

**DAMPAK PENGGUNAAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*
GEMINI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN
TERHADAP PEMIKIRAN KRITIS SISWA
KELAS X DI SMAN 6 MAROS**

SKRIPSI



WINDY SEPTIANA

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PEGETAHUAN
UNIVERSITAS MUSLIM MAROS**

HALAMAN JUDUL

SKRIPSI

Diajukan pada Program Studi Pendidikan Biologi Keguruan
dan Ilmu Pendidikan Universitas Muslim Maros untuk Memenuhi
Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Pendidikan

WINDY SEPTIANA
NIM : 2184025012

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PEGETAHUAN
UNIVERSITAS MUSLIM MAROS
2025

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul **“Dampak Penggunaan *Artificial Intelligence Gemini* sebagai Media Pembelajaran Terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros”**

Atas Nama Mahasiswa :

Nama Mahasiswa : Windy Septiana
Nomor Induk Mahasiswa : 2184025012
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Program Studi : Pendidikan Biologi

Setelah diteliti dan diperiksa, maka Skripsi ini telah memenuhi syarat untuk disetujui.

Maros, 29 Juli 2025

Pembimbing I,



Rizki Anralia Nur, S.Pd., M.Pd.
NIDN. 0921118702

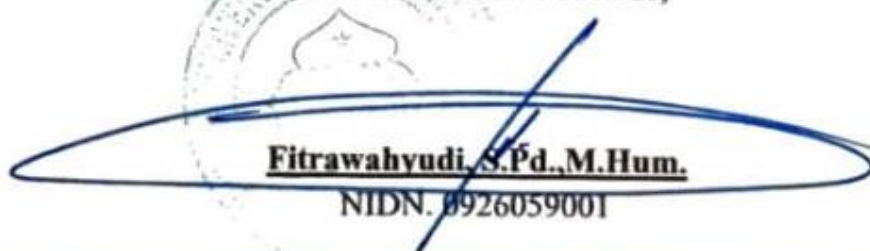
Pembimbing II,



Rika Rivanti, S.Pd., M.Pd.
NIDN. 0919048403

Mengetahui,

Dekan Fakultas dan Ilmu Pendidikan
Universitas Muslim Maros,



Fitrawahyudi, S.Pd., M.Hum.
NIDN. 0926059001

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

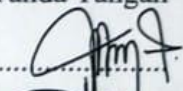

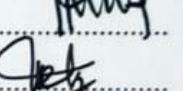
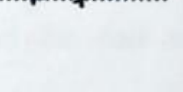
**DAMPAK PENGGUNAAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*
GEMINI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN
TERHADAP PEMIKIRAN KRITIS SISWA
KELAS X DI SMAN 6 MAROS**

disusun oleh:

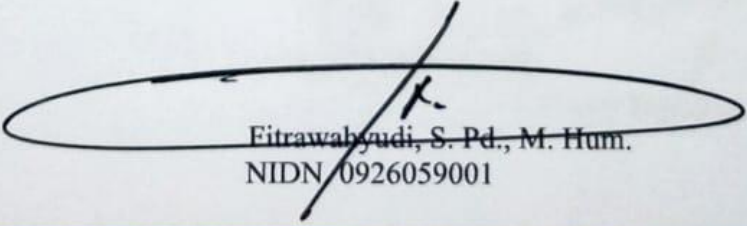
Windy Septiana
2184025012

Telah diujikan dan diseminarkan
pada tanggal 21 Agustus 2025

TIM PENGUJI

| Nama | Jabatan | Tanda Tangan |
|------------------------------------|---------|---|
| Pertiwi Indah Lestari, S.Pd.,M.Pd. | Ketua |  |
| Rizki Amalia Nur, S.Pd.,M.Pd. | Anggota |  |
| Rika Riyanti, S.Pd.,M.Pd. | Anggota |  |
| Nurhidayah, S.Pd.,M.Pd. | Anggota |  |

Maros, 14 September 2025
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Muslim Maros
Dekan,


Fitrawahyudi, S. Pd., M. Hum.
NIDN/0926059001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Windy Septiana
NIM : 2184025012
Tempat/Tanggal Lahir : Bengo/09 September 2001
Jurusan : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Program Studi : Pendidikan Biologi
Alamat : Jl. Pasar Ikan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul “**DAMPAK PENGGUNAAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE GEMINI* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TERHADAP PEMIKIRAN KRITIS SISWA KELAS X DI SMAN 6 MAROS**” adalah benar asli karya saya dan bukan jiplakan ataupun plagiat dari karya orang lain.

Jika kemudian hari terbukti bahwa pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa batalnya gelar saya, maupun sanksi pidana atas perbuatan saya tersebut.

Demikian pernyataann ini saya buat atas kesadaran saya sebagai civitas akademik Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muslim Maros.

Maros, 27 Juli 2025



Windy Septiana

PERNYATAAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademik FKIP UMMA, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Windy Septiana

Nim : 2184025012

Program Studi : Pendidikan Biologi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada STKIP YAPIM Maros Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right) atas skripsi saya yang berjudul:

“DAMPAK PENGGUNAAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE GEMINI* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TERHADAP PEMIKIRAN KRITIS SISWA KELAS X DI SMAN 6 MAROS”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini FKIP UMMA berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Maros

Pada tanggal : 27 Juli 2025

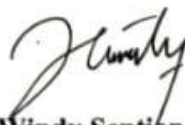
Menyetujui

Pembimbing I,



Rizki Amalia Nur, S.Pd. M.Pd.
NIDN : 0921118702

Yang membuat pernyataan,



Windy Septiana
NIM : 2184025012

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat, karunia dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan dan penulisan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi tercinta, Muhammad SAW yang telah menyinari dunia ini dengan cahaya Islam. Teriring harapan semoga kita termasuk umat beliau yang akan mendapatkan syafa'at di hari kemudian. Amin.

Penelitian ini berjudul “**DAMPAK PENGGUNAAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE GEMINI* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TERHADAP PEMIKIRAN KRITIS SISWA KELAS X DI SMAN 6 MAROS**”, diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Biologi pada Program Studi Pendidikan Biologi FKIP UMMA.

Proses penyelesaian skripsi ini sungguh merupakan suatu perjuangan panjang bagi penulis. Penulis menyadari bahwa dalam proses penelitian, hingga penulisan skripsi, penulis menemui banyak hambatan. Namun berkat bantuan, motivasi, doa dan pemikiran dari berbagai pihak, maka hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi dengan baik. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap dengan selesainya skripsi ini, bukanlah akhir dari sebuah karya, melainkan awal dari semuanya, awal dari sebuah perjuangan hidup.

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada teman-teman atas segala bantuan dan segala doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi

dengan baik. Kiranya Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kita semua.

Selanjutnya ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi tingginya penulis sampaikan kepada:

1. Dr. H. M. Ikram Idrus, M.S, Ketua yayasan YAPIM.
2. Prof. Nurul Ilmi Idrus, M.Sc., Ph.D, Rektor Universitas Muslim Maros
3. Fitrawahyudi, S.Pd., M.Hum., Dekan FKIP UMMA.
4. Nurhidayah, S.Pd., M.Pd., Ketua Program Studi Pendidikan Biologi FKIP UMMA.
5. Rizki Amalia Nur S.Pd., M.Pd., Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran, memberi motivasi dalam membimbing dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Keikhlasan beliau memberi semangat kepada penulis untuk mengerjakan skripsi ini sebaik-baiknya.
6. Rika Riyanti, S.Pd., M.Pd., Pembimbing II yang senantiasa memberi semangat dan meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini serta berdiskusi ketika ide awal penelitian ini penulis ajukan hingga revisi-rivisi penelitian ini sehingga menambah wawasan penulis. Dari keikhlasan beliau, penulis senantiasa bersemangat mengerjakan skripsi ini meskipun terasa cukup berat.
7. Bapak dan Ibu dosen FKIP UMMA yang tidak dapat kami sebut namanya satu persatu yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan.

8. Staf pegawai FKIP UMMA yang telah bekerja dengan hati yang tulus dan melayani dengan penuh sabar demi kelancaran proses perkuliahan.
9. Kepala Sekolah SMAN 6 Maros, terkhusus kepada Bapak Umar yang memberi fasilitas ruang selama pengambilan data penelitian dilakukan.
10. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi FKIP UMMA, atas segala bantuan dan kerjasamanya selama penulis menjalani perkuliahan.

Harapan penulis, semoga dukungan, dorongan, dan bantuan serta pengorbanan yang telah diberikan oleh berbagai pihak hingga selesainya penulisan tulisan ini dapat memberikan nilai ibadah serta mendapatkan ridho dari Allah swt. Amin.

Akhirnya, penulis berharap semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan untuk kemajuan pendidikan di Indonesia khususnya di Kabupaten Maros.

Maros, 27 Juli 2025



Windy Septiana

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Berhenti itu pilihan, maju itu keharusan.”

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Dengan penuh rasa hormat dan cinta, karya sederhana ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, serta pengorbanan tanpa henti. Segala dukungan dan keikhlasan mereka menjadi sumber kekuatan terbesar bagi saya dalam menempuh setiap langkah pendidikan hingga titik ini.

Tak lupa, persembahan ini ditujukan kepada almamater tercinta yang telah menjadi tempat saya belajar, bertumbuh, dan menempa diri. Semoga skripsi ini dapat menjadi bentuk penghargaan dan sumbangsih kecil bagi kejayaan almamater di masa mendatang.

ABSTRAK

Windy Septiana. 2025. Dampak Penggunaan *Artificial Intelligence Gemini* sebagai Media Pembelajaran terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros (dibimbing oleh Rizki Amalia Nur dan Rika Riyanti).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak penggunaan *Artificial Intelligence (AI) Gemini* sebagai media pembelajaran terhadap pemikiran kritis siswa kelas X di SMAN 6 Maros. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan desain kuasi eksperimen *Pretest-Posttest Non-Equivalent Control Group Design*. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas X, dengan sampel berjumlah 45 siswa yang terbagi menjadi kelas eksperimen (X_2) 23 siswa dan kelas kontrol (X_4) 22 siswa. Instrumen penelitian berupa tes esai untuk mengukur pemikiran kritis dan kuesioner untuk melihat persepsi siswa. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pemberian *pretest*, perlakuan, dan *posttest*. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial (uji normalitas, homogenitas, dan uji-t) dengan bantuan aplikasi JASP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat dampak yang signifikan dari penggunaan *AI Gemini* terhadap peningkatan pemikiran kritis siswa, yang ditunjukkan oleh nilai *posttest* kelas eksperimen (83,65) yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelas kontrol (79,27), serta respons kuesioner yang sangat positif dengan rata-rata skor 4,43.

Kata Kunci : *AI Gemini*, Media Pembelajaran dan Pemikiran Kritis

ABSTRACT

Windy Septiana. 2025. Impact of Using Gemini Artificial Intelligence as Learning Media on Critical Thinking of Students Clas X at SMAN 6 Maros (supervised by Rizki Amalia Nur and Rika Riyanti).

This study aims to determine the impact of using Gemini Artificial Intelligence (AI) as a learning medium on the critical thinking of 10th grade students at SMAN 6 Maros. The method used is quantitative with a quasi-experimental Pre-test-Post-test Non-Equivalent Control Group Design. The research population consisted of all tenth-grade students, with a sample of 45 students divided into an experimental class (n=23) and a control class (n=22). The research instruments were essay tests to measure critical thinking and questionnaires to assess students' perceptions. Data collection techniques were carried out through pretest, treatment, and posttest administration. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics (normality, homogeneity, and t-test) with the help of the JASP application. The results showed that there was a significant impact of using Gemini AI on improving students' critical thinking, as indicated by the significantly higher posttest score of the experimental class (83.65) compared to the control class (79.27), as well as very positive questionnaire responses with an average score of 4.43.

Keywords: AI Gemini, Learning Media and Critical Thinking

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN | iv |
| PERNYATAAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | xiii |
| ABSTRAK | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| DAFTAR ISI | xvi |
| DAFTAR TABEL | xviii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xx |
| BAB I PENDAHULUAN | 2 |
| A. Latar Belakang | 2 |
| B. Rumusan Masalah | 6 |
| C. Tujuan Penelitian | 6 |
| D. Manfaat Penelitian | 6 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | 8 |
| A. Deskripsi Teori | 8 |
| 1. Pengertian <i>Artificial Intelligence (AI)</i> dalam Pendidikan | 8 |
| 2. <i>AI Gemini</i> | 10 |
| 3. Media Pembelajaran | 13 |
| 4. Pemikiran Kritis | 15 |
| 5. Perubahan dan Pelestarian Lingkungan | 18 |
| B. Kerangka Pikir | 22 |
| C. Hipotesis | 24 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 25 |
| A. Jenis dan Desain Penelitian | 25 |
| B. Waktu dan Tempat Penelitian | 27 |
| C. Populasi dan Sampel Penelitian | 27 |
| D. Prosedur Pelaksanaan Penelitian | 28 |
| E. Teknik Pengumpulan Data | 30 |

| | |
|--|----|
| F. Teknik Analisis Data | 31 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 34 |
| A. Hasil Penelitian | 34 |
| B. Pembahasan | 42 |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN | 47 |
| A. Simpulan | 47 |
| B. Saran | 48 |
| DAFTAR PUSTAKA | 49 |
| LAMPIRAN | 53 |

DAFTAR TABEL

| Nomor | Halaman |
|--|---------|
| 3.1 Desain Penelitian | 26 |
| 3.2 Populasi | 27 |
| 3.3 Sampel | 28 |
| 4.1 Analisis Deskriptif | 35 |
| 4.2 Uji Normalitas Kelas Kontrol | 37 |
| 4.3 Uji Normalitas Kelas Eksperimen | 38 |
| 4.4 Uji Homogenitas <i>Pretest</i> Kelas Eksperimen & Kelas Kontrol | 39 |
| 4.5 Uji Homogenitas <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen & Kelas Kontrol | 39 |
| 4.6 Uji t Independen | 40 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Halaman |
|----------------------|---------|
| 2.1 AI Gemini | 13 |
| 2.2 Pencemaran Udara | 19 |
| 2.3 Pencemaran Air | 20 |
| 2.4 Pencemaran Tanah | 20 |
| 2.5 Kerangka Pikir | 23 |

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Halaman

| | |
|---|-----|
| 1. Modul | 54 |
| 2. Kisi-kisi Instrument Penelitian | 63 |
| 3. Instumen Penelitian | 65 |
| 4. Jawaban Instrumen | 66 |
| 5. Nilai Tes Hasil Belajar Siswa Kelas Kontrol | 69 |
| 6. Nilai Tes Hasil Belajar Siswa Kelas Eksperimen | 71 |
| 7. Validitas Instrumen | 73 |
| 8. Data Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial | 78 |
| 9. Penilaian Autentik Siswa | 80 |
| 10. Kuesioner | 105 |
| 11. Dokumentasi | 107 |
| 12. Surat Izin Penelitian dari Fakultas | 110 |
| 13. Surat Penelitian dari Sekolah | 111 |
| 14. Riwayat Hidup | 112 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan era digital dan Industri 4.0 telah membawa perubahan besar dalam dunia pendidikan. Sistem pembelajaran kini dituntut untuk lebih adaptif, inovatif, dan selaras dengan kemajuan teknologi. Transformasi ini mendorong munculnya berbagai teknologi pembelajaran yang mampu menyesuaikan materi dengan kebutuhan individu siswa. Dalam konteks tersebut, peran teknologi menjadi semakin penting untuk mendukung pengembangan kompetensi abad ke-21 (Mulianingsih et al., 2020).

Dengan perkembangan tersebut, Kebijakan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) kini berfokus pada integrasi teknologi seperti *Artificial Intelligence (AI)*. Tetapi panduan spesifik untuk memanfaatkan teknologi ini guna mengembangkan daya kritis siswa masih belum tersedia. Kekurangan evaluasi dampak teknologi terhadap keterampilan berpikir kritis ini memunculkan pertanyaan mendasar mengenai kontribusinya bagi peningkatan kemampuan analisis dan pemecahan masalah siswa (Cholvistaria et al., 2025). Ketidakjelasan ini menggarisbawahi pentingnya kerangka implementasi yang jelas.

Secara potensial, sistem pembelajaran dengan menggunakan teknologi ini dapat menyesuaikan materi dengan kebutuhan individu, menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif dan personal. Tapi di balik potensinya, tantangan seperti ketergantungan berlebihan pada teknologi berisiko mengurangi kemandirian dan kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu,

institusi pendidikan perlu mengembangkan kerangka kerja yang bijaksana untuk memaksimalkan manfaat sekaligus memitigasi risikonya (Arnadi et al., 2024). Peringatan dari UNESCO pun mendukung kekhawatiran ini.

UNESCO memperingatkan bahwa implementasi *Artificial Intelligence (AI)* yang tidak hati-hati berisiko melemahkan kemampuan analisis mandiri dan kemampuan pemikiran kritis siswa. Risiko lain seperti masalah privasi data, bias algoritma, serta perubahan dinamika hubungan guru dan siswa (Putri & Widyaningrum, 2024). Implikasi ini harus dipertimbangkan serius seiring dengan diterapkannya Kurikulum Merdeka.

Kurikulum Merdeka menekankan pengembangan karakter dan kompetensi, termasuk berpikir kritis sebagai keterampilan esensial abad ke-21. Integrasi teknologi ini menjadi strategi yang relevan untuk mendukung tujuan kurikuler ini. Dalam hal ini, kehadiran *platform* multimodal seperti *Gemini* dari *Google AI* menawarkan potensi untuk memperkaya pengalaman belajar dan mengasah kemampuan pemikiran kritis siswa (Wahyudiono, 2023).

Kemampuan multimodal *AI Gemini* menyediakan berbagai bentuk dukungan pembelajaran. Kemampuannya memproses informasi besar dengan cepat memungkinkannya berfungsi sebagai asisten pembelajaran yang efektif, menciptakan pendekatan yang dinamis, adaptif dan personal. Pendekatan personal ini terbukti meningkatkan keterlibatan siswa, mempercepat pemahaman, dan menyediakan umpan balik yang tepat waktu (Widodo et al., 2024). Namun, efektivitasnya dalam mengembangkan pemikiran kritis perlu dikaji lebih lanjut.

Kemampuan berpikir kritis merupakan kompetensi fundamental yang diprioritaskan dalam pendidikan global, termasuk Indonesia. Kurikulum memainkan peran strategis dalam mencapai tujuan pendidikan nasional, sehingga pemerintah terus melakukan penyempurnaan kurikulum secara berkala. Seiring transformasi pendidikan, keterampilan menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, dan membuat keputusan matang menjadi semakin esensial bagi kesuksesan akademik dan profesional peserta didik (Boentolo et al., 2024). Sayangnya, partisipasi diskusi kelas yang menurun menjadi tantangan tersendiri.

Penurunan partisipasi diskusi dan kemampuan argumentasi siswa dapat menjadi indikator bahwa penggunaan teknologi seperti *AI Gemini* perlu diimbangi dengan metode yang mendorong interaksi aktif. Integrasi teknologi harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak mengurangi aspek penting pembelajaran seperti diskusi dan argumentasi, yang integral bagi pengembangan pemikiran kritis siswa (Sumantri et al., 2024). Pendekatan seimbang antara teknologi dan metode tradisional sangat diperlukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Alvendo (2024) di SMK IB Khalifah Bangsa Metro menunjukkan minat siswa mempelajari biologi dengan bantuan *Artificial Intelligence (AI)*. Sementara Lutfi (2024) menemukan bahwa *Artificial Intelligence (AI)* dapat mempermudah dan mempercepat proses belajar serta mengembangkan kemampuan mandiri, namun juga berpotensi menurunkan kemampuan berpikir dan menganalisis. Temuan yang tampaknya bertolak

belakang ini menyoroti kompleksitas dampak teknologi ini dan pentingnya konteks implementasi.

Secara spesifik, belum ada penelitian empiris yang mengukur dampak penggunaan *Artificial Intelligence (AI)* khususnya *AI Gemini* di SMAN 6 Maros terhadap perkembangan pemikiran kritis siswa. Hal ini penting untuk diteliti mengingat potensinya sebagai media pembelajaran. Pendidik perlu merancang strategi integrasi yang tidak hanya memanfaatkan kecanggihan teknologi, tetapi juga menekankan keterlibatan aktif siswa. Evaluasi menyeluruh terhadap penggunaan *AI Gemini* diperlukan untuk memastikan manfaatnya bagi pengembangan analisis dan argumentasi siswa (Boentolo et al., 2024). Kondisi di lapangan pun mendukung urgensi penelitian ini.

Hasil observasi awal di SMA Negeri 6 Maros menunjukkan pembelajaran masih mengandalkan buku paket sebagai media utama, meskipun seluruh siswa membawa *smartphone*. Oleh karena itu, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan memanfaatkan *AI Gemini* yang dapat diakses melalui *smartphone* sebagai media pembelajaran alternatif pada materi perubahan dan pelestarian lingkungan di kelas X.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak penerapan *AI Gemini* sebagai media pembelajaran. Data hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi sekolah dalam menyusun SOP (*Standard Operating Procedure*) penggunaan *Artificial Intelligence (AI)* yang berimbang, melindungi daya kritis siswa tanpa mengorbankan inovasi teknologi, sekaligus

mengisi celah literasi tentang interaksi *AI-generatif* dengan kemampuan kognitif siswa.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini bagaimana dampak *AI Gemini* terhadap pemikiran kritis siswa di SMAN 6 Maros?

C. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas maka tujuan peneliti ini untuk mengetahui dampak *AI Gemini* terhadap pemikiran kritis siswa di SMAN 6 Maros.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Praktis

- a. Bagi Guru: Memberikan rekomendasi praktis tentang strategi penggunaan *AI Gemini* sebagai alat pendukung pembelajaran yang dapat merangsang kemampuan analisis dan evaluasi siswa. Guru dapat memanfaatkan temuan ini untuk merancang aktivitas pembelajaran yang lebih interaktif dan berbasis masalah (*problem-based learning*).
- b. Bagi Siswa: Meningkatkan kesadaran siswa tentang potensi pemanfaatan *AI Gemini* untuk mengasah keterampilan berpikir kritis, seperti analisis informasi, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan. Hasil penelitian juga diharapkan dapat memotivasi siswa untuk lebih kritis dalam mengevaluasi konten digital.
- c. Bagi Sekolah: Memberikan acuan bagi SMAN 6 Maros dalam menyusun kebijakan terkait integrasi teknologi *AI Gemini* ke dalam

sistem pembelajaran, termasuk pertimbangan infrastruktur, pelatihan guru, dan evaluasi dampaknya terhadap kualitas pendidikan.

2. Manfaat Teoritis

- a. Pengembangan Ilmu Pendidikan dan Teknologi: Hasil penelitian ini akan memberikan kontribusi keilmuan dalam bidang pedagogi dan teknologi pendidikan, khususnya terkait integrasi *AI Gemini* dalam proses pembelajaran. Studi ini akan memperkaya literatur tentang bagaimana alat berbasis *AI* dapat memengaruhi dimensi kognitif siswa, terutama kemampuan berpikir kritis.
- b. Pemetaan Dampak *AI Gemini* dalam Pendidikan: Penelitian ini akan mengisi celah kajian empiris tentang efektivitas penggunaan *AI Gemini* sebagai media pembelajaran di Indonesia, khususnya di tingkat SMA.

3. Manfaat Sosial

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat, khususnya di lingkungan pendidikan, tentang pentingnya memanfaatkan teknologi secara bijak untuk membentuk generasi yang tidak hanya terampil secara teknis, tetapi juga mampu berpikir kritis, kreatif dan bertanggung jawab dalam menghadapi dinamika perubahan global.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Pengertian *Artificial Intelligence (AI)* dalam Pendidikan

Istilah "kecerdasan buatan" sendiri pertama kali dikemukakan pada tahun 1956 di Konferensi Dartmouth, menandai awal dari pengakuan formal terhadap bidang ini. Sejak saat itu, kecerdasan buatan terus dikembangkan dengan berbagai penelitian mengenai teori-teori dan prinsip-prinsipnya yang terus berkembang hingga saat ini. Meskipun istilah kecerdasan buatan baru muncul pada tahun 1956, teori-teori yang mengarah ke kecerdasan buatan sudah mulai muncul sejak tahun 1941 (Oktavia & Nurkholis, 2022).

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) adalah bidang ilmu komputer yang berfokus pada pembuatan mesin yang dapat melakukan aktivitas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Tugas-tugas ini termasuk belajar dari data, pengenalan pola, pemrosesan bahasa alami, dan pengambilan keputusan. *Artificial Intelligence (AI)* dimaksudkan untuk meniru proses kognitif manusia dan menawarkan jawaban yang efektif untuk masalah-masalah yang ada. *Artificial Intelligence (AI)* adalah sistem yang dapat secara aktif beradaptasi dan berubah sebagai respons terhadap pengalaman, bukan hanya sebagai alat bantu teknologi (Eriana & Zein, 2023).

Meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam menyelesaikan berbagai aktivitas yang sebelumnya membutuhkan campur tangan manusia adalah tujuan utama pengembangan *Artificial Intelligence (AI)*. Dalam dunia pendidikan

berupaya memfasilitasi pembelajaran dengan menawarkan platform yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan unik setiap orang. *Artificial Intelligence (AI)* dapat digunakan dalam bidang pendidikan untuk memfasilitasi pembelajaran personal dan adaptif yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Dengan menggunakan data seefisien mungkin untuk meningkatkan pengambilan keputusan (Saputro et al., 2024).

Penggunaan teknologi *Artificial Intelligence (AI)* semakin mendapat perhatian pada bidang pendidikan. Pendidikan adalah salah satu bidang yang berkembang dengan cepat seiring dengan perkembangan teknologi digital. Era digital telah mengubah cara kita belajar dan mengajar serta menghadirkan tantangan baru bagi para pendidik. Tujuan mendasar dari pengembangan *Artificial Intelligence (AI)* adalah untuk membuat komputer mampu melaksanakan suatu perintah atau tugas yang biasanya dilakukan oleh manusia. Dalam perspektif lain, *Artificial Intelligence (AI)* didefinisikan sebagai solusi berbasis komputer terhadap masalah yang ada, yang menggunakan aplikasi yang mirip dengan proses berpikir menurut manusia (Setiawi et al., 2024).

Menurut (Chiu et al., 2023) terdapat beberapa penerapan *Artificial Intelligence (AI)* dalam pembelajaran yang menunjukkan potensi transformatif teknologi ini, salah satunya sistem *Artificial Intelligence (AI)* memiliki kemampuan untuk memeriksa data siswa tertentu dan menghasilkan kurikulum yang disesuaikan untuk memenuhi tuntutan unik dan tingkat pemahaman setiap pelajar. Pendekatan ini memfasilitasi tingkat pembelajaran individual dan

efisiensi yang lebih tinggi, memungkinkan setiap siswa untuk belajar dengan kecepatan dan gaya yang sesuai dengan kebutuhan mereka.

Dalam konteks pendidikan biologi khususnya, *Artificial Intelligence (AI)* dapat dimanfaatkan untuk mempersonalisasi pembelajaran, mengidentifikasi kesulitan belajar siswa, serta menyediakan metode pengajaran yang inovatif. Penerapan *Artificial Intelligence (AI)* dalam pembelajaran biologi dapat membantu siswa untuk memahami konsep-konsep kompleks melalui visualisasi dan simulasi yang interaktif, serta memberikan pengalaman praktikum virtual yang mungkin sulit dilakukan dalam kondisi laboratorium konvensional (Diantama, 2023).

Menurut Dede (seperti dikutip dalam Cholvistaria et al., 2025) menekankan pentingnya peran pengajaran yang bijak dalam mengintegrasikan *Artificial Intelligen (AI)* agar siswa tidak hanya mengandalkan teknologi untuk memperoleh jawaban, tetapi juga dilatih untuk berpikir kritis dan analitis dalam menghadapi masalah. Pendekatan ini menjadi dasar penting dalam mengkaji dampak penggunaan *AI Gemini* terhadap pemikiran kritis siswa di SMAN 6 Maros.

2. *AI Gemini*

Gemini merupakan model kecerdasan buatan (*AI*) generatif multimodal yang dikembangkan oleh *Google DeepMind*. Platform ini dirancang dengan kemampuan canggih untuk memahami dan menghasilkan berbagai jenis informasi seperti teks, kode, audio, gambar, dan video secara terintegrasi, sehingga dapat membantu pengguna dalam menulis, merencanakan, belajar,

serta memproses informasi kompleks. Fleksibilitas inilah yang mendasari potensinya dalam bidang pendidikan (Hidayat et al., 2024).

Dalam pembelajaran, *Gemini* berfungsi sebagai sistem yang memanfaatkan *machine learning* dan *Natural Language Processing* (NLP) untuk mendukung proses belajar-mengajar. Ia tidak hanya bertindak sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai mitra kolaboratif bagi pendidik dan siswa dalam menganalisis data, memahami kebutuhan individual, serta menyediakan solusi pembelajaran yang personal dan relevan (Sukiman et al., 2024). Pendekatan ini memungkinkan terciptanya lingkungan belajar yang lebih adaptif.

Salah satu keunggulan utamanya adalah kemampuannya yang benar-benar multimodal. Berbeda dengan model lain yang sering kali menggabungkan kemampuan tersebut secara terpisah, *Gemini* dirancang sejak awal untuk memahami dan menghasilkan berbagai format data secara alami. Integrasi alami ini memungkinkan pemahaman konteks yang lebih menyeluruh dan akurat, misalnya dengan menganalisis diagram sambil menjelaskan konsep matematika secara tertulis (Wahyuningtyas, 2025). Kemampuan ini menjadikannya alat yang sangat fleksibel untuk menciptakan pengalaman belajar yang holistik.

Kemampuan multimodal tersebut memungkinkan penciptaan pengalaman belajar yang mendalam dan beragam. Ketika menjelaskan konsep ilmiah kompleks, *platform* ini dapat menggabungkan penjelasan tekstual dengan diagram, ilustrasi, atau simulasi interaktif, sehingga membantu siswa memahami materi dari berbagai perspektif. Pendekatan ini selaras dengan teori

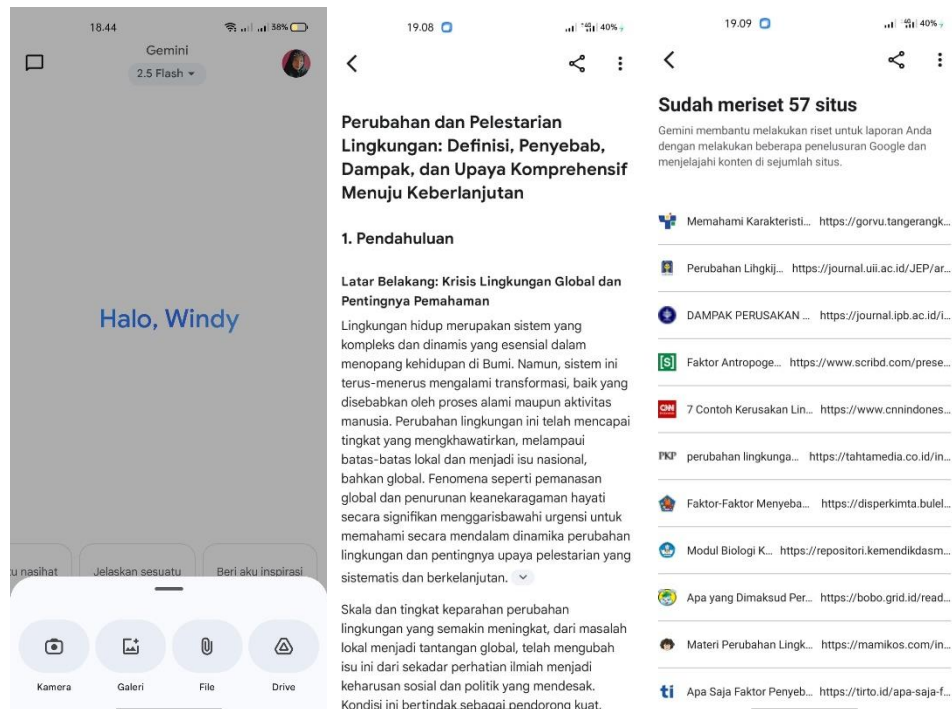
pembelajaran modern yang menekankan pentingnya mengakomodasi beragam gaya belajar. Bahkan, pendekatan ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi pembelajaran berbasis permainan (Agnes et al., 2024).

Gemini juga dapat dimanfaatkan untuk menciptakan pengalaman pembelajaran berbasis permainan (*game-based learning*) yang interaktif. Dengan mengintegrasikan elemen permainan ke dalam materi ajar, *platform* ini dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa, sambil tetap memastikan keselarasan konten dengan tujuan kurikulum. Selain fitur interaktifnya, kelebihan lain yang membedakannya dari model *AI* sejenis adalah integrasinya yang mulus dengan ekosistem digital yang sudah ada (Agnes et al., 2024).

Kemampuannya untuk meringkas konten *YouTube* dengan cara menyalin tautannya dan memasukkannya ke *Gemini* juga menjadi salah satu kelebihannya. Fitur ini sangat menghemat waktu bagi siswa dan guru, karena tidak perlu menonton video berdurasi panjang untuk menangkap inti pembahasannya. Selain itu, integrasi penuhnya dengan ekosistem *Google* seperti *Google Classroom*, *Docs*, *Slides* dan *Search* yang memudahkan proses belajar-mengajar dalam satu *platform* yang sudah familiar, sekaligus meningkatkan efisiensi penyusunan bahan ajar dan pemberian umpan balik.

AI Gemini juga memiliki beberapa keterbatasan yaitu *platform* ini dapat menghasilkan informasi yang tidak akurat atau kesalahan interpretasi, terutama dalam peringkasan konten video. Selain itu, *Gemini* tidak mampu mengekspor teks langsung ke file *Word*, sehingga pengguna harus menyalin-tempel secara manual yang dapat mengacaukan format. Ketergantungan pada ekosistem

Google juga membatasi fleksibilitas penggunaan di lingkungan *non-Google*. Aspek privasi data menjadi pertimbangan penting dalam penggunaannya. Oleh karena itu, peran guru tetap krusial untuk memastikan teknologi ini digunakan secara kritis dan efektif, tanpa mengurangi kemampuan analitis siswa.



Gambar 2.1. *AI Gemini*

3. Media Pembelajaran

Kata "media" berasal dari bahasa latin yang berarti perantara atau pengantar. Media berperan sebagai perantara yang menghubungkan sumber dengan penerima pesan, di mana pesan tersebut mengandung materi instruksional. Tujuannya adalah untuk memfasilitasi tercapainya proses pembelajaran secara efektif. Sedangkan, pembelajaran merupakan upaya yang disengaja oleh pendidik untuk membimbing dan memfasilitasi peserta didik agar dapat menyerap pengetahuan sesuai dengan kebutuhan pribadi serta minat yang dimilikinya (Daniyanti et al., 2023).

Media pembelajaran dapat didefinisikan sebagai segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan pembelajaran, baik itu berupa alat, bahan, maupun lingkungan yang mendukung proses belajar (Ma'ruf Wijaya & Badri, 2021). Media pembelajaran adalah alat bantu yang digunakan untuk menyampaikan pesan dari pengirim ke penerima, media juga bisa disebut sebagai sarana penyampaian informasi dari komunikator (guru) kepada komunikan (siswa) sebagai penerima. Hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran berfungsi untuk menciptakan kondisi yang memungkinkan siswa memperoleh pengetahuan, keterampilan, atau sikap tertentu (Hasan et al., 2021).

Media pembelajaran yang baik memiliki karakteristik tertentu yang mendukung proses belajar mengajar. Beberapa karakteristik tersebut meliputi:

- a. Meningkatkan Motivasi: Media yang menarik dapat meningkatkan minat dan motivasi siswa dalam belajar. Penggunaan media yang bervariasi membantu menghindari kebosanan dan membuat pembelajaran lebih menarik.
- b. Memudahkan Pemahaman: Media pembelajaran membantu menjelaskan konsep-konsep yang kompleks atau abstrak dengan cara yang lebih kongkret dan mudah dipahami. Misalnya, penggunaan gambar, grafik, atau video dapat memperjelas materi pelajaran.
- c. Mendorong Aktivitas Siswa: Dengan menggunakan media, siswa tidak hanya pasif mendengarkan penjelasan guru, tetapi juga aktif terlibat dalam proses belajar melalui berbagai aktivitas seperti diskusi, demonstrasi, dan eksplorasi.

- d. Memberikan Umpan Balik: Media pembelajaran memungkinkan siswa mendapatkan umpan balik secara langsung mengenai pemahaman mereka terhadap materi. Hal ini penting untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki dalam proses belajar (Pakudu, 2024).

Penggunaan media pembelajaran memiliki berbagai manfaat bagi siswa dan pengajar:

- a. Meningkatkan Daya Ingat: Informasi yang disajikan melalui media visual atau audio cenderung lebih mudah diingat oleh siswa dibandingkan dengan penyampaian verbal saja.
- b. Variasi Metode Pengajaran: Media memungkinkan guru untuk menggunakan berbagai metode pengajaran sehingga proses belajar menjadi lebih dinamis dan tidak monoton.
- c. Fleksibilitas dalam Pembelajaran: Dengan adanya media online dan e-learning, siswa dapat mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja, memberikan kemudahan dalam proses belajar (Permansah & Murwaningsih, 2018).

4. Pemikiran Kritis

Pemikiran kritis (*critical thinking*) merupakan kemampuan kognitif yang melibatkan proses analisis, evaluasi, dan refleksi untuk membuat keputusan yang logis dan berbasis bukti. Berpikir kritis merupakan proses menganalisis suatu hal secara logis dan mendalam, dilanjutkan dengan mengumpulkan informasi selengkap mungkin terkait hal tersebut sebelum menentukan keputusan atau langkah konkret. Maka dari itu, kemampuan ini

perlu diasah sejak awal guna membekali peserta didik dengan kompetensi yang relevan dalam menjawab dinamika pendidikan masa kini (Triwulandari & U.S, 2022).

Konsep ini pertama kali dikembangkan oleh John Dewey yang menyebutnya sebagai *reflective thinking*, yaitu kemampuan berpikir secara sistematis untuk memecahkan masalah. Pemikiran kritis yaitu proses bekerja dengan dan mengubah data yang tersimpan dalam memori. Pembentukan konsep, penalaran, pemikiran kritis, pengambilan keputusan, kreativitas, dan pemecahan masalah, semuanya dilakukan melalui pemikiran Anggitasari et al. (2021).

Selain keterampilan, pemikiran kritis juga melibatkan sikap mental kritis yang mencakup sikap terbuka, keingintahuan intelektual, dan keberanian untuk mempertanyakan asumsi-asumsi yang ada. Hal ini sangat penting karena tanpa sikap mental yang proaktif, kemampuan teknis yang dimiliki seseorang mungkin tidak akan maksimal dalam menghadapi kompleksitas informasi yang terus berkembang.

Kemampuan berpikir kritis merupakan elemen penting dalam mendukung pencapaian akademik. Maka pengembangan keterampilan ini menjadi prioritas dalam proses pembelajaran, hal ini memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi pengetahuan secara mandiri melalui metode penemuan. Kompetensi pemecahan masalah dalam konteks ini merujuk pada kemampuan menyusun kesimpulan berbasis penalaran sistematis yang didukung verifikasi ilmiah. Sementara itu, kemampuan berargumentasi mencakup keterampilan

menyusun narasi persuasif serta merangkai gagasan logis yang terstruktur dengan dukungan bukti relevan (Wayudi et al., 2020).

Berpikir kritis adalah proses kognitif logis dan introspektif yang fokus pada penetapan kesimpulan tentang keyakinan atau tindakan yang perlu diambil. Aktivitas ini melibatkan pengkajian sistematis terhadap informasi, yang bersumber dari observasi empiris, refleksi pengalaman, pertimbangan rasional, atau pertukaran ide. Secara esensial, ini merupakan kemampuan mengorganisir gagasan dan fakta secara metodis untuk memahami relasi antarunsur tersebut, sekaligus menjadi alat untuk menyeleksi informasi yang kredibel (Novianti, 2020).

Dengan memiliki sikap terbuka, individu akan lebih mampu menerima berbagai perspektif dan ide baru, sementara keingintahuan intelektual mendorong mereka untuk terus menggali informasi dan memahami konteks secara mendalam. Dalam pendidikan, pemikiran kritis dipandang sebagai kompetensi esensial untuk menghadapi era informasi. Menurut Bloom dalam *Taxonomy of Educational Objectives*, pemikiran kritis berkaitan dengan level C4 (Analisis), C5 (Evaluasi), dan C6 (Kreasi) dalam ranah kognitif. Pembelajaran yang mendorong pemikiran kritis umumnya menggunakan pendekatan *konstruktivis*, di mana siswa aktif mengonstruksi pengetahuan melalui dialog, eksperimen, dan refleksi (Nirmala et al., 2024).

Perkembangan teknologi termasuk *AI Gemini*, telah membuka peluang baru dalam pengembangan pemikiran kritis. Teknologi dapat berfungsi sebagai *mindtool* (alat bantu kognitif) yang memfasilitasi siswa untuk mengorganisasi

ide, menguji hipotesis, dan mengevaluasi solusi. Namun, efektivitas teknologi tergantung pada desain pedagogis dan keterlibatan aktif siswa. *AI Gemini* sebagai media pembelajaran harus dirancang untuk memicu pertanyaan terbuka, simulasi masalah nyata dan umpan balik reflektif agar mampu merangsang pemikiran kritis (Harmilawati et al., 2024).

5. Perubahan dan Pelestarian Lingkungan

Keseimbangan lingkungan (homeostasis ekosistem) adalah suatu kondisi di mana terdapat interaksi yang harmonis dan dinamis antara semua komponen biotik (makhluk hidup) dan abiotik (fisika-kimia) dalam suatu ekosistem. Dalam kondisi seimbang, aliran energi dan daur biogeokimia (seperti daur karbon, nitrogen, dan air) berjