelajaran yang harus dicapai serta lingkup materi yang dipelajari. (<i>fokus dan konsentrasi</i>) 5. Guru memberi apersepsi untuk memotivasi dan memfokuskan perhatian peserta didik ke materi yang akan dipelajari.	
	Kegiatan inti	60 menit
Fase 1: menentukan pertanyaan mendasar	1. Guru membagi peserta didik menjadi beberapa dan setiap kelompok diberikan LKPD 2. Guru menyajikan PPT dan memberikan penjelasan mengenai kimia hijau, beserta 12 prinsip kimia hijau. 3. Guru menyajikan sebuah permasalahan berupa video tentang pulau plastik. Link video: https://youtu.be/UBw9T6lspVc?si=Q3ZK6VT37Pgmb00C 4. Peserta didik mengamati dan mengidentifikasi permasalahan dari video tentang pulau plastik tersebut. (bernalar kritis) (<i>tahap klarifikasi</i>) 5. peserta didik bersama kelompoknya menjawab pertanyaan mendasar terkait permasalahan yang telah diamati dalam LKPD (<i>tahap klarifikasi</i>)	

Fase 2: mendesain perencanaan proyek	1. peserta didik mengumpulkan informasi mengenai proyek sederhana yang berkaitan dengan kimia hijau yaitu pembuatan bioplastik (<i>tahap assesmen dan penyimpulan</i>) 2. peserta didik berdiskusi menyusun perencanaan proyek dan alat bahan yang dibutuhkan pada LKPD (<i>tahap strategi</i>)	
Fase 3: menyusun jadwal proyek	1. peserta didik berdiskusi menyusun jadwal pembuatan proyek 2. peserta didik mengatur pembagian tugas terkait pembuatan proyek yang sudah dipilih 3. guru mengarahkan semua peserta didik untuk ikut berpartisipasi dalam pembuatan proyek	
	Penutupan	5 menit
	1. Guru bersama peserta didik menyimpulkan terkait materi yang telah dipelajari dan didiskusikan 2. Peserta didik melakukan refleksi diri dari proses pembelajaran yang sudah dilakukan tentang kekurangan dan kelebihan pembelajaran. 3. Guru memberikan informasi terkait pelaksanaan proyek di pertemuan selanjutnya. 4. Guru mengakhiri pembelajaran dengan berdoa Bersama-sama dan salam penutup (<i>beriman dan bertakwa</i>).	

Pertemuan ke 3

Tahap/ sintaks	Langkah-langkah pembelajaran	waktu
	pendahuluan	5 menit
	1. Guru melakukan pembukaan dengan salam dan mengajak berdo'a Bersama sebelum pelajaran dimulai (<i>beriman dan bertakwa</i>) 2. Guru menanyakan kabar dan kondisi Kesehatan kemudian mengkondisikan peserta didik dengan mengecek kehadiran peserta didik (<i>disiplin</i>). 3. Guru mengarahkan peserta didik untuk mempersiapkan alat pembelajaran (<i>mandiri</i>) 4. Guru menyampaikan kompetensi dan tujuan pembelajaran yang harus dicapai serta lingkup materi yang dipelajari. (<i>fokus dan konsentrasi</i>) 5. Guru memberi apersepsi untuk memotivasi dan memfokuskan perhatian peserta didik ke materi yang akan dipelajari.	
	Kegiatan inti	60 menit
Fase 4: monitoring peserta didik dan	1. Peserta didik secara berkelompok melakukan elaborasi ide dan kerja sama	

kemajuan proyek	dalam mengerjakan proyek pembuatan bioplastik dalam implementasi kimia hijau terhadap lingkungan. 2. Guru memantai dan mengarahkan kegiatan pembuatan proyek dan memfasilitasi kebutuhan yang di perlukan dalam proyek. 3. Peserta didik diminta meninjau ulang proyek yang telah dibuat.	
Fase 5: penilaian	1. Peserta didik menuliskan hasil pelaksanaan proyeknya dalam LKPD 2. Peserta didik mempresentasikan hasil proyeknya	
	Penutup	5 menit
Fase 6: mengevaluasi pengalaman	1. Peserta didik bersama guru menyimpulkan kegiatan yang telah dilaksanakan 2. Peserta didik bersama guru melakukan evaluasi terkait kegiatan pembelajaran yang sudah berlangsung. terkait apa yang belum di pahami dan apa yang perlu di tingkatkan 3. Guru menyampaikan rencana kegiatan dipertemuan yang akan datang yaitu <i>posttest</i> tentang materi kimia hijau dan	

	meminta peserta didik untuk mempelajari soal yang telah dikerjakan saat <i>pretest</i>. 4. Guru menutup pelajaran dan meminta ketua kelas untuk memimpin doa penutup. Kemudian diakhiri dengan salam penutup.	
--	---	--

Pertemuan ke 4

a. pendahuluan (5 menit)

- Guru memberikan salam dan berdoa bersama (beriman dan bertakwa)
- Guru mengabsen, mengondisikan kelas dan pembiasaan (disiplin).
- Apersepsi: Guru menggali pengetahuan peserta didik tentang kimia hijau
- Memotivasi: Guru memaparkan bahwa kimia tidak semenakutkan yang ada dibayangkan kita. kimia banyak dimanfaatkan di dalam kehidupan sehari-hari dan dapat berguna salah satunya dalam penerapan kimia hijau.
- Guru menyampaikan tujuan diadakannya pretest.

b. Kegiatan inti (60 menit)

- Guru memberikan soal uraian untuk posttest.
- Peserta didik mengerjakan soal uraian dengan tertib.
- Peserta didik mengumpulkan jawaban atas soal uraian dari *posttest* yang telah dikerjakan.

c. Penutup (5 menit)

- Refleksi: Guru memberikan pencerahan kepada peserta didik tentang dampak positif dan berbagai pemanfaatan dari kimia hijau.
- Tindak lanjut: Peserta didik diharapkan dapat memiliki sikap yang komitmen untuk menjaga lingkungan sebagai bentuk sikap kritis terhadap pencemaran lingkungan.
- Guru menutup pertemuan dengan ucapan terima kasih.

6. Asesmen

Jenis	Bentuk
1. Asesmen diagnostik (sebelum pembelajaran)	Uraian (pre test)
2. Asesmen formatif (selama pembelajaran)	LKPD dan presentasi
3. Asesmen sumatif (akhir pembelajaran)	Uraian (post test)
4. Asesmen sikap (profil pelajar pancasila)	Observasi

7. Pengayaan dan remedial kegiatan pengayaan

- a. Mengorganisasikan peserta didik menjadi beberapa kelompok terdiri dari 2-3 peserta didik.
- b. Setiap kelompok melakukan penyelidikan terkait permasalahan limbah yang ada di sekitar tempat tinggal peserta didik.
- c. Membuat laporan terkait permasalahan lingkungan dan solusi apa yang dapat di lakukan sesuai dengan prinsip kimia hijau kemudian dipresentasikan di depan kelas.

- d. Setiap kelompok melakukan diskusi kelas dalam rangka mengevaluasi pemahaman terkait kimia hijau.

kegiatan remedial

- a. Mengorganisasikan peserta didik menjadi beberapa kelompok terdiri dari 3-4 peserta didik.
- b. Membimbing setiap kelompok untuk melakukan diskusi terkait kimia hijau.
- c. Setiap kelompok perwakilan saling menjelaskan hasil diskusinya terhadap kelompok lain (kegiatan tutor sebaya).
- d. Setiap anggota kelompok diperbolehkan untuk saling bertanya terkait apa yang belum dipahami.
- e. Setiap kelompok melaporkan hasil pemahamannya terkait hasil diskusi dan tutor sebaya dalam bentuk catatan tulisan.

8. Refleksi pembelajaran

Refleksi guru

- a. Sejauh mana saya telah memfasilitasi pembelajaran tentang kimia hijau secara efektif?
- b. Apa yang bisa saya lakukan untuk meningkatkan cara saya dalam memberikan pengajaran tentang topik ini?
- c. Sudahkah saya memberikan pengalaman belajar yang bermakna dan relevan bagi peserta didik saya?
- d. Apakah saya sudah memotivasi peserta didik untuk belajar dan mengembangkan minat peserta didik dalam kimia?
- e. Bagaimana cara saya mengatasi hambatan dalam pembelajaran tentang topik ini?
- f. Apa hal-hal yang perlu diperbaiki dalam melaksanakan aktivitas pembelajaran sehingga mampu mencapai tujuan pembelajaran?

Refleksi peserta didik

- a. Apa yang saya pelajari tentang kimia hijau dan bagaimana hal itu berhubungan dengan kehidupan sehari-hari saya?
- b. Bagaimana saya bisa menerapkan konsep ini dalam kehidupan nyata saya?
- c. Apa yang membuat saya kesulitan dalam memahami topik ini, dan apa yang bisa saya lakukan untuk mengatasi hambatan tersebut?
- d. Bagaimana cara saya bisa terus mempertahankan minat saya dalam belajar kimia?
- e. Apa yang saya pikir bisa diperbaiki dalam pengajaran tentang topik ini?

9. Glosarium

Kimia Hijau	: Cabang ilmu kimia yang mengajarkan desain produk dan proses kimia untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan dan pembentukan senyawa-senyawa berbahaya.
Pemanasan Global	: perubahan iklim mengacu pada perubahan suhu dan pola cuaca dalam jangka Panjang.
Gejala kimia	: Gejala yang menyertai terjadinya perubahan kimia, seperti perubahan warna, terjadinya endapan, terbentuk gas, dan perubahan suhu.

10. Daftar pustaka

- Chang, Raymond. 2003. *Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti*. Jakarta: Erlangga
- Rahayu, I. 2009. *Praktis Belajar Kimia, Untuk Kelas X Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah*. Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, p 210.
- Sudarmo, Unggul. 2013. *Kimia untuk SMA/MA Kelas X*. Surakarta: Erlangga

- Watoni, A. H., Hurniawati D., dan Juniasari M. 2016. *Kimia Untuk Peserta didik SMA/MA Kelas X Kelompok peminatan Matematika dan Ilmu Alam*. Bandung: CV Yrama
- Widya Watoni, A. Haris. 2013. *Kimia untuk SMA/MA Kelas X*. Bandung: CV Yrama

Lampiran 2. Kisi-kisi instrumen

Capaian pembelajaran	Indikator butir soal	Aspek berpikir kritis	Level kognitif	No soal	Soal	Jawaban	sk or
Memahami konsep kimia hijau dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.	Menilai hubungan antara bioplastik dengan prinsip kimia hijau dan menyimpulkan berdasarkan fakta	Inference	C4 (analisis)	1	 Ilustrasi timbunan sampah nasional Sumber: Republika.co.id Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), setiap harinya aktivitas manusia menghasilkan volume timbunan sampah sebanyak 71.688.84 ton, dengan volume sampah plastik menduduki peringkat kedua terbanyak setelah sampah sisa makanan. Buruknya lagi kini kita harus menghadapi tantangan baru dalam wujud turunan yaitu mikroplastik. Pemerintah telah memiliki target untuk mengurangi sampah plastik hingga 70 persen pada 2025. Timbunan	Peserta didik menyebutkan 3 atau lebih prinsip kimia hijau yang sesuai dengan pengembangan bioplastik sebagai solusi mengatasi sampah dengan tepat dan dengan penjelasan yang relevan Pembuatan bioplastik dikatakan mematuhi prinsip-prinsip kimia hijau karena: Menggunakan Bahan Baku Terbarukan (Prinsip 7): Bioplastik dibuat dari bahan baku alami yang terbarukan, seperti pati, selulosa, dan minyak nabati. Ini berbeda dengan plastik konvensional yang berasal dari minyak bumi, yang merupakan sumber daya tidak terbarukan. Desain untuk Degradasi (Prinsip 10): Salah satu prinsip utama kimia hijau adalah desain produk yang dapat terurai secara alami. Bioplastik dirancang untuk dapat terdegradasi dalam lingkungan, sehingga mengurangi akumulasi sampah plastik yang sulit terurai.	4

				sampah didominasi oleh sampah plastik yang sulit terdegradasi. Berdasarkan kemampuan degradasi suatu produk, bioplastik hadir sebagai alternatif solusi penggunaan plastik. (dilansir dari: Republika.co.id) Sebutkan dan jelaskan beberapa prinsip-prinsip kimia hijau yang sesuai dengan pengembangan bioplastik sebagai solusi mengatasi sampah?	c. Mencegah Limbah (Prinsip 1): Proses pembuatan bioplastik sering kali menghasilkan limbah yang lebih sedikit dibandingkan dengan plastik konvensional. Dengan menggunakan bahan alami, kita bisa memanfaatkan limbah pertanian dan industri sebagai bahan baku untuk bioplastik, sehingga mengurangi pemborosan d. Mengurangi Derivatisasi (Prinsip 8): Proses produksi dalam bioplastik dirancang untuk langsung menggunakan bahan baku terbarukan (seperti pati atau selulosa) tanpa memerlukan banyak modifikasi kimia. Dengan cara ini, prosesnya lebih sederhana, hemat energi, dan menghasilkan lebih sedikit limbah berbahaya. e. Efisiensi Energi (Prinsip 6): Pembuatan bioplastik dirancang untuk menggunakan energi seminimal mungkin. Dengan menggunakan proses yang lebih sederhana dan energi yang lebih rendah, bioplastik dapat diproduksi dengan jejak karbon yang lebih kecil, membantu mengatasi masalah perubahan iklim sekaligus mengurangi sampah. f. Desain untuk Efektivitas dan Keamanan (Prinsip 4): Prinsip ini
--	--	--	--	---	--

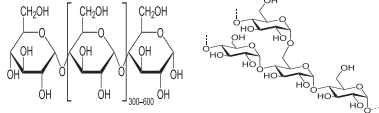
						menekankan bahwa produk kimia harus dirancang untuk aman digunakan dan tidak berbahaya bagi manusia maupun lingkungan. Bioplastik yang dikembangkan sesuai prinsip kimia hijau umumnya menggunakan bahan-bahan alami yang tidak beracun, baik dalam proses produksinya maupun dalam produk akhirnya.	
						Peserta didik menyebutkan 2 prinsip kimia hijau yang sesuai dengan pengembangan bioplastik sebagai solusi mengatasi sampah dengan tepat dan dengan penjelasan yang relevan	3
						Peserta didik menyebutkan 1 prinsip kimia hijau yang sesuai dengan pengembangan bioplastik sebagai solusi mengatasi sampah dengan tepat dan dengan penjelasan yang relevan	2
						Peserta didik menyebutkan prinsip kimia hijau yang sesuai dengan pengembangan bioplastik sebagai solusi mengatasi sampah dengan tepat tetapi tanpa disertai penjelasan yang relevan	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0

	Menyimpulkan mengapa bioplastik lebih ramah lingkungan berdasarkan data yang relevan	inference	C5 (Evaluasi)	2	 Ilustrasi sampah plastik konvensional Sumber: Jawapos.com Plastik konvensional sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia, namun di sisi lain juga membawa dampak negatif. Sampah plastik yang menumpuk di lingkungan tidak mudah terurai karena sifat dasar plastik konvensional yang berupa polimer sintetis. Struktur kimia plastik ini sulit dikenali oleh mikroorganisme yang tidak memiliki enzim khusus untuk memecah rantai polimer. Akibatnya, plastik konvensional membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai sepenuhnya, sehingga berpotensi dapat mencemari tanah, air, dan ekosistem dalam jangka panjang. Penggunaan bahan baku pembuatan plastik berpotensi terhadap	Peserta didik menyebutkan 3 alasan mengapa bioplastik lebih ramah lingkungan dibanding plastik konvensional sesuai prinsip kimia hijau secara rinci dengan penjelasan yang logis dan relevan A. Bioplastik lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional karena: 1. Bahan Baku Terbarukan: Bioplastik terbuat dari sumber daya terbarukan seperti pati tanaman dan minyak nabati, mengurangi ketergantungan pada bahan baku fosil. 2. Degradasi yang Lebih Cepat: Bioplastik dapat terurai lebih cepat oleh mikroorganisme, sedangkan plastik konvensional memerlukan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai. 3. Pengurangan Limbah: Beberapa bioplastik diproduksi dari limbah pertanian, membantu mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan.	4
--	--	-----------	--------------------------	---	--	--	---

					kemampuan plastik dapat terurai. Bioplastik menjadi salah satu alternatif mengurangi jumlah sampah plastik karena menggunakan bahan-bahan yang berbeda dengan plastik konvensional. A. Berdasarkan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik, sebutkan 3 hal yang menjelaskan mengapa bioplastik lebih ramah lingkungan dibanding plastik konvensional sesuai prinsip kimia hijau?	Peserta didik menyebutkan 2 alasan mengapa bioplastik lebih ramah lingkungan dibanding plastik konvensional sesuai prinsip kimia hijau secara rinci dengan penjelasan yang logis dan relevan	3			
						Peserta didik menyebutkan 1 alasan mengapa bioplastik lebih ramah lingkungan dibanding plastik konvensional sesuai prinsip kimia hijau secara rinci dengan penjelasan yang logis dan relevan	2			
						Peserta didik menyebutkan alasan mengapa bioplastik lebih ramah lingkungan dibanding plastik konvensional namun tanpa penjelasan yang logis dan relevan	1			
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0			
	Membandingkan berbagai perspektif terkait penggunaan bioplastik	Assesment			B. Jabarkanlah perbedaan antara plastik konvensional dan bioplastik berdasarkan tabel dibawah ini! <table><tr><td></td><td>bioplastik</td><td>Plastik konvensional</td></tr></table>		bioplastik	Plastik konvensional	Peserta didik menjabarkan secara lengkap perbedaan bioplastik dan plastik konvensional dengan penjelasan yang mendetail dan relevan.	4
	bioplastik	Plastik konvensional								

	dan plastik konvensional					<table><tr><td>Sumber Bahan Baku</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Kecepatan Degradasi</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Dampak terhadap Ekosistem</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Emisi Gas Rumah Kaca</td><td>.</td><td></td></tr><tr><td>Keamanan Lingkungan</td><td></td><td></td></tr></table>	Sumber Bahan Baku			Kecepatan Degradasi			Dampak terhadap Ekosistem			Emisi Gas Rumah Kaca	.		Keamanan Lingkungan			B. Perbedaan antara plastik konvensional dan bioplastik dalam hal dampaknya terhadap lingkungan terdapat pada tabel berikut ini: <table><tr><th></th><th>bioplastik</th><th>Plastik konvensional</th></tr><tr><td>Sumber Bahan Baku</td><td>Terbuat dari bahan baku terbarukan seperti pati dan minyak nabati, mengurangi dampak lingkungan dan ketergantungan pada bahan fosil</td><td>Terbuat dari bahan baku terbarukan seperti pati dan minyak nabati, mengurangi dampak lingkungan dan ketergantungan pada bahan fosil</td></tr><tr><td>Kecepatan Degradasi</td><td>Dirancang terurai dalam beberapa bulan hingga tahun oleh mikroorganisme tanpa meninggalkan residu berbahaya.</td><td>Memerlukan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai, mencemari tanah dan air.</td></tr><tr><td>Dampak terhadap Ekosistem</td><td>Dampaknya lebih kecil terhadap ekosistem, tetapi perlu pengelolaan yang baik</td><td>Menyebabkan pencemaran serius, membahayakan satwa liar, dan</td></tr></table>		bioplastik	Plastik konvensional	Sumber Bahan Baku	Terbuat dari bahan baku terbarukan seperti pati dan minyak nabati, mengurangi dampak lingkungan dan ketergantungan pada bahan fosil	Terbuat dari bahan baku terbarukan seperti pati dan minyak nabati, mengurangi dampak lingkungan dan ketergantungan pada bahan fosil	Kecepatan Degradasi	Dirancang terurai dalam beberapa bulan hingga tahun oleh mikroorganisme tanpa meninggalkan residu berbahaya.	Memerlukan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai, mencemari tanah dan air.	Dampak terhadap Ekosistem	Dampaknya lebih kecil terhadap ekosistem, tetapi perlu pengelolaan yang baik	Menyebabkan pencemaran serius, membahayakan satwa liar, dan
Sumber Bahan Baku																																		
Kecepatan Degradasi																																		
Dampak terhadap Ekosistem																																		
Emisi Gas Rumah Kaca	.																																	
Keamanan Lingkungan																																		
	bioplastik	Plastik konvensional																																
Sumber Bahan Baku	Terbuat dari bahan baku terbarukan seperti pati dan minyak nabati, mengurangi dampak lingkungan dan ketergantungan pada bahan fosil	Terbuat dari bahan baku terbarukan seperti pati dan minyak nabati, mengurangi dampak lingkungan dan ketergantungan pada bahan fosil																																
Kecepatan Degradasi	Dirancang terurai dalam beberapa bulan hingga tahun oleh mikroorganisme tanpa meninggalkan residu berbahaya.	Memerlukan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai, mencemari tanah dan air.																																
Dampak terhadap Ekosistem	Dampaknya lebih kecil terhadap ekosistem, tetapi perlu pengelolaan yang baik	Menyebabkan pencemaran serius, membahayakan satwa liar, dan																																

							untuk menghindari masalah limbah. menciptakan partikel mikroplastik yang dapat masuk ke rantai makanan.	
						Emisi Gas Rumah Kaca	Proses produksi menghasilkan emisi lebih rendah, terutama jika dari pertanian berkelanjutan. Produksi menghasilkan emisi gas rumah kaca signifikan, berkontribusi pada perubahan iklim.	
						Keamanan Lingkungan	Umumnya lebih aman dan bebas dari bahan kimia berbahaya, meskipun bervariasi tergantung jenisnya. Sering mengandung bahan kimia berbahaya seperti BPA dan ftalat, membahayakan kesehatan manusia.	
						Peserta didik menjabarkan 3 perbedaan bioplastik dan plastik konvensional dengan penjelasan yang mendetail dan relevan.		3
						Peserta didik menjabarkan 1 perbedaan bioplastik dan plastik konvensional dengan penjelasan yang mendetail dan		2

							relevan.			
							Peserta didik menyebutkan perbedaan antara bioplastik dan plastik konvensional, namun penjelasannya kurang relevan atau	1		
							Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0		
	Menyimpulkan dampak sosial dan ekonomi dari penggunaan tepung maizena sebagai bahan bioplastik	Clarification	C4 (Analisis)	3	Bioplastik dari bahan pati, seperti tepung maizena, telah menjadi pilihan yang menarik dalam upaya mengurangi penggunaan plastik konvensional. Pati adalah polisakarida yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah rantai panjang dari unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α-1,4-glikosidik, sedangkan amilopektin memiliki struktur bercabang dengan ikatan α-1,4 dan α-1,6-glikosidik. 	<table><tr><th>Dampak positif</th><th>Dampak negatif</th></tr><tr><td> Sumber Daya Terbarukan: Tepung maizena berasal dari jagung, yang merupakan tanaman yang dapat diperbaharui. Penggunaan bahan baku ini dapat mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis minyak bumi yang tidak terbarukan. Biodegradabilitas: </td><td> Persaingan dengan Pangan: Penggunaan jagung untuk produksi bioplastik bisa mengakibatkan persaingan antara penggunaan lahan untuk produksi makanan dan bahan baku bioplastik, yang dapat berkontribusi pada masalah ketahanan pangan. </td></tr></table>	Dampak positif	Dampak negatif	Sumber Daya Terbarukan: Tepung maizena berasal dari jagung, yang merupakan tanaman yang dapat diperbaharui. Penggunaan bahan baku ini dapat mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis minyak bumi yang tidak terbarukan. Biodegradabilitas:	Persaingan dengan Pangan: Penggunaan jagung untuk produksi bioplastik bisa mengakibatkan persaingan antara penggunaan lahan untuk produksi makanan dan bahan baku bioplastik, yang dapat berkontribusi pada masalah ketahanan pangan.
Dampak positif	Dampak negatif									
Sumber Daya Terbarukan: Tepung maizena berasal dari jagung, yang merupakan tanaman yang dapat diperbaharui. Penggunaan bahan baku ini dapat mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis minyak bumi yang tidak terbarukan. Biodegradabilitas:	Persaingan dengan Pangan: Penggunaan jagung untuk produksi bioplastik bisa mengakibatkan persaingan antara penggunaan lahan untuk produksi makanan dan bahan baku bioplastik, yang dapat berkontribusi pada masalah ketahanan pangan.									

				Struktur kimia amilosa dan amilopektin Struktur kimia ini memberikan kemampuan kepada pati untuk diolah menjadi bahan bioplastik yang ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami dalam proses pembuatan bioplastik. Namun, penggunaan tepung maizena sebagai bahan baku bioplastik juga menimbulkan pertanyaan etis terkait pemanfaatan sumber daya pangan. Tepung maizena adalah bahan pangan penting di banyak negara, dan penggunaannya dalam skala besar untuk pembuatan bioplastik juga dapat berdampak pada ketersediaan dan harga bahan pokok ini, terutama di wilayah yang mengandalkan jagung sebagai sumber utama makanan. A. Berdasarkan informasi di atas, analisis dan buat simpulan mengenai dampak positif dan negatif penggunaan tepung maizena sebagai bahan baku bioplastik!	Bioplastik yang terbuat dari tepung maizena cenderung lebih mudah terurai dibandingkan plastik konvensional, sehingga dapat membantu mengurangi masalah limbah plastik di lingkungan. Ramah Lingkungan: Proses produksi bioplastik dari tepung maizena dapat memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan plastik konvensional, terutama jika menggunakan metode pertanian yang berkelanjutan. Proses Produksi: Meskipun bioplastik memiliki manfaat lingkungan, proses produksinya masih memerlukan energi dan sumber daya, yang bisa menjadi tantangan tergantung pada metode yang digunakan. Sifat Fisik: Bioplastik yang terbuat dari tepung maizena mungkin tidak sekuat atau tahan lama seperti plastik konvensional, sehingga membatasi aplikasinya dalam beberapa industri.	
					Kesimpulannya Secara keseluruhan, penggunaan tepung maizena sebagai bahan baku bioplastik menawarkan peluang untuk mengembangkan alternatif yang lebih ramah lingkungan, tetapi juga perlu mempertimbangkan tantangan yang ada. Oleh karena itu, penting untuk meneliti dan mengembangkan teknologi yang dapat memaksimalkan manfaat dan	

						meminimalkan dampak negatif dari penggunaan bioplastik ini.	
						Peserta didik menyebutkan dampak positif dan negatif dengan penjelasan yang cukup jelas, namun tanpa penyimpulan yang relevan	3
						Peserta didik menyebutkan dampak positif dan negatif namun dengan penjelasan yang kurang dan tanpa penyimpulan yang relevan	2
						Peserta didik menyebutkan satu saja antara dampak positif atau negatif dengan penjelasan yang kurang dan tanpa penyimpulan yang relevan	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	menilai solusi berdasarkan permasalahan yang ada dengan argemumen yang relevan	assesment			B. Sebutkan beberapa alternatif bahan lain yang dapat digunakan sebagai pengganti tepung maizena dan berikan alasan anda mengapa memilih bahan tersebut?	Peserta didik memberikan 2 atau lebih alternatif bahan lain dengan penjelasan yang lengkap dan argumen alasan yang cukup kuat beberapa alternatif bahan lain yang dapat dipertimbangkan, antara lain: 1. Pati Singkong (Tapioka): Alasan Pemilihan: Pati singkong adalah sumber karbohidrat yang melimpah dan mudah didapat. Ia memiliki sifat pengikat yang baik dan dapat terurai secara alami, sehingga menjadi pilihan yang baik untuk bioplastik. Selain itu, pertanian singkong tidak	4

						bersaing langsung dengan kebutuhan pangan pokok. 2. Minyak Nabati (misalnya, minyak kedelai, minyak kelapa): Alasan Pemilihan: Minyak nabati dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk menghasilkan polimer biodegradable seperti poliester. Selain ramah lingkungan, minyak nabati dapat diproduksi secara berkelanjutan dan memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan minyak mineral. 3. Serat dari Limbah Pertanian (seperti serat jerami, sisal, atau kapas): Alasan Pemilihan: Serat dari limbah pertanian dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan mekanik bioplastik. Penggunaan limbah ini membantu mengurangi volume sampah pertanian dan memanfaatkan sumber daya yang ada. 4. Kulit Buah (misalnya, kulit pisang, kulit apel, kulit jeruk): Penggunaan kulit buah sebagai bahan baku bioplastik merupakan solusi yang berkelanjutan dan inovatif. Dengan memanfaatkan limbah yang dihasilkan dari proses produksi makanan, kita dapat mengurangi dampak lingkungan, sekaligus	
--	--	--	--	--	--	--	--

						menciptakan produk yang ramah lingkungan dan berfungsi baik dalam berbagai aplikasi.	
						Peserta didik memberikan 2 alternatif bahan lain namun dengan penjelasan yang kurang dan alasan yang tidak relevan	3
						Peserta didik memberikan 1 alternatif bahan lain dengan penjelasan yang lengkap dan argumen alasan yang cukup kuat	2
						Peserta didik memberikan 1 alternatif bahan lain namun dengan penjelasan yang kurang dan alasan yang tidak relevan	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	Menilai dampak CO ₂ sebagai gas rumah kaca dan menjelaskan mengapa CO ₂ dianggap sebagai	Clarification	C5 (Evaluas)	4	 Ilustrasi polusi udara di Indonesia	Peserta didik menjelaskan hubungan emisi CO₂ dengan kualitas udara disertai argumen tentang CO₂ sebagai emisi gas rumah kaca dengan baik dan relevan. A. Peningkatan emisi CO ₂ di Indonesia memiliki dampak signifikan terhadap kualitas udara, karena sebagian besar emisi ini berasal dari pembakaran bahan bakar fosil untuk energi,	4

salah satu gas rumah kaca yang paling berbahaya bagi lingkungan.				Sumber: Jawapos.com Indonesia saat ini berada di posisi ke-7 sebagai negara dengan emisi CO₂ tertinggi dengan menghasilkan 839,6 juta ton CO₂. Pada rentang waktu 2012-2022, emisi CO₂ yang dilepas Indonesia ke atmosfer meningkat sebesar 3,3%. Berdasarkan laporan “<i>Statistical Review of World Energy 2023</i>” oleh Energy Institute, pada tahun 2022, total emisi CO₂ Indonesia meningkat sebesar 27,73%, mencapai angka 839,6 juta ton. Salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan emisi CO₂ tersebut adalah pembakaran sampah. Plastik yang terbakar pada suhu yang tidak memadai sering kali melepaskan senyawa kimia berbahaya. proses pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan polutan yang dapat memengaruhi kualitas udara dan kesehatan manusia. Bioplastik menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi emisi karbon dari pembakaran plastik. (dilansir dari: Jawapos.com) A. Berdasarkan data tersebut jelaskan hubungan antara peningkatan emisi CO₂ dan kualitas udara di Indonesia? Mengapa CO₂ dianggap sebagai salah satu gas	transportasi, dan industri. Selain CO₂, aktivitas ini juga menghasilkan polutan berbahaya seperti partikel halus, sulfur dioksida, dan nitrogen oksida, yang dapat memicu pembentukan polutan berbahaya bagi kesehatan. Kualitas udara yang buruk akibat emisi tersebut dapat menyebabkan masalah kesehatan, seperti gangguan pernapasan dan gangguan lainnya. Selain itu, CO₂ sebagai gas rumah kaca utama berkontribusi pada pemanasan global, yang mengubah pola cuaca dan memperburuk kondisi seperti kabut asap di musim kemarau. Dengan demikian, peningkatan emisi CO₂ tidak hanya memengaruhi iklim, tetapi juga berkontribusi pada kualitas udara dan kesejahteraan masyarakat, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengurangi emisi dan beralih ke sumber energi yang lebih bersih. CO₂ dianggap sebagai salah satu gas rumah kaca yang paling berbahaya bagi lingkungan karena beberapa sifatnya yang penting: Menyerap Panas: CO₂ dapat menyerap panas yang dipancarkan oleh Bumi. Ketika CO₂ terakumulasi di atmosfer, ia menghambat panas tersebut untuk keluar ke luar angkasa, menyebabkan
--	--	--	--	---	--

					rumah kaca yang paling berbahaya bagi lingkungan? 2. Stabil dan Bertahan Lama: CO₂ adalah gas rumah kaca yang paling umum dan stabil di atmosfer. Sifat stabil ini membuat CO₂ dapat tetap berada di atmosfer selama ratusan tahun, sehingga dampaknya terhadap iklim sangat lama. 3. Membentuk Polutan Berbahaya: CO₂ dapat berkontribusi pada pembentukan polutan sekunder, seperti ozon yang berada di dekat permukaan. Zat-zat ini bisa berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. 4. Gangguan pada Siklus Karbon: CO₂ merupakan bagian penting dari siklus karbon, di mana tanaman menggunakannya untuk fotosintesis. Namun, jika terlalu banyak CO₂ dilepaskan, tanaman tidak dapat menyerap semuanya, dan ini mengganggu keseimbangan lingkungan.	
					Peserta didik menjelaskan hubungan emisi CO₂ dengan kualitas udara dengan baik dan relevan namun tidak di sertai argumen tentang CO₂ sebagai emisi gas	3

						rumah kaca	
						Peserta didik tidak menjelaskan hubungan emisi CO ₂ dengan kualitas udara namun menjelaskan argumen tentang CO ₂ sebagai emisi gas rumah kaca namun dengan penjelasan yang baik dan relevan	2
						Peserta didik menjawab namun tidak menjelaskan hubungan emisi CO ₂ dengan kualitas udara dan argumen tentang CO ₂ sebagai emisi gas rumah kaca	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	Menilai efektivitas bioplastik dalam mengurangi emisi karbon dibandingkan metode pengolahan limbah plastik lainnya.	assesment			B. Sebutkan dan Jelaskan beberapa peran bioplastik dalam mengurangi emisi karbon, terutama dalam konteks pembakaran sampah plastik?	Peserta didik memberikan 2 atau lebih peran bioplastik dalam mengurangi emisi karbon dengan penjelasan yang lengkap dan argumen alasan yang relevan. C. Peran bioplastik dalam mengurangi emisi karbon: 1. Sumber Bahan Baku Terbarukan: Bioplastik dibuat dari bahan baku terbarukan, seperti pati jagung, tebu, atau singkong. Berbeda dengan plastik konvensional yang berasal dari bahan bakar fosil, penggunaan	4

						bahan baku terbarukan dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya yang tidak terbarukan dan menurunkan jejak karbon dari produksi plastik. 2. Mengurangi Emisi dari Pembakaran: Ketika bioplastik dibakar, proses pembakarannya lebih bersih dibandingkan dengan plastik konvensional. Bioplastik cenderung menghasilkan lebih sedikit gas rumah kaca dan polutan berbahaya saat terbakar, karena mereka dirancang untuk terurai lebih baik dan mengandung lebih sedikit senyawa berbahaya. 3. Penyerapan CO₂: Selama proses pertumbuhan tanaman yang digunakan untuk membuat bioplastik, tanaman tersebut menyerap CO₂ dari atmosfer melalui fotosintesis. Oleh karena itu, produksi bioplastik dapat berkontribusi pada penyerapan karbon dioksida, yang membantu mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer. 4. Dampak Jangka Panjang pada Pengelolaan Sampah: Penggunaan bioplastik dapat mengurangi jumlah plastik	
--	--	--	--	--	--	--	--

						konvensional yang masuk ke tempat pembuangan sampah. Karena bioplastik dapat terurai lebih cepat dalam kondisi tertentu, mereka dapat membantu mengurangi akumulasi limbah plastik yang sering kali dibakar, mengurangi emisi karbon yang dihasilkan dari pembakaran limbah tersebut.	
						Peserta didik memberikan 2 atau lebih peran bioplastik dalam mengurangi emisi karbon namun dengan penjelasan yang kurang dan alasan yang tidak relevan	3
						Peserta didik memberikan 1 atau lebih peran bioplastik dalam mengurangi emisi karbon dengan penjelasan yang lengkap dan argumen alasan yang cukup kuat	2
						Peserta didik memberikan 1 peran bioplastik dalam mengurangi emisi karbon namun dengan penjelasan yang kurang dan alasan yang tidak relevan	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	Menganalisis proses	inference	C4 (Analisis)	5		Peserta didik memberikan argumen tentang penyebab casing berubah warna	4

	kimia yang menyebabk an perubahan					serta menjelaskan faktor-faktor yang menyebabkan dengan penjelasan yang sesuai dan relevan.	
--	--	--	--	--	--	---	--

	warna pada casing handphone dari plastik konvensional.			 Ilustrasi casing handphone menguning Sumber: pemzmchannel.com Seorang pemuda baru saja membeli handphone baru yang di dalam isinya dilengkapi casing plastik konvensional yang berwarna putih bening mengkilap. Namun setelah beberapa bulan pemakaian dia mulai memperhatikan bahwa warna casing handphonenya berubah warna menjadi kuning kecoklatan. Pada saat mencari tahu ternyata hal tersebut disebabkan karena adanya reaksi kimia. Dan ternyata pemuda tersebut menemukan bahwa kini banyak produsen yang menawarkan casing handphone berbahan biodegradable. Casing ini dibuat dari	Casing handphone yang menguning itu disebabkan oleh paparan sinar UV dan terjadinya reaksi oksidasi oleh oksigen selain itu faktor lingkungan juga mempengaruhi kecepatan proses penguningan casing handphone tersebut. Berikut proses kimia yang terjadi: 1. Fotodegradasi (Paparan terhadap Sinar UV): Ketika casing plastik terpapar sinar ultraviolet (UV) dari matahari, ikatan kimia dalam struktur polimer dapat terputus. Proses ini disebut fotodegradasi. Akibat pemecahan ini, senyawa baru yang terbentuk sering kali memiliki warna berbeda, sehingga casing berubah menjadi kekuningan atau kecoklatan. 2. Oksidasi (Reaksi dengan Oksigen): Paparan oksigen di udara menyebabkan reaksi oksidasi pada plastik. Ketika plastik teroksidasi, struktur kimianya mengalami perubahan, menghasilkan senyawa baru yang berwarna. Reaksi ini dapat menyebabkan penggelapan dan perubahan warna casing. Reaksi kimia: $(C_2H_4)_n + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$	
--	--	--	--	---	--	--

					bioplastik yang didesain untuk terurai alami dan tidak mencemari lingkungan. Inovasi ini diklaim dapat menjadi solusi masalah casing plastik yang menguning. Karena casing berbahan bioplastik lebih tahan terhadap reaksi kimia yang menyebabkan perubahan warna. Produk tersebut menjadi salah satu upaya menerapkan prinsip kimia hijau. Mengapa casing handphone dari plastik konvensional berubah warna menjadi kekuningan atau kecoklatan seiring waktu? Jelaskan proses kimia yang terjadi dan faktor lingkungan yang mempengaruhi!	Faktor lingkungan 1. Suhu dan Kelembapan: a. Suhu Tinggi: Suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat reaksi kimia, termasuk oksidasi dan fotodegradasi, sehingga perubahan warna dapat terjadi lebih cepat. b. Kelembapan: Kelembapan dapat meningkatkan laju oksidasi dan berkontribusi pada pertumbuhan mikroorganisme, seperti jamur, yang juga dapat mengubah warna casing. 2. Kotoran dan Polutan: a. Debu dan Asap: Partikel kotoran, debu, dan polutan di udara dapat menempel pada permukaan casing, menyebabkan akumulasi yang memberikan warna kekuningan atau kecoklatan seiring waktu.	
					Peserta didik memberikan argumen tentang penyebab casing berubah warna serta menjelaskan faktor-faktor yang menyebabkan dengan penjelasan yang kurang dan tidak relevan.	3	

						Peserta didik memberikan argumen tentang penyebab casing berubah warna tanpa menjelaskan faktor-faktor yang menyebabkan	2
						Peserta didik hanya meneuliskan faktor-faktor yang menyebabkan dengan sedikit penjelasan atau tanpa disertai dengan penjelasan.	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	menilai berbagai aspek yang membuat bioplastik kurang kompetitif dibandingkan plastik konvensional dalam industri besar.	Assessmen t	C5 (Evaluas)	6	Bioplastik dikenal sebagai solusi ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis minyak bumi, tetapi adopsinya di industri besar masih terbatas. Meskipun menawarkan keuntungan dalam hal keberlanjutan, bioplastik menghadapi sejumlah tantangan yang menghambat penggunaannya secara luas di berbagai sektor industri. A. Sebutkan apa saja keterbatasan bioplastik sehingga tidak banyak digunakan di industri besar? (Minimal 2)	Peserta didik memberikan 2 atau lebih argumen tentang keterbatasan bioplastik dalam industri dengan rinci dan disertai penjelasan yang mendalam dan relevan A. Meskipun bioplastik dianggap lebih ramah lingkungan, penggunaannya di industri besar masih terbatas karena beberapa alasan yaitu: Biaya Produksi yang Lebih Tinggi: Bioplastik sering kali lebih mahal untuk diproduksi dibandingkan plastik konvensional dan eknologi pembuatan bioplastik masih relatif baru dan belum seefisien produksi plastik konvensional. Ketersediaan Bahan Baku: Bahan baku bioplastik berasal dari	4

						tanaman pangan. Penggunaan besar-besaran bahan baku ini dapat mempengaruhi harga pangan dan ketersediaannya dan Produksi bioplastik memerlukan lahan pertanian yang luas. Pengalihan lahan untuk produksi bahan baku bioplastik dapat berdampak negatif pada lingkungan. 3. Ketahanan dan Kualitas Produk: Bioplastik umumnya tidak sekuat dan tidak setahan lama seperti plastik konvensional dan Karena sifat biodegradable-nya, bioplastik cenderung memiliki umur simpan yang lebih pendek. Hal tersebut menjadi masalah pada industri yang membutuhkan produk yang memerlukan daya tahan lama. 4. Kurangnya Regulasi dan Standarisasi: Regulasi dan standar mengenai penggunaan, pembuangan, dan pengolahan bioplastik masih bervariasi di berbagai negara. Ini membuat sulit bagi industri untuk mengadopsi bioplastik secara luas karena mereka memerlukan panduan yang jelas	
--	--	--	--	--	--	---	--

					tentang bagaimana bioplastik harus diproduksi dan dibuang.	
					Peserta didik memberikan 2 atau lebih argumen tentang keterbatasan bioplastik dalam industri dengan rinci namun dengan penjelasan yang kurang dan tidak relevan	3
					Peserta didik memberikan 1 argumen tentang keterbatasan bioplastik dalam industri dengan rinci dan disertai penjelasan yang mendalam dan relevan	2
					Peserta didik memberikan 1 argumen tentang keterbatasan bioplastik dalam industri dengan rinci namun dengan penjelasan yang kurang dan tidak relevan	1
					Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	Mempertim bangkan efektivitas berbagai solusi yang diusulkan	Strategy/ Tactics		B. Menurut anda bagaimana industri dapat mengatasi kendala ini agar bioplastik dapat lebih diterapkan secara luas, berikan 3 strategi untuk mengatasi masalah tersebut?	Peserta didik memberikan 3 atau lebih argumen tentang strategi untuk mengatasi kendala bioplastik untuk industri dengan rinci dan disertai penjelasan yang mendalam dan relevan	4

	untuk meningkatkan penggunaan bioplastik di industri.					B. langkah strategis dapat diambil untuk mengatasi kendala tersebut adalah 1. Meningkatkan Skala Produksi dan Efisiensi Teknologi: Dengan meningkatkan skala produksi, biaya per unit bioplastik dapat dikurangi secara signifikan dan Investasi dalam penelitian dan pengembangan dapat meningkatkan proses produksi bioplastik agar lebih efisien, cepat, dan hemat energi. 2. Diversifikasi Bahan Baku: Pengembangan bioplastik dari limbah organik dan penggunaan bahan baku yang tidak bersaing dengan pangan, seperti lignoselulosa dari kayu atau alga. 3. Standarisasi dan Regulasi yang Mendukung: Pemerintah dapat menetapkan standar dan sertifikasi yang jelas untuk bioplastik agar industri memiliki panduan yang tepat tentang produksi, penggunaan, dan pengelolaan limbah bioplastik. 4. Kesadaran Konsumen dan Edukasi: Meningkatkan kesadaran konsumen tentang manfaat bioplastik serta cara pembuangan yang tepat sangat penting.	
--	---	--	--	--	--	--	--

						5. Pengembangan Pasar untuk Bioplastik: Kolaborasi dengan berbagai industri seperti makanan, minuman, dan ritel untuk mulai menggunakan bioplastik dalam kemasan produk mereka dapat mendorong adopsi bioplastik secara lebih luas dan penerapan kebijakan dari pemerintah yang mendorong penggunaan bioplastik.	
						Peserta didik memberikan 2 argumen tentang strategi untuk mengatasi kendala bioplastik untuk industri dengan rinci dan disertai penjelasan yang mendalam dan relevan	3
						Peserta didik memberikan 1 argumen tentang strategi untuk mengatasi kendala bioplastik untuk industri dengan rinci dan disertai penjelasan yang mendalam dan relevan	2
						Peserta didik memberikan strategi untuk mengatasi kendala bioplastik untuk industri namun tidak disertai penjelasan yang mendalam dan relevan	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	membandin	Assessmen	C5	7		Peserta didik memberikan argumen	

	gkan antara bioplastik dan plastik konvensional dalam hal dampak kesehatan jika tertelan oleh makhluk hidup.	t	(Evaluasi)	 Ilustrasi sampah plastik mencemari perairan Sumber: The conversation.com Menurut World Wide Fund for Nature (WWF) menyatakan bahwa sampah plastik telah mengotori semua lautan dan lebih dari 88% spesies laut telah terkontaminasi mikroplastik. Spesies tersebut termasuk juga hewan laut yang biasa dikonsumsi manusia. Penelitian lain yang dilakukan ahli ekologi Elliot Hazen menjelaskan dalam satu dekade terakhir, proporsi ikan yang memakan plastik telah bertambah 2 kali lipat pada semua spesies. Banyak spesies makhluk hidup laut terbukti memakan mikroplastik dan potongan yang lebih kecil (nanoplastik) yang bisa berpindah dari perut ikan ke jaringan otot ikan, bagian yang biasanya dimakan manusia. Berdasarkan	tentang resiko bioplastik tertelan oleh makhluk hidup secara jelas dan disertai alasan yang kuat A. Bioplastik umumnya dianggap lebih aman daripada plastik konvensional jika tertelan oleh makhluk hidup, tetapi tetap ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan. Bioplastik dibuat dari bahan baku terbarukan seperti pati, tebu, atau bahan organik lainnya, sehingga lebih mudah terurai dan mungkin tidak menghasilkan zat berbahaya jika dicerna. Namun, ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan: 1. Komposisi Kimia: Tidak semua bioplastik diciptakan sama. Beberapa bioplastik dapat mengandung bahan tambahan atau aditif yang mungkin berbahaya jika tertelan. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui jenis bioplastik yang terlibat. 2. Dampak pada Sistem Pencernaan: Meskipun bioplastik mungkin lebih aman daripada plastik biasa, tidak ada jaminan bahwa mereka akan sepenuhnya terurai di dalam sistem pencernaan makhluk hidup. Ada kemungkinan bahwa bioplastik dapat menyebabkan penyumbatan atau gangguan pencernaan.	4
--	---	---	------------	---	--	---

				hal tersebut menjelaskan bahwa sulit terdegradasinya sampah plastik menjadikan masalah besar terhadap makhluk hidup baik sampah plastik berukuran makro, mikro bahkan dalam ukuran nanoplastik. (dilansir dari: The conversation.com). bioplastik merupakan plastik yang dapat terurai dalam lingkungan tertentu, sehingga dapat meminimalisir makhluk hidup terkontaminasi mikroplastik.	3. Pengaruh Lingkungan: Jika bioplastik terurai di lingkungan, proses dekomposisinya dapat mempengaruhi ekosistem lokal. Misalnya, jika bioplastik terurai menjadi partikel mikro, partikel ini dapat masuk ke dalam rantai makanan dan berdampak pada organisme yang lebih besar.	
				A. Berdasarkan hal tersebut tuliskanlah apakah bioplastik aman apabila tertelan makhluk hidup?	Peserta didik memberikan argumen tentang resiko bioplastik tertelan oleh makhluk hidup secara jelas disertai alasan namun kurang kuat	3
					Peserta didik memberikan argumen tentang resiko bioplastik tertelan oleh makhluk hidup secara jelas tanpa disertai alasan	2
					Peserta didik memberikan argumen kurang jelas tentang resiko bioplastik tertelan oleh makhluk hidup tanpa disertai alasan	1
					Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	menyimpulkan kelebihan dan	Inference		B. Dari bacaan tersebut, apa kesimpulan yang bisa diambil tentang pentingnya	Peserta didik memberikan kesimpulan dengan mengaitkan pengembangan dan penggunaan bioplastik disertai analisis yang mendalam	4

	kekurangan penggunaan bioplastik sebagai solusi untuk pencemaran plastik di lautan.				pengembangan dan penggunaan bioplastik dalam mengatasi masalah pencemaran plastik di lautan?	B. Kesimpulan yang dapat diambil tentang pentingnya pengembangan dan penggunaan bioplastik dalam mengatasi masalah pencemaran plastik di lautan adalah bahwa bioplastik menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional. Bioplastik yang terbuat dari bahan baku terbarukan cenderung lebih cepat terurai, sehingga mengurangi akumulasi sampah plastik di lautan dan dampak negatifnya terhadap ekosistem laut. Dengan menggunakan bioplastik, kita dapat mengurangi jumlah plastik yang mencemari lingkungan, mengurangi risiko terhadap kehidupan laut yang sering kali terperangkap atau tertelan plastik, serta membantu meminimalkan efek pencemaran mikroplastik. Selain itu, pengembangan bioplastik dapat mendorong inovasi dalam teknologi bahan dan industri, serta meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kebersihan laut. Oleh karena itu, investasi dalam penelitian dan pengembangan bioplastik sangat penting untuk menciptakan solusi	
--	--	--	--	--	--	---	--

						berkelanjutan dalam mengatasi masalah pencemaran plastik di lautan.				
						Peserta didik memberikan kesimpulan dengan mengaitkan pengembangan dan penggunaan bioplastik disertai analisis yang kurang mendalam	3			
						Peserta didik memberikan kesimpulan dengan analisis yang mendalam namun tanpa mengaitkan pengembangan dan penggunaan bioplastik	2			
						Peserta didik hanya memberikan kesimpulan namun tidak relevan	1			
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0			
	mbandingkan efektivitas bioplastik dengan program daur ulang plastik konvensional dalam mengatasi masalah limbah plastik.	Strategy/ Tactics	C5 (evaluasi)	8	Perhatikan gambar berikut:  Bioplastik  Daur ulang Upaya untuk mengatasi masalah limbah plastik, ada dua solusi utama yang banyak dibahas: pengembangan bioplastik dan peningkatan program daur ulang plastik	Peserta didik memberikan perbandingan yang jelas dan terperinci antara efektivitas bioplastik dan daur ulang plastik konvensional dengan alasan yang relevan perbandingan antara pengembangan bioplastik dan peningkatan program daur ulang plastik konvensional dalam skala besar: <table><tr><td></td><td>Pengembang</td><td>Program Daur</td></tr></table>		Pengembang	Program Daur	4
	Pengembang	Program Daur								

				konvensional. Kedua pendekatan ini memiliki kelebihan dan tantangannya masing-masing, baik dari segi lingkungan maupun ekonomi. Memilih mana yang lebih efektif untuk diterapkan dalam skala besar membutuhkan analisis mendalam tentang dampaknya terhadap keberlanjutan, infrastruktur yang diperlukan, serta kebijakan yang mendukung. Menurut Anda, mana yang lebih efektif untuk diterapkan dalam skala besar: pengembangan bioplastik atau peningkatan program daur ulang plastik konvensional? Bandingkan dan jelaskan dengan alasan yang mendalam berdasarkan tabel di bawah ini! <table><tr><td></td><td>Pengembangan Bioplastik</td><td>Program Daur Ulang</td></tr><tr><td>Ramah Lingkungan</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Biaya</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Kualitas Produk</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Keberlanjutan Jangka Panjang</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Tantangan</td><td></td><td></td></tr></table>		Pengembangan Bioplastik	Program Daur Ulang	Ramah Lingkungan			Biaya			Kualitas Produk			Keberlanjutan Jangka Panjang			Tantangan			<table><tr><td></td><td>n Bioplastik</td><td>Ulang Plastik Konvensional</td></tr><tr><td>Ramah Lingkungan</td><td> • Biodegradable, terurai secara alami di lingkungan yang sesuai. • Mengurangi ketergantungan pada bahan baku fosil seperti minyak bumi. </td><td> • Mengurangi limbah plastik yang sudah ada. • Mengurangi akumulasi plastik di lingkungan melalui daur ulang. </td></tr><tr><td>Biaya</td><td> • Produksi bioplastik lebih mahal dibandingkan plastik konvensional karena teknologi masih baru dan </td><td> • Lebih hemat biaya karena memanfaatkan plastik yang sudah ada. Namun, masih ada biaya tinggi </td></tr></table>		n Bioplastik	Ulang Plastik Konvensional	Ramah Lingkungan	• Biodegradable, terurai secara alami di lingkungan yang sesuai. • Mengurangi ketergantungan pada bahan baku fosil seperti minyak bumi.	• Mengurangi limbah plastik yang sudah ada. • Mengurangi akumulasi plastik di lingkungan melalui daur ulang.	Biaya	• Produksi bioplastik lebih mahal dibandingkan plastik konvensional karena teknologi masih baru dan	• Lebih hemat biaya karena memanfaatkan plastik yang sudah ada. Namun, masih ada biaya tinggi	
	Pengembangan Bioplastik	Program Daur Ulang																															
Ramah Lingkungan																																	
Biaya																																	
Kualitas Produk																																	
Keberlanjutan Jangka Panjang																																	
Tantangan																																	
	n Bioplastik	Ulang Plastik Konvensional																															
Ramah Lingkungan	• Biodegradable, terurai secara alami di lingkungan yang sesuai. • Mengurangi ketergantungan pada bahan baku fosil seperti minyak bumi.	• Mengurangi limbah plastik yang sudah ada. • Mengurangi akumulasi plastik di lingkungan melalui daur ulang.																															
Biaya	• Produksi bioplastik lebih mahal dibandingkan plastik konvensional karena teknologi masih baru dan	• Lebih hemat biaya karena memanfaatkan plastik yang sudah ada. Namun, masih ada biaya tinggi																															

[illegible]

							lebih berkelan jutan jika masalah infrastr uktur dan biaya bisa diatasi. Bisa menjadi alternati f yang lebih ramah lingkung an dalam penggun aan plastik. •	si limbah plastik yang ada. Tidak menyele saikan akar masalah konsum si plastik baru berbasis fosil. •	
						Tantangan	• Biaya produksi tinggi. • Infrastruktur pengomposan terbatas. • Bahan baku terbaru kan bisa meningk	• Tidak semua jenis plastik dapat didaur ulang dengan mudah. • Risiko kontaminasi bahan	

								atkan tekanan pada lahan pertanian.	daur ulang dan kualitas produk lebih rendah.	
							Efek Lingkungan Jangka Pendek	• Bioplastik bisa membantu mengurangi pencemaran plastik dalam jangka panjang, tapi dampaknya mungkin belum terasa dalam jangka pendek karena infrastruktur terbatas.	• Daur ulang dapat segera mengurangi limbah plastik di lingkungan, terutama plastik yang sudah ada.	
							Efek Lingkungan Jangka	• Potensi besar untuk mengur	• Hanya menunda masalah	

						<table><tr><td>Panjang</td><td>angi limbah plastik secara signifikan dalam jangka panjang jika teknologi terus berkembang.</td><td>tanpa mengurangi ketergantungan pada plastik baru dari bahan fosil.</td></tr></table>	Panjang	angi limbah plastik secara signifikan dalam jangka panjang jika teknologi terus berkembang.	tanpa mengurangi ketergantungan pada plastik baru dari bahan fosil.	
Panjang	angi limbah plastik secara signifikan dalam jangka panjang jika teknologi terus berkembang.	tanpa mengurangi ketergantungan pada plastik baru dari bahan fosil.								
						Bioplastik menawarkan solusi jangka panjang yang lebih ramah lingkungan, namun menghadapi tantangan dari segi infrastruktur dan biaya produksi. Program daur ulang lebih praktis untuk diimplementasikan dalam jangka pendek dan dapat membantu mengurangi limbah plastik yang sudah ada, tetapi tidak menyelesaikan masalah konsumsi plastik baru. Kombinasi dari kedua pendekatan ini mungkin menjadi langkah terbaik untuk masa depan yang lebih ramah lingkungan.				
						Peserta didik menyebutkan perbandingan bioplastik dan daur ulang plastik dengan argumen yang cukup baik namun kurang mendalam.	3			
						Peserta didik menyebutkan salah satu	2			

						solusi tanpa memberikan perbandingan yang jelas atau argumen yang kuat.	
						Peserta didik menyebutkan salah satu solusi dengan penjelasan yang kurang tepat atau tidak relevan.	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	merancang rencana aksi untuk memperkenalkan dan mempromosikan bioplastik di lingkungan mereka.	Strategy/ Tactics	C6 (sintesis)	9	Penggunaan bioplastik dalam kemasan makanan semakin banyak dipertimbangkan sebagai alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan dari plastik konvensional. Bioplastik menawarkan sejumlah keuntungan, seperti kemampuan terurai secara alami dan penggunaan bahan baku terbarukan. Menurut Kepala Loka Penelitian Teknologi Bersih Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LPTB LIPI) Sri Priatni mengatakan, bioplastik adalah harapan masa depan lingkungan. Bioplastik berpotensi meniadakan timbunan sampah plastik yang sulit terurai memenuhi tempat penampungan sampah atau tergenang tak karuan di banyak sungai-sungai di Indonesia.	Peserta didik memberikan 4 atau lebih argumen tentang langkah kongkret dalam mengurangi kemasan plastik dan memperkenalkan bioplastik secara jelas dan relevan A. Langkah konkret yang dapat diambil untuk mengurangi penggunaan kemasan dari plastik konvensional dan memperkenalkan produk kimia hijau seperti bioplastik Yaitu: 1. mengedukasi Diri dan Teman-Teman melakukan gerakan kurangi Penggunaan Plastik 2. mendukung Produk Berkelanjutan 3. mengikuti Program Daur Ulang 4. melakukan kampanye menjaga Lingkungan di Sekolah	4

					(dilansir dari: www.kompas.id)	6. menciptakan kreativitas dan inovasi terkait produk yang bermanfaat untuk lingkungan 7. menyuarakan kebijakan untuk menjaga lingkungan 8. berpartisipasi dalam Kegiatan Lingkungan.	
					A. Berdasarkan hal tersebut, sebagai seorang peserta didik bagaimana langkah terbaik untuk mengurangi penggunaan kemasan dari plastik konvensional dan memperkenalkan produk kimia hijau seperti bioplastik? (berikan minimal 4 langkah)	Peserta didik memberikan 3 argumen tentang langkah kongkret dalam mengurangi kemasan plastik dan memperkenalkan bioplastik secara jelas dan relevan	3
						Peserta didik memberikan 2 argumen tentang langkah kongkret dalam mengurangi kemasan plastik dan memperkenalkan bioplastik secara jelas dan relevan	2
						Peserta didik memberikan 1 argumen tentang langkah kongkret dalam mengurangi kemasan plastik dan memperkenalkan bioplastik secara jelas dan relevan	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0
	Menyimpulkan seberapa	Clarification			B. jabarkan beberapa keuntungan dan risiko terkait penggunaan	Peserta didik menjabarkan 2 atau lebih dampak keuntungan dan resiko dari	4

	efektif bioplastik dalam menggantikan plastik konvensional dalam kemasan makanan dari segi keamanan dan lingkungan.				bioplastik sebagai kemasan makanan?	penggunaan bioplastik sebagai kemasan dengan penjelasan yang jelas dan relevan C. Keuntungan dan risiko terkait penggunaan bioplastik sebagai kemasan makanan: Keuntungan 1. Bahan baku terbarukan: bioplastik dibuat dari sumber daya terbarukan seperti pati jagung sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan baku terbarukan 2. Sifat biodegradabilitas: bioplastik memiliki sifat mudah terurai sehingga dapat mengurangi jumlah limbah plastik yang menumpuk 3. Keamanan untuk makanan: bioplastik tidak mengeluarkan zat berbahaya ke dalam makanan Resiko 1. Biaya produksi yang lebih tinggi: produksi bioplastik umumnya lebih mahal daripada plastik konvensional	
--	---	--	--	--	---	--	--

						2. Penggunaan bahan baku: bahan baku bioplastik dapat bersaing dengan produksi makanan 3. Keterbatasan dalam sifat fisik seperti kekuatan atau ketahanan suhu	
						Peserta didik menjabarkan lebih dari 1 dampak keuntungan dan resiko dari penggunaan bioplastik sebagai kemasan dengan penjelasan yang kurang mendalam dan tidak relevan atau tanpa penjelasan	3
						Peserta didik menjabarkan 1 keuntungan dan resiko dari penggunaan bioplastik sebagai kemasan dengan penjelasan yang cukup jelas dan relevan	2
						Peserta didik menjabarkan 1 dampak keuntungan dan resiko dari penggunaan bioplastik sebagai kemasan dengan penjelasan yang kurang mendalam dan tidak relevan atau tanpa penjelasan	1
						Peserta didik tidak memberikan jawaban atau tidak menjawab.	0

Lampiran 3. Instrumen keterampilan berpikir kritis

INSTRUMEN TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS *POST-TEST*

Nama:

Kelas:

petunjuk pengerjaan soal

1. bacalah doa sebelum mengerjakan soal
2. tulislah identitas dengan lengkap dan benar
3. bacalah soal dengan baik dan teliti
4. tulislah jawaban anda pada lembar jawab yang disediakan

soal 1

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
Menilai hubungan antara bioplastik dengan prinsip kimia hijau dan menyimpulkan berdasarkan fakta	Inference



Ilustrasi timbunan sampah nasional

Sumber: Republika.co.id

Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), setiap harinya aktivitas manusia menghasilkan volume timbunan sampah sebanyak 71.688.84 ton, dengan volume sampah plastik menduduki peringkat kedua terbanyak setelah sampah sisa makanan. Buruknya lagi kini kita harus menghadapi tantangan baru dalam wujud turunan yaitu mikroplastik. Pemerintah telah memiliki target untuk mengurangi sampah plastik hingga 70 persen pada 2025. Timbunan sampah didominasi oleh sampah

plastik yang sulit terdegradasi. Berdasarkan kemampuan degradasi suatu produk, bioplastik hadir sebagai alternatif solusi penggunaan plastik. (dilansir dari: Republika.co.id)

Sebutkan dan jelaskan beberapa prinsip-prinsip kimia hijau yang sesuai dengan pengembangan bioplastik sebagai solusi mengatasi sampah?

Soal 2

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
Menyimpulkan mengapa bioplastik lebih ramah lingkungan berdasarkan data yang relevan dan Membandingkan berbagai perspektif terkait penggunaan bioplastik dan plastik konvensional	Inference dan Assesment



Ilustrasi sampah plastik konvensional
Sumber: Jawapos.com

Plastik konvensional sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia, namun di sisi lain juga membawa dampak negatif. Sampah plastik yang menumpuk di lingkungan tidak mudah terurai karena sifat dasar plastik konvensional yang berupa polimer sintetis. Struktur kimia plastik ini sulit dikenali oleh mikroorganisme yang tidak memiliki enzim khusus untuk memecah rantai polimer. Akibatnya, plastik konvensional membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai sepenuhnya, sehingga berpotensi dapat mencemari tanah, air, dan ekosistem dalam jangka panjang. Penggunaan bahan baku pembuatan plastik berpotensi terhadap kemampuan plastik dapat terurai. Bioplastik menjadi salah satu alternatif mengurangi jumlah sampah plastik karena menggunakan bahan-bahan yang berbeda dengan plastik

konvensional.

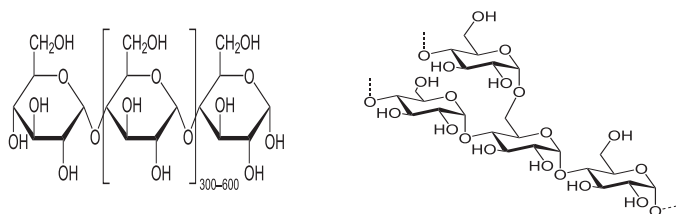
- A. Berdasarkan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik, sebutkan 3 hal yang menjelaskan mengapa bioplastik lebih ramah lingkungan dibanding plastik konvensional sesuai prinsip kimia hijau?**
- B. Jabarkanlah perbedaan antara plastik konvensional dan bioplastik berdasarkan tabel dibawah ini!**

	bioplastik	Plastik konvensional
Terbuat dari		
Kecepatan terurainya dalam tanah		
Dampak terhadap lingkungan		
Keamanan Lingkungan		

Soal 3

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
Menyimpulkan dampak sosial dan ekonomi dari penggunaan tepung maizena sebagai bahan bioplastik dan menilai solusi berdasarkan permasalahan yang ada dengan argumen yang relevan	Clarification dan assesment

Bioplastik dari bahan pati, seperti tepung maizena, telah menjadi pilihan yang menarik dalam upaya mengurangi penggunaan plastik konvensional. Pati adalah polisakarida yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah rantai panjang dari unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -1,4-glikosidik, sedangkan amilopektin memiliki struktur bercabang dengan ikatan α -1,4 dan α -1,6-glikosidik.



Struktur kimia amilosa dan amilopektin

Sumber: wikipedia.com

Struktur kimia ini memberikan kemampuan kepada pati untuk diolah menjadi bahan bioplastik yang ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami. Dalam proses pembuatan bioplastik. Namun, penggunaan tepung maizena sebagai bahan baku bioplastik juga menimbulkan pertanyaan etis terkait pemanfaatan sumber daya pangan. Tepung maizena adalah bahan pangan penting di banyak negara, dan penggunaannya dalam skala besar untuk pembuatan bioplastik juga dapat berdampak pada ketersediaan dan harga bahan pokok ini, terutama di wilayah yang mengandalkan jagung sebagai sumber utama makanan.

- A. Berdasarkan informasi di atas, analisis dan buat simpulan mengenai dampak positif dan negatif penggunaan tepung maizena sebagai bahan baku bioplastik!
- B. Sebutkan beberapa alternatif bahan lain yang dapat digunakan sebagai pengganti tepung maizena dan berikan alasan anda mengapa memilih bahan tersebut?

Soal 4

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
Menilai dampak CO ₂ sebagai gas rumah kaca dan menjelaskan mengapa CO ₂ dianggap sebagai salah satu gas rumah kaca yang paling berbahaya bagi lingkungan dan Menilai efektivitas bioplastik dalam mengurangi emisi karbon dibandingkan metode pengolahan limbah plastik lainnya.	Clarification dan assesment



Ilustrasi polusi udara di indonesia
 Sumber: Jawapos.com

Indonesia saat ini berada di posisi ke-7 sebagai negara dengan emisi CO₂ tertinggi dengan menghasilkan 839,6 juta ton CO₂. Dalam rentang waktu 2012-2022, emisi CO₂ yang dilepas Indonesia ke atmosfer meningkat sebesar 3,3%. Berdasarkan laporan “Statistical Review of World Energy 2023” oleh Energy Institute, pada tahun 2022, total emisi CO₂ Indonesia meningkat sebesar 27,73%, mencapai angka 839,6 juta ton. Salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan emisi CO₂ tersebut adalah pembakaran sampah. Plastik yang terbakar pada suhu yang tidak memadai sering kali melepaskan senyawa kimia berbahaya. proses pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan polutan yang dapat memengaruhi kualitas udara dan kesehatan manusia. Bioplastik menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi emisi

karbon dari pembakaran plastik. (dilansir dari: Jawapos.com)

- A. Berdasarkan data tersebut mengapa CO₂ dianggap sebagai salah satu gas rumah kaca yang paling berbahaya bagi lingkungan?
- B. Sebutkan dan Jelaskan beberapa peran bioplastik dalam mengurangi emisi karbon, terutama dalam konteks pembakaran sampah plastik?

Soal 5

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
Menganalisis proses kimia yang menyebabkan perubahan warna pada casing handphone dari plastik konvensional	Inference



Ilustrasi casing handphone menguning
Sumber: pemmzchannel.com

Seorang pemuda baru saja membeli handphone baru yang di dalam isinya dilengkapi casing plastik konvensional yang berwarna putih bening mengkilap. Namun setelah beberapa bulan pemakaian dia mulai memperhatikan bahwa warna casing handphonenya berubah warna menjadi kuning kecoklatan. Setelah mencari tahu ternyata hal tersebut disebabkan karena adanya reaksi kimia. Dan ternyata pemuda tersebut menemukan bahwa kini banyak produsen yang menawarkan casing handphone berbahan biodegradable. Casing ini dibuat dari bioplastik yang didesain untuk terurai alami dan tidak mencemari lingkungan. Inovasi ini diklaim dapat menjadi solusi masalah casing plastik yang menguning. Karena casing berbahan bioplastik lebih tahan terhadap reaksi kimia. Produk tersebut menjadi salah satu upaya menerapkan prinsip kimia hijau.

Mengapa casing handphone dari plastik konvensional berubah warna menjadi kekuningan atau kecoklatan seiring waktu? Jelaskan berdasarkan proses kimia yang terjadi dan faktor lingkungan yang mempengaruhi!

Soal 6

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
menilai berbagai aspek yang membuat bioplastik kurang kompetitif dibandingkan plastik konvensional dalam industri besar dan Mempertimbangkan efektivitas berbagai solusi yang diusulkan untuk meningkatkan penggunaan bioplastik di industri	Assessment dan Strategy/ Tactics

Bioplastik dikenal sebagai solusi ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis minyak bumi, tetapi adopsinya di industri besar masih terbatas. Meskipun menawarkan keuntungan dalam hal keberlanjutan, bioplastik menghadapi sejumlah tantangan yang menghambat penggunaannya secara luas di berbagai sektor industri.

- A. Sebutkan apa saja kendala bioplastik sehingga tidak banyak digunakan di industri besar? (Minimal 2)**
- B. Menurut anda bagaimana industri dapat mengatasi kendala ini agar bioplastik dapat lebih diterapkan secara luas, berikan 3 strategi untuk mengatasi masalah tersebut?**

Soal 7

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
membandingkan antara bioplastik dan plastik konvensional dalam hal dampak kesehatan jika tertelan oleh makhluk hidup dan menyimpulkan kelebihan dan kekurangan penggunaan bioplastik sebagai solusi untuk pencemaran plastik di lautan.	Assessment dan Inference



Ilustrasi sampah plastik mencemari perairan
Sumber: The conversation.com

Menurut World Wide Fund for Nature (WWF) menyatakan bahwa sampah plastik telah mengotori semua lautan dan lebih dari 88% spesies laut telah terkontaminasi mikroplastik. Dari spesies tersebut termasuk juga hewan laut yang biasa dikonsumsi manusia. Penelitian lain yang dilakukan ahli ekologi Elliot Hazen menjelaskan dalam satu dekade terakhir, proporsi ikan yang memakan plastik telah bertambah 2 kali lipat pada semua spesies. Banyak spesies makhluk hidup laut terbukti memakan mikroplastik dan potongan yang lebih kecil (nanoplastik) yang bisa berpindah dari perut ikan ke jaringan otot ikan, bagian yang biasanya dimakan manusia. Berdasarkan hal tersebut menjelaskan bahwa sulit terdegradasinya sampah plastik menjadikan masalah besar terhadap makhluk hidup baik sampah plastik berukuran makro, mikro bahkan dalam ukuran nanoplastik. (dilansir dari: The conversation.com). bioplastik merupakan plastik yang dapat terurai dalam lingkungan tertentu, sehingga dapat meminimalisir makhluk hidup terkontaminasi mikroplastik.

- A. Berdasarkan hal tersebut berikan pendapat anda apakah bioplastik aman apabila tertelan makhluk hidup?
- B. Dari bacaan tersebut, apa kesimpulan yang bisa diambil tentang pentingnya pengembangan dan penggunaan bioplastik dalam mengatasi masalah pencemaran plastik di lautan?

Soal 8

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
Membandingkan efektivitas bioplastik dengan program daur ulang plastik konvensional dalam mengatasi masalah limbah plastik.	Strategy/ Tactics

Perhatikan gambar berikut:



Bioplastik



Daur ulang

Dalam upaya mengatasi masalah limbah plastik, ada dua solusi utama yang banyak dibahas: pengembangan bioplastik dan peningkatan program daur ulang plastik konvensional. Kedua pendekatan ini memiliki kelebihan dan tantangannya masing-masing, baik dari segi lingkungan maupun ekonomi. Memilih mana yang lebih efektif untuk diterapkan dalam skala besar membutuhkan analisis mendalam tentang dampaknya terhadap keberlanjutan, infrastruktur yang diperlukan, serta kebijakan yang mendukung.

Menurut Anda, mana yang lebih efektif untuk diterapkan dalam skala besar: pengembangan bioplastik atau peningkatan program daur ulang plastik konvensional? Bandingkan dan jelaskan dengan alasan yang mendalam berdasarkan tabel di bawah ini!

	Pengembangan Bioplastik	Program Daur Ulang
Dari segi Ramah Lingkungannya		
Dari segi Biayanya		
Dari segi Kualitas Produknya		
Dari segi Tantangannya		

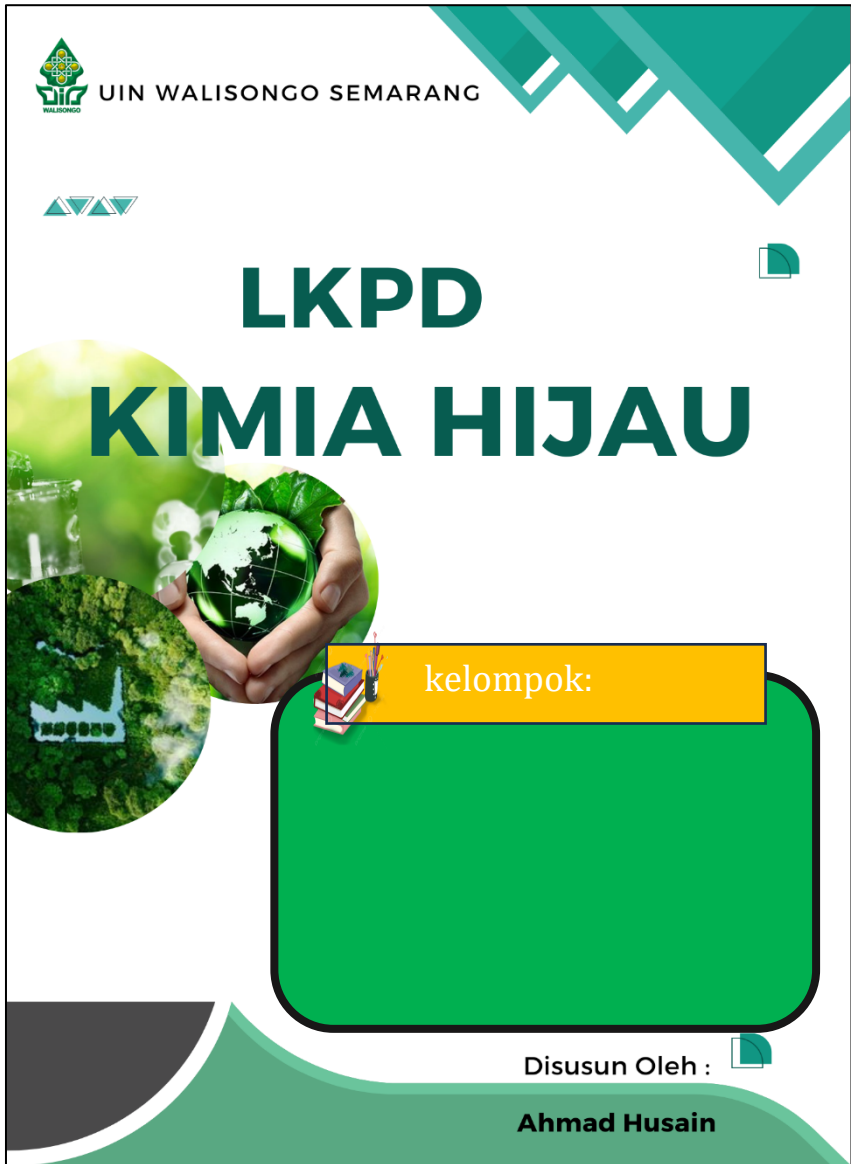
Soal 9

Indikator soal	Aspek berpikir kritis
merancang rencana aksi untuk memperkenalkan dan mempromosikan bioplastik di lingkungan mereka dan Menyimpulkan seberapa efektif bioplastik dalam menggantikan plastik konvensional dalam kemasan makanan dari segi keamanan dan lingkungan.	Strategy/ Tactics dan Clarification

Penggunaan bioplastik dalam kemasan makanan semakin banyak dipertimbangkan sebagai alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan dari plastik konvensional. Bioplastik menawarkan sejumlah keuntungan, seperti kemampuan terurai secara alami

dan penggunaan bahan baku terbarukan. Menurut Kepala Loka Penelitian Teknologi Bersih Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LPTB LIPI) Sri Priatni mengatakan, bioplastik adalah harapan masa depan lingkungan. Bioplastik berpotensi meniadakan timbunan sampah plastik yang sulit terurai memenuhi tempat penampungan sampah atau tergenang tak karuan di banyak sungai-sungai di Indonesia. (dilansir dari: www.kompas.id)

- A. Berdasarkan hal tersebut, sebagai seorang peserta didik bagaimana langkah terbaik untuk mengurangi penggunaan kemasan dari plastik konvensional dan memperkenalkan produk kimia hijau seperti bioplastik? (berikan minimal 4 langkah)**
- B. Jabarkan beberapa keuntungan dan risiko terkait penggunaan bioplastik sebagai kemasan makanan?**



 UIN WALISONGO SEMARANG



LKPD KIMIA HIJAU

kelompok:

Disusun Oleh :  Ahmad Husain

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

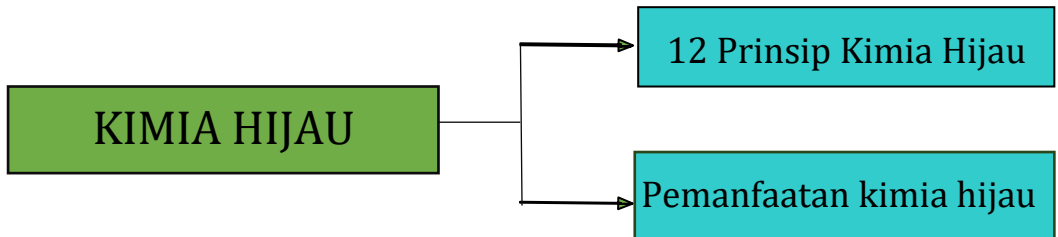
1. Peserta didik dapat Menganalisis prinsip kimia hijau dalam mendukung upaya pelestarian lingkungan.

B. PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD

- 1) Setiap kelompok harus membaca dan memahami LKPD dengan seksama
- 2) Diskusikan setiap permasalahan dalam LKPD Bersama anggota kelompok masing-masing
- 3) Mintalah bantuan kepada guru jika terdapat kendala dalam memahami LKPD
- 4) Kerjakan soal yang ada didalam LKPD dengan jawaban yang tepat.



PETA KONSEP



KIMIA HIJAU

Permasalahan awal



Fenomena sampah kiriman yang terjadi hampir setiap tahun ini.

Berdasarkan fenomena yang dijelaskan dalam video berjudul “**pulau plastik**” tersebut merepresentasikan secara nyata bahwa Indonesia merupakan negara penghasil sampah terbesar ke-5 di dunia pada tahun 2020. Hal ini tercatat dalam laporan Bank Dunia yang bertajuk *The Atlas of Sustainable Development Goals 2023*. Menurut laporan tersebut, pada tahun 2020 Indonesia memproduksi sekitar 65,2 juta ton sampah. Indonesia juga termasuk negara penyumbang sampah plastik ke lautan terbesar di dunia. Tercatat jumlah sampah plastik dari Indonesia ke lautan mencapai 56.333 metrik ton setiap tahun. Sampah plastik merupakan salah satu masalah besar bagi lingkungan. Pasalnya sampah plastik dapat mencemari air laut, sehingga mengganggu rantai makanan dan membunuh biota laut.



Menentukan pertanyaan mendasar

Masalah apa saja yang dapat ditimbulkan dari fenomena diatas!

Tuliskan dalam tabel di bawah, bahaya apa saja yang dapat di timbulkan dari limbah sampah plastik bagi kehidupan! berikan alasanya!

Bahaya sampah pelastik

Alternatif apa saja yang dapat dilakukan untuk mengurangi sampah plastik!



Membuat desain proyek

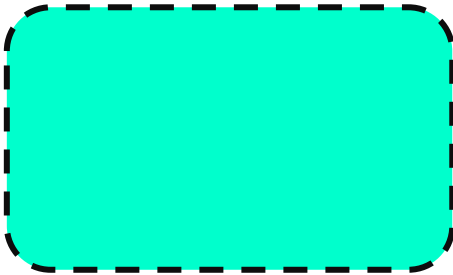
Bioplastik merupakan salah satu inovasi yang menjanjikan sebagai solusi untuk mengurangi limbah sampah plastik yang semakin mengkhawatirkan. Plastik konvensional yang sering kita gunakan sehari-hari terbuat dari polimer sintesis seperti polietilena (PE), polipropilena (PP), dan polivinil klorida (PVC) yang berasal dari bahan baku fosil. Komposisi kimia dari plastik ini terdiri dari rantai panjang atom karbon yang dihasilkan melalui proses polimerisasi. Meskipun plastik memiliki banyak manfaat karena sifatnya yang kuat, ringan, dan tahan lama, penggunaannya menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Plastik konvensional membutuhkan waktu yang sangat lama untuk terurai dan sering kali berakhir sebagai sampah yang mencemari tanah dan laut, membahayakan kehidupan hewan dan manusia. Dalam upaya untuk mengatasi masalah ini, pembuatan bioplastik dari bahan-bahan alami yang dapat terurai secara hayati menjadi langkah penting yang bisa diambil. Oleh karena itu, mari kita bersama-sama menggali lebih dalam mengenai bioplastik dan membuat proyek yang bertujuan untuk mengembangkan bioplastik sebagai alternatif ramah lingkungan untuk masa depan yang lebih baik.

**DISKUSIKAN BERSAMA KELOMPOKMU UNTUK MEMBUAT
DESAIN PROYEK PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI BAHAN
ALAMI YANG ADA DI SEKITAR KALIAN**

JUDUL

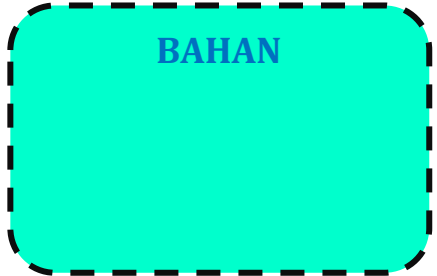


ALAT

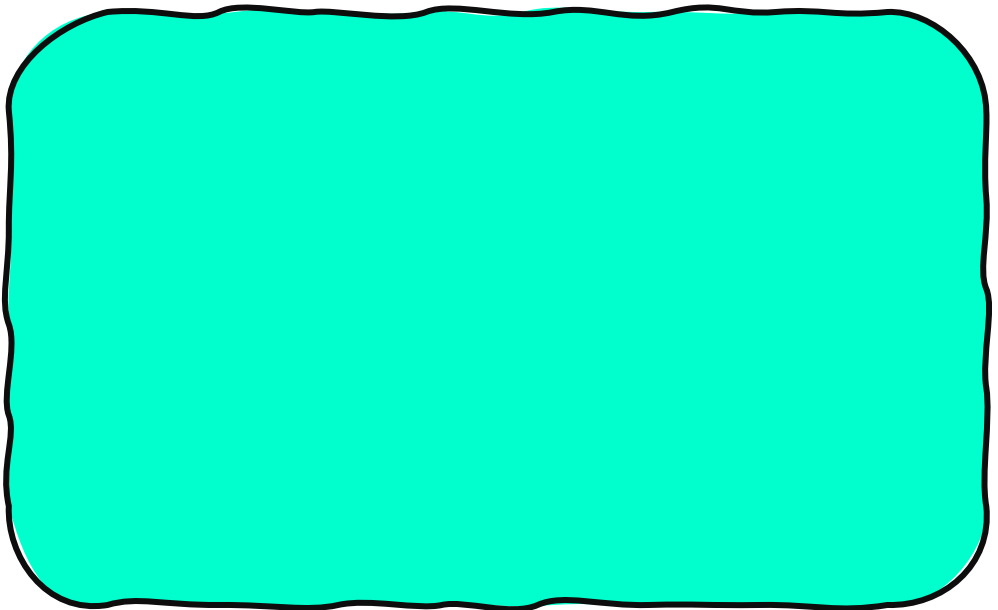


BAHAN

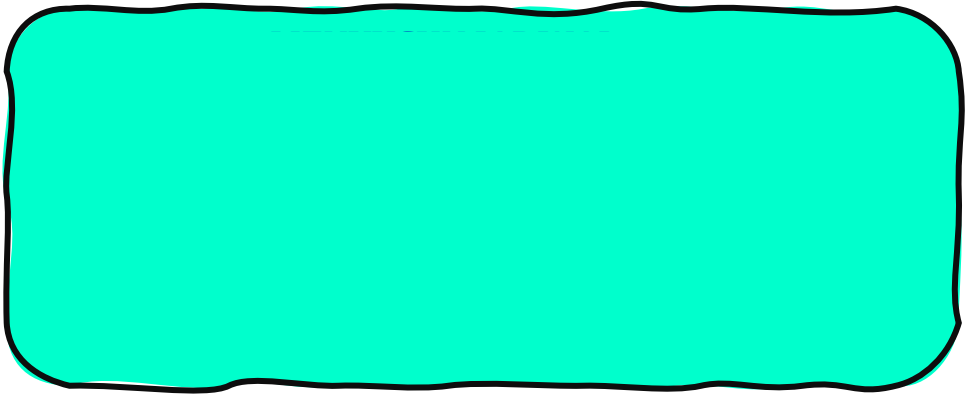
BAHAN



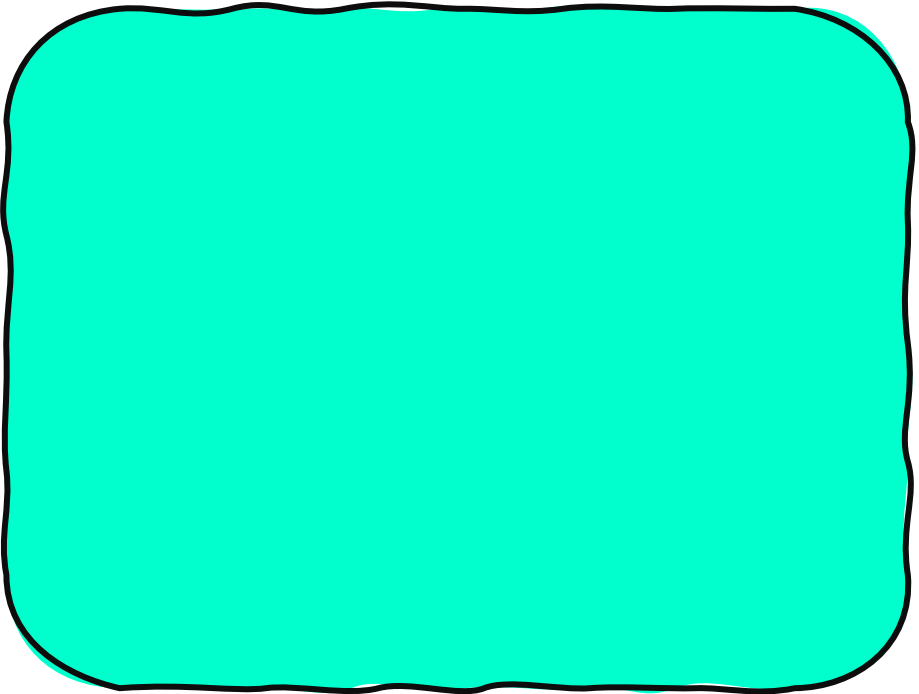
PROSEDUR KERJA



MENYUSUN JADWAL



HASIL



EVALUASI

Berdasarkan pengalaman selama project kendala apa saja yang kalian temui dan solusi seperti apa yang kalian berikan!

Berdasarkan project yang telah kalian lakukan, mengapa bioplastik berkaitan dengan kimia hijau dan prinsip kimia hijau apa saja yang sesuai dengan project bioplastik!



 UIN WALISONGO SEMARANG



LKPD

KIMIA HIJAU



 kelompok:

Disusun Oleh : 

Ahmad Husain

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

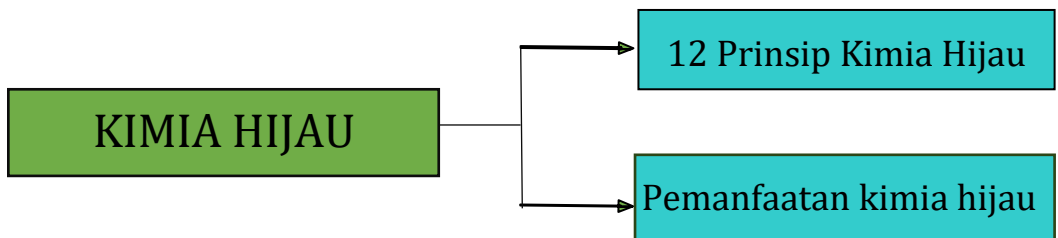
Peserta didik dapat Menganalisis prinsip kimia hijau dalam mendukung upaya pelestarian lingkungan.

B. PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD

- 1) Setiap kelompok harus membaca dan memahami LKPD dengan seksama
- 2) Diskusikan setiap permasalahan dalam LKPD
Bersama anggota kelompok masing-masing
- 3) Mintalah bantuan kepada guru jika terdapat kendala dalam memahami LKPD
- 4) Kerjakan soal yang ada didalam LKPD dengan jawaban yang tepat.



PETA KONSEP



KIMIA HIJAU

Mengorientasi siswa pada masalah



Fenomena sampah kiriman yang terjadi hampir setiap tahun ini.

Berdasarkan fenomena yang dijelaskan dalam video berjudul “**pulau plastik**” tersebut merepresentasikan secara nyata bahwa Indonesia merupakan negara penghasil sampah terbesar ke-5 di dunia pada tahun 2020. Hal ini tercatat dalam laporan Bank Dunia yang bertajuk *The Atlas of Sustainable Development Goals 2023*. Menurut laporan tersebut, pada tahun 2020 Indonesia memproduksi sekitar 65,2 juta ton sampah. Indonesia juga termasuk negara penyumbang sampah plastik ke lautan terbesar di dunia. Tercatat jumlah sampah plastik dari Indonesia ke lautan mencapai 56.333 metrik ton setiap tahun. Sampah plastik merupakan salah satu masalah besar bagi lingkungan. Pasalnya sampah plastik dapat mencemari air laut, sehingga mengganggu rantai makanan dan membunuh biota laut.



Mengorganisasi siswa untuk belajar

Masalah apa saja yang dapat ditimbulkan dari fenomena diatas!

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, analisislah mana diantara 12 prinsip kimia hijau yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut! Sertakanlah Alasannya!

Solusi apa yang dapat di tawarkan untuk mengatasi permasalahan di atas?



Membimbing penyelidikan kelompok

Tuliskan dalam tabel di bawah, bahaya apa saja yang dapat di timbulkan dari limbah sampah baik sampah organik maupun sampan anorganik!

Sampah organik	anorganik

Berikan 1 alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah sampah plastik berikan alasanmu!



Mengembangkan dan menyajikan

presentasikan hasil diskusi kalian di depan kelas!



Mengembangkan dan menyajikan

Tuliskan kesimpulan dari diskusi yang telah kalian lakukan bersama kelompok kalian!

Large empty rectangular area with a dashed black border, intended for writing the conclusion of the discussion.

Lampiran 6. Data peserta didik kelas X

NO	X-1	X-2
1	Afidhatus Sholihah	Ahmad Fairuz Amali
2	Ahmad Amin Yusuf	Ahmad Rafi Kurniawan
3	Ariani Fitri Fauziyah	Amirah Karimah Az-zahrah
4	Daviq Ahmad Yusa	Anisah Karina Az Zahra
5	Dian Damayanti	Arma Dea Azani Putri
6	Elysia Qothrunnada	Azza Nurul Almaghfira
7	Kayla Nurul Amalia	Dewi Mauludiyah Amaliyah Sari
8	Kharisma Khoirun Najwa	Dwi Ayu Purboningrum
9	Khirzatul Khasanah	Fatimatuz Zahroh
10	Luluk Mamluatur Rohmah	Fina Nurus Sufiyah
11	Milla Syarifah	Fitri Nur Amalia
12	M. Abdul Rohim	Ismawati
13	M. Adam Al-Ghifari	Khoirur Riziq Ar Ridho
14	M. Aditya Firmansyah	Kurnia Andhika Pratama
15	M. Akmalul Wava	Lamatul Lailiyah
16	M. Kholilur Rohman	Maulidiya Nur Malikhah
17	M. Rafa Arfian	M. Azka Arjuna
18	M. Slamet Alfian	M. Hasan Mutawakkil
19	M. Syafi'i Ridlo	M. Mufti Kamil
20	Nova Aurelia	M. Rifqy Maulana
21	Rachel Aulia Sabrina	M. Salman Al Farishi
22	Raditya Daffa Al Dzikri	M. Yasin Hidayatullah

23	Rasya Adinda Safitri	Nabil Najilul Hilmi
24	Rifa Safinatun Najikhah	Nadia Putri Aulia
25	Risma Zuliyani Fauziyah	Nova Aurelia
26	Sahrul Firmansah	Rahma Maulidatus Syifa
27	Saroh Raudlotul Aulia	Siti Salwa Safitri
28	Yeni Ifa Syafitri	Titik Nor Fitriana
29	Zahrah Al Thofunnisa	Varah Dhina Novelitha
30		Wahyu Eka Aditya
31		A. Basit Firmansyah

Lampiran 7. Data peserta didik kelas XI IPA

NO	XI IPA-1
1	Afidhatus Sholihah
2	Ahmad Amin Yusuf
3	Ariani Fitri Fauziyah
4	Daviq Ahmad Yusa
5	Dian Damayanti
6	Elysia Qothrunnada
7	Kayla Nurul Amalia
8	Kharisma Khoirun Najwa
9	Khirzatul Khasanah
10	Luluk Mamluatur Rohmah
11	Milla Syarifah
12	M. Abdul Rohim

13	M. Adam Al-Ghifari
14	M. Aditya Firmansyah
15	M. Akmalul Wava
16	M. Kholilur Rohman
17	M. Rafa Arfian
18	M. Slamet Alfian
19	M. Syafi'i Ridlo
20	Nova Aurelia
21	Rachel Aulia Sabrina
22	Raditya Daffa Al Dzikri
23	Rasya Adinda Safitri
24	Rifa Safinatun Najikhah
25	Risma Zuliyani Fauziyah
26	Sahrul Firmansah
27	Saroh Raudlotul Aulia
28	Yeni Ifa Syafitri
29	Zahrah Al Thofunnisa
30	
31	

Lampiran 8. Hasil validasi instrumen Lima validator

LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN

Judul penelitian : Efektivitas Model Project Based Learning (PjBL) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Kimia Hijau

Peneliti : Ahmad Husain

Nama validator : *Lis Setyo Nugroho*

Jabatan : *Dosen*

Instansi : *UIN Walisongo*

Tanggal :

A. Pengantar

Lembar validasi ini digunakan untuk memperoleh penilaian Bapak/Ibu terhadap Instrumen soal yang dikembangkan. Penelitian ini juga untuk memperoleh kritik dan saran Bapak/Ibu terhadap soal yang di buat. Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

B. Petunjuk

1. Bapak/Ibu diharapkan memberikan penilaian pada setiap butir soal.
2. Bapak/Ibu diharapkan memberikan nilai pada kolom setiap soal.
3. Kriteria skor kelayakan penilaian tiap butir soal sebagai berikut:

Skor kelayakan	keterangan
4	Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
3	Layak digunakan di lapangan dengan sedikit revisi
2	Layak digunakan di lapangan dengan banyak revisi
1	Tidak layak digunakan di lapangan

4. Penilaian

NO	Aspek yang di nilai	NOMOR SOAL								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Assesmen									
a.	Konten instrumen penilaian merangsang siswa untuk berpikir kritis	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	Materi									
a.	Butir soal sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai	4	4	4	4	4	4	4	4	4
b.	Instrumen soal sesuai dengan indikator berpikir kritis	4	4	4	4	4	4	4	4	4
c.	Kebenaran isi (fakta, konsep, dan teori)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
d.	Instrumen soal sesuai dengan muatan materi kimia hijau	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Konstruksi									
a.	Pokok soal dirumuskan dengan jelas dan tegas	4	4	4	3	4	4	4	4	4
b.	Pokok soal tidak memberikan petunjuk kunci jawaban	4	4	4	4	4	4	3	4	4
4	Kebahasaan									
a.	Penggunaan bahasa pada soal tidak multitafsir, lugas dan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia	4	3	3	4	4	4	3	4	4

5. Komentor umum dan saran

- Sebaiknya soal dgn jawaban.

- Gb. jawaban

- Sertakan sumber gambar.

6. Kesimpulan

Setelah melakukan penilaian dan validasi terhadap instrumen, instrumen penilaian ini dinyatakan:

- a. Valid digunakan untuk uji coba tanpa revisi
- ☒ b. Valid digunakan untuk uji coba setelah revisi
- c. Tidak valid untuk digunakan uji coba

Mohon diberi tanda silang (X) sesuai dengan kesimpulan Bapak/Ibu.

Semarang, 16 oktober 2024

Validator



Lis Setyo Nugrum

NIP. 199308182019032029

LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN

Judul penelitian : Efektivitas Model Project Based Learning (PjBL) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Kimia Hijau

Peneliti : Ahmad Husain

Nama validator : Ufa Lutfianasari

Jabatan : Dosen

Instansi :

Tanggal :

A. Pengantar

Lembar validasi ini digunakan untuk memperoleh penilaian Bapak/Ibu terhadap Instrumen soal yang dikembangkan. Penelitian ini juga untuk memperoleh kritik dan saran Bapak/Ibu terhadap soal yang di buat. Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

B. Petunjuk

1. Bapak/Ibu diharapkan memberikan penilaian pada setiap butir soal.
2. Bapak/Ibu diharapkan memberikan nilai pada kolom setiap soal.
3. Kriteria skor kelayakan penilaian tiap butir soal sebagai berikut:

Skor kelayakan	keterangan
4	Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
3	Layak digunakan di lapangan dengan sedikit revisi
2	Layak digunakan di lapangan dengan banyak revisi
1	Tidak layak digunakan di lapangan

4. Penilaian

NO	Aspek yang di nilai	NOMOR SOAL								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Asesmen									
a.	Konten instrumen penilaian merangsang siswa untuk berpikir kritis	4	4	4	3	4	4	4	4	4
2	Materi									
a.	Butir soal sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai	4	4	4	4	4	4	4	4	4
b.	Instrumen soal sesuai dengan indikator berpikir kritis	4	4	3	4	4	4	4	4	4
c.	Kebenaran isi (fakta, konsep, dan teori)	3	3	4	4	4	4	4	4	4
d.	Instrumen soal sesuai dengan muatan materi kimia hijau	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Konstruksi									
a.	Pokok soal dirumuskan dengan jelas dan tegas	4	3	4	3	3	3	3	3	3
b.	Pokok soal tidak memberikan petunjuk kunci jawaban	4	3	4	4	3	3	3	4	4
4	Kebahasaan									
a.	Penggunaan bahasa pada soal tidak multitafsir, lugas dan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia	3	4	3	3	3	4	4	4	4

5. Komentor umum dan saran

Revisi sesuai dengan saran yg diberikan

6. Kesimpulan

Setelah melakukan penilaian dan validasi terhadap instrumen, instrumen penilaian ini dinyatakan:

- Valid digunakan untuk uji coba tanpa revisi
- Valid digunakan untuk uji coba setelah revisi
- Tidak valid untuk digunakan uji coba

Mohon diberi tanda silang (X) sesuai dengan kesimpulan Bapak/Ibu.

Semarang, 16 oktober 2024

Validator


Ufa Lutfiansari
NIP

LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN

Judul penelitian : Efektivitas Model Project Based Learning (PjBl) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Kimia Hijau

Peneliti : Ahmad Husain

Nama validator : Masya Marchelina Natasukma, S.Pd.

Jabatan : Guru Kimia

Instansi : SMAN 9 Semarang

Tanggal : 29 Oktober 2024

A. Pengantar

Lembar validasi ini digunakan untuk memperoleh penilaian Bapak/Ibu terhadap Instrumen soal yang dikembangkan. Penelitian ini juga untuk memperoleh kritik dan saran Bapak/Ibu terhadap soal yang di buat. Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

B. Petunjuk

1. Bapak/Ibu diharapkan memberikan penilaian pada setiap butir soal.
2. Bapak/Ibu diharapkan memberikan nilai pada kolom setiap soal.
3. Kriteria skor kelayakan penilaian tiap butir soal sebagai berikut:

Skor kelayakan	keterangan
4	Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
3	Layak digunakan di lapangan dengan sedikit revisi
2	Layak digunakan di lapangan dengan banyak revisi
1	Tidak layak digunakan di lapangan

4. Penilaian

NO	Aspek yang di nilai	NOMOR SOAL								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Assesmen									
a.	Konten instrumen penilaian merangsang siswa untuk berpikir kritis	3	4	4	4	4	3	3	4	4
2	Materi									
a.	Butir soal sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai	4	4	4	4	4	4	3	4	4
b.	Instrumen soal sesuai dengan indikator berpikir kritis	4	4	4	4	4	4	4	4	4
c.	Kebenaran isi (fakta, konsep, dan teori)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
d.	Instrumen soal sesuai dengan muatan materi kimia hijau	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Konstruksi									
a.	Pokok soal dirumuskan dengan jelas dan tegas	3	3	4	4	4	3	3	4	4
b.	Pokok soal tidak memberikan petunjuk kunci jawaban	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	Kebahasaan									
a.	Penggunaan bahasa pada soal tidak multitafsir, lugas dan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia	4	4	4	4	4	4	4	4	4

5. Komentar umum dan saran

Antara stimulus soal dengan pertanyaan sebaiknya diberi kalimat yang membatasi.
Stimulus pada soal sebaiknya tidak terkur pusing karena membuat siswa bosan membaca.
Sesuaikan level logging dengan soalnya.

6. Kesimpulan

Setelah melakukan penilaian dan validasi terhadap instrumen, instrumen penilaian ini dinyatakan:

- a. Valid digunakan untuk uji coba tanpa revisi
- ☒ b. Valid digunakan untuk uji coba setelah revisi
- c. Tidak valid untuk digunakan uji coba

Mohon diberi tanda silang (X) sesuai dengan kesimpulan Bapak/Ibu.

Semarang, 29 Oktober 2024

Validator



Masya M.N. Gpd
NIP. 199703142023212007

LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN

Judul penelitian : Efektivitas Model Project Based Learning (PjBL) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik Pada Materi Kimia Hijau

Peneliti : Ahmad Husain

Nama validator : Joni Kurniawan, M.Pd.

Jabatan : Guru Ahli Pertama

Instansi : SMA Negeri 9 Semarang

Tanggal : November 2024

A. Pengantar

Lembar validasi ini digunakan untuk memperoleh penilaian Bapak/Ibu terhadap Instrumen soal yang dikembangkan. Penelitian ini juga untuk memperoleh kritik dan saran Bapak/Ibu terhadap soal yang dibuat. Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar validasi ini.

B. Petunjuk

1. Bapak/Ibu diharapkan memberikan penilaian pada setiap butir soal.
2. Bapak/Ibu diharapkan memberikan nilai pada kolom setiap soal.
3. Kriteria skor kelayakan penilaian tiap butir soal sebagai berikut:

Skor kelayakan	keterangan
4	Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
3	Layak digunakan di lapangan dengan sedikit revisi
2	Layak digunakan di lapangan dengan banyak revisi
1	Tidak layak digunakan di lapangan

4. Penilaian

NO	Aspek yang di nilai	NOMOR SOAL								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Assesmen									
a.	Konten instrumen penilaian merangsang peserta didik untuk berpikir kritis	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	Materi									
a.	Butir soal sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai	4	4	4	4	4	4	4	4	4
b.	Instrumen soal sesuai dengan indikator berpikir kritis	4	4	3	4	3	4	4	4	4
c.	Kebenaran isi (fakta, konsep, dan teori)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
d.	Instrumen soal sesuai dengan muatan materi	4	4	4	3	4	4	4	4	4

	kimia hijau									
3	Konstruksi									
a.	Pokok soal dirumuskan dengan jelas dan tegas	3	4	4	4	4	4	4	4	4
b.	Pokok soal tidak memberikan petunjuk kunci jawaban	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	Kebahasaan									
a.	Penggunaan bahasa pada soal tidak multitafsir, lugas dan sesuai dengan kaidah bahasa indonesia	4	4	4	4	4	4	4	4	4

5. Komentar umum dan saran

a) Soal nomor awal masih sering menggunakan KKO Jelaskan dan Sebutkan, tolong kalimat disusun sehingga Untuk soal C4 dan C5 tidak sering menggunakan kata sebutkan dan jelaskan.

Seperti berikut: No 3 C4 (Analisis)

Contoh soal sebagai berikut:

Berdasarkan informasi di atas, analisis dan buat simpulan mengenai dampak positif dan negatif penggunaan tepung maizena sebagai bahan baku bioplastic!

- b) *Pada informasi yang disajikan, belum membahas dan memunculkan informasi terkait pembuatan bioplastic, sehingga masih berupa gambaran awal supaya menarik minat peserta didik untuk lebih bias membandingkan antara plastic konvensional dan bioplastic. Akan tetapi karena ranah soal sudah ada yang mencapai level C6 (Mencipta) alangkah lebih baiknya memunculkan ide ide atau informasi mengenai proses pembuatan tersebut.*

Catatan:

C6 bukan sintesis akan tetapi mencipta. Untuk Sintesis masih katagori C5

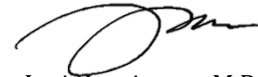
6. Kesimpulan

Setelah melakukan penilaian dan validasi terhadap instrumen, instrumen penilaian ini dinyatakan :

- a. Valid digunakan untuk uji coba tanpa revisi
- b. ***Valid digunakan untuk uji coba setelah revisi (X)***
- c. Tidak valid untuk digunakan uji coba

Mohon diberi tanda silang (X) sesuai dengan kesimpulan Bapak/Ibu.

Semarang, 16 Oktober 2024
Validator



Ioni Kurniawan, M.Pd

NIP 19860622 202221 1 009

LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN

Judul Penelitian : Efektivitas Model Project Based Learning (PjBL) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik Pada Materi Kimia Hijau

Peneliti : Ahmad Husain

Nama Validator : Khaerul Ashabi, S. Pd., Gr.

Jabatan : Guru Kimia

Instansi : SMA Darul Fikri

Tanggal : 18 Oktober 2024

A. Pengantar

Lembar validasi ini digunakan untuk memperoleh penilaian Bapak/Ibu terhadap Instrumen soal yang dikembangkan. Penelitian ini juga untuk memperoleh kritik dan saran Bapak/Ibu terhadap soal yang di buat. Saya ucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu menjadi validator dan mengisi lembar

validasi ini.

B. Petunjuk

1. Bapak/Ibu diharapkan memberikan penilaian pada setiap butir soal.
2. Bapak/Ibu diharapkan memberikan nilai pada kolom setiap soal.
3. Kriteria skor kelayakan penilaian tiap butir soal sebagai berikut:

Skor kelayakan	keterangan
4	Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
3	Layak digunakan di lapangan dengan sedikit revisi
2	Layak digunakan di lapangan dengan banyak revisi
1	Tidak layak digunakan di lapangan

4. Penilaian

NO	Aspek yang di nilai	NOMOR SOAL								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Asesmen									
a.	Konten instrumen penilaian merangsang peserta didik untuk berpikir kritis	3	3	4	3	4	4	4	4	4
2	Materi									
a.	Butir soal sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai	4	4	4	4	4	4	4	4	4
b.	Instrumen soal sesuai dengan indikator berpikir kritis	4	4	4	4	4	4	4	4	4
c.	Kebenaran isi (fakta, konsep, dan teori)	3	3	4	3	4	4	4	4	4
d.	Instrumen soal sesuai dengan muatan materi kimia hijau	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Konstruksi									
a.	Pokok soal dirumuskan dengan jelas dan tegas	4	4	4	4	4	3	4	4	4
b.	Pokok soal tidak memberikan petunjuk kunci jawaban	3	3	4	3	4	4	3	3	4
4	Kebahasaan									

a.	Penggunaan bahasa pada soal tidak multitafsir, lugas dan sesuai dengan kaidah bahasa indonesia	4	4	4	4	4	3	3	4	3
Rata-rata Nilai		3,625	3,625	4	3,625	4	3,75	3,75	3,875	3,875

5. Komentar Umum dan Saran

- a. Dalam menyusun suatu instrumen perhatikan kembali hal-hal kecil yang sering terlupakan salah satunya adalah tata kepenulisan seperti:
 - Penulisan kalimat efektif, penulisan huruf pada awal kalimat dan penulisan kata yang berasal dari kepanjangan suatu singkatan
 - Penggunaan kata baku dan penulisan istilah asing
 - Penggunaan *numbering symbol* dan *chemistry symbol* misalnya pada unsur CO₂
 - Cek berulang sebelum *final* untuk memperhatikan *typo writing*
- b. Perhatikan kembali kasus-kasus yang ada pada soal, perhatikan susunan kalimatnya agar tidak memunculkan jawaban. Hal ini tentu akan mengurangi penilaian kompetensi tingkat berpikir kritis yang diinginkan.
- c. Dalam menyusun kisi-kisi gunakanlah istilah-istilah dengan menyesuaikan kurikulum yang berlaku pada satuan pendidikan atau materi pembelajaran yang diteliti. Misalnya; istilah kompetensi dasar atau capaian pembelajaran.

- d. Cek kembali 12 prinsip kimia hijau yang dijadikan topik; khususnya prinsip dalam menganalisis pemilihan bahan baku pembuatan plastik

e. Kesimpulan

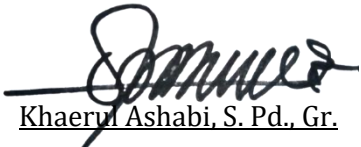
Setelah melakukan penilaian dan validasi terhadap instrumen, instrumen penilaian ini dinyatakan:

- a. ~~Valid digunakan untuk uji coba tanpa revisi~~
b. **Valid digunakan untuk uji coba setelah revisi**
c. ~~Tidak valid untuk digunakan uji coba~~

Mohon diberi tanda silang (X) sesuai dengan kesimpulan Bapak/Ibu.

Semarang, 18 Oktober 2024

Validator


Khaerul Ashabi, S. Pd., Gr.
NIP. -

Lampiran 9. Hasil perhitungan uji validitas isi- aspek asesmen

VALIDATOR	BUTIR SOAL																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s
I	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
II	4	3	4	3	4	3	3	2	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
III	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	3	2	3	2	4	3	4	3
IV	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
V	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
ΣS	15		15		15		14		15		14		14		15		15	
n(c-1)	15		15		15		15		15		15		15		15		15	
V	1		1		1		0,9333333333		1		0,9333333333		0,9333333333		1		1	
Keterangan	valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid	
rata rata	0,9777777778																	

Lampiran 10. Hasil perhitungan uji validitas isi- aspek materi

VALIDATOR	BUTIR SOAL																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s
I	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
II	3,75	2,75	3,75	2,75	3,75	2,75	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
III	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	3,75	2,75	4	3	4	3
IV	4	3	4	3	3,75	2,75	3,75	2,75	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
V	3,75	2,75	3,75	2,75	4	3	3,75	2,75	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
ΣS	14,5		14,5		14,5		14,5		15		15		14,75		15		15	
n(c-1)	15		15		15		15		15		15		15		15		15	
V	0,96666666 67		0,96666666 67		0,96666666 667		0,96666666 67		1		1		0,983333 3333		1		1	
Keterangan	valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid	
rata-rata	0,98333333 33																	

Lampiran 11. Hasil perhitungan uji validitas isi- aspek konstruksi

VALIDATOR	BUTIR SOAL																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s
I	4	3	4	3	4	3	3,5	2,5	4	3	4	3	3,5	2,5	4	3	4	3
II	4	3	4	3	4	3	3,5	2,5	4	3	4	3	4	3	3,5	2,5	3,5	2,5
III	3,5	2,5	3,5	2,5	4	3	4	3	4	3	3,5	2,5	3,5	2,5	4	3	4	3
IV	3,5	2,5	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
V	3,5	2,5	3,5	2,5	4	3	3,5	2,5	4	3	3,5	2,5	3,5	2,5	3,5	2,5	4	3
ΣS	13,5		14		15		13,5		15		14		13,5		14		14,5	
n(c-1)	15		15		15		15		15		15		15		15		15	
V	0,9		0,93333333 33		1		0,9		1		0,93333333 333		0,9		0,93333333 333		0,966666 6667	
Keterangan	valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid	
rata-rata	0,94074074 07																	

Lampiran 12. Hasil perhitungan uji validitas isi- aspek kebahasaan

VALIDATOR	BUTIR SOAL																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	sk or	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s	skor	s
I	4	3	3	2	4	3	4	3	4	3	4	3	3	2	4	3	4	3
II	3	2	4	3	3	2	3	2	3	2	4	3	4	3	4	3	4	3
III	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
IV	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
V	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	3	2	3	2	4	3	3	2
ΣS	14		14		14		14		14		14		13		15		14	
$n(c-1)$	15		15		15		15		15		15		15		15		15	
V	0,9333 33333 3		0,93333333 33		0,93333333 333		0,933333333 3		0,93333333 33		0,93333333 33		0,86666666 67		1		0,933333 3333	
Keterangan	valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid		valid	
rata- rata	0,9333 333333																	

Lampiran 13. Hasil perhitungan uji validitas empiris

BUTIR SOAL		Rhitung pearson	R Tabel (N-2)	pernyataan
1		0,613	0,3673	Valid
2	A	0,566	0,3673	Valid
	B	0,556	0,3673	Valid
3	A	0,470	0,3673	Valid
	B	0,387	0,3673	Valid
4	A	0,510	0,3673	Valid
	B	0,515	0,3673	Valid
5		0,415	0,3673	Valid
6	A	0,521	0,3673	Valid
	B	0,521	0,3673	Valid
7	A	0,376	0,3673	Valid
	B	0,462	0,3673	Valid
8		0,664	0,3673	Valid
9	A	0,384	0,3673	Valid
	B	0,406	0,3673	Valid

Lampiran 14. Hasil perhitungan uji reliabilitas

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.766	15

Lampiran 15. Hasil perhitungan uji tingkat kesukaran

BUTIR SOAL		MEAN	MAX	TK	PERNYATAAN
1		2,72	4	0,68	SEDANG
2	A	2,72	4	0,68	SEDANG
	B	2,48	4	0,62	SEDANG
3	A	2,34	4	0,585	SEDANG
	B	2,21	4	0,5525	SEDANG
4	A	2,59	4	0,6475	SEDANG
	B	2,55	4	0,6375	SEDANG
5		2,17	4	0,5425	SEDANG
6	A	3,00	4	0,75	MUDAH
	B	2,45	4	0,6125	SEDANG
7	A	2,17	4	0,5425	SEDANG
	B	2,62	4	0,655	SEDANG
8		2,72	4	0,68	SEDANG
9	A	2,90	4	0,725	MUDAH
	B	2,21	4	0,5525	SEDANG

Lampiran 16. Hasil perhitungan uji daya beda

BUTIR SOAL		DB	KRITERIA
1		0,515	BAIK
2	A	0,469	BAIK
	B	0,459	BAIK
3	A	0,349	CUKUP
	B	0,257	CUKUP
4	A	0,384	CUKUP
	B	0,412	BAIK
5		0,285	CUKUP
6	A	0,413	BAIK
	B	0,353	CUKUP
7	A	0,286	CUKUP
	B	0,349	CUKUP
8		0,572	BAIK
9	A	0,265	CUKUP
	B	0,237	CUKUP

Lampiran 17. Hasil uji normalitas populasi

Tests of Normality ^a							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	kelas	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
hasil	kelas x a	.108	30	.200 [*]	.961	30	.338
	kelas x b	.126	29	.200 [*]	.976	29	.725
	kelas x c	.128	31	.200 [*]	.944	31	.107
	kelas x d	.112	31	.200 [*]	.960	31	.284

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

a. Lilliefors Significance Correction

Lampiran 18. Hasil uji homogenitas populasi

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
hasil	Based on Mean	.587	3	117	.625
	Based on Median	.642	3	117	.590
	Based on Median and with adjusted df	.642	3	112.348	.590
	Based on trimmed mean	.578	3	117	.631

Lampiran 19. Hasil uji normalitas pre-test dan post-test

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
kelas		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
keterampilan berpikir kritis	pre test kelas kontrol	.190	31	.006	.938	31	.075
	pre test kelas eksperimen	.120	29	.200 [*]	.956	29	.265
	post test kelas kontrol	.108	31	.200 [*]	.964	31	.368
	post test kelas eksperimen	.161	29	.053	.959	29	.310

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

a. Lilliefors Significance Correction

Lampiran 20. Hasil uji homogenitas pre-test dan post-test

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
hasil	Based on Mean	1.374	1	57	.246
	Based on Median	1.381	1	57	.245
	Based on Median and with adjusted df	1.381	1	56.698	.245
	Based on trimmed mean	1.381	1	57	.245

Lampiran 21. Hasil uji independent T-test

Group Statistics

kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
hasil postes kelas kontrol	30	22.00	5.085	.928
postes kelas eksperimen	29	25.59	4.005	.744

Independent Samples Test

Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
hasil	Equal variances assumed	1.634	.206	-3.003	57	.004	-3.586	1.194	-5.978 -1.194
	Equal variances not assumed			-3.015	54.789	.004	-3.586	1.190	-5.970 -1.202

Lampiran 22. Hasil uji effect size

Group Statistics

kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Zscore(hasil) postes kelas kontrol	30	-.3602422	1.03930940	.18975107
postes kelas eksperimen	29	.3726643	.81841589	.15197602

Independent Samples Test

Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
Zscore(hasil)	Equal variances assumed	1.634	.206	-3.003	57	.004	-.73290649	.24409451	-1.22169731 -.24411566
	Equal variances not assumed			-3.015	54.789	.004	-.73290649	.24310939	-1.22015085 -.24566213

Lampiran 23. Surat izin penelitian



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

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km.1 Semarang
E-mail: fst@walisongo.ac.id Web: <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.8078/Un.10.8/K/SP.01.08/10/2024
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Semarang, 29 Oktober 2024

Kepada Yth.
Kepala Sekolah MA YPKM Raden Fatah
Jungpasir, Kec. Wedung Kab. Demak, Jawa Tengah
di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : Ahmad Husain
NIM : 2008076041
Jurusan : PENDIDIKAN KIMIA
Judul : Efektivitas Model Project Based Learning (PjBL) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Kimia Hijau
Semester : IX (Sembilan)

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut, Meminta ijin melaksanakan Riset di tempat Bapak / ibu pimpin, yang akan dilaksanakan 4 - 24 November 2024.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Dekan
Kebag. Tata Usaha,
Kharis, SH, M.H
19691017 199403 1 002

Tembusan Yth.

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

Cp Ahmad Hussin : 085724479181

Lampiran 24. Surat bukti penelitian



YAYASAN PENDIDIKAN & KESEJAHTERAAN MUSLIMIN
"RADEN FATAH"
MADRASAH ALIYAH YPKM RADEN FATAH
JUNGPAHIR – WEDUNG – DEMAK KODE POS 59554

SURAT KETERANGAN

Nomor : MA.RF/k.80/XI/2024

Yang bertanda tangan dibawah ini Kepala Madrasah Aliyah YPKM Raden Fatah Jungpasir Wedung Demak, menerangkan dengan sesungguhnya bahwa:

Nama : Ahmad Husain
NIM : 2008076041
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jurusan : Pendidikan Kimia
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

Bahwa Mahasiswa tersebut diatas benar-benar telah melaksanakan penelitian dengan judul *"Efektivitas Model Project Based Learning (PjBL) Melalui Pembuatan Bioplastik Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Kimia Hijau"* pada tanggal 04 November s/d 24 November 2024 di MA YPKM Raden Fatah Jungpasir Wedung Demak.

Demikian Surat Keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Demak, 24 November 2024

Kepala Madrasah



[Signature]
Gatot Kuswoyo, S.E

Lampiran 25. Dokumentasi



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

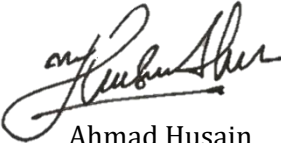
A. Identitas Diri

1. Nama : Ahmad Husain
2. Tempat tanggal lahir : Demak, 22 April 2001
3. Alamat : Desa Jungpasir, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah
4. No HP : 085724479181
5. Email : husainmustofa219@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. MIN JUNGPASIR (2007-2013)
2. MTS BANDAR ALIM JUNGPASIR (2013-2016)
3. MAS YPKM RADEN FATAH JUNGPASIR (2017-2020)
4. UIN WALISONGO SEMARANG (2020-Sekarang)

Semarang, 10 Desember 2024



Ahmad Husain

NIM.2008076041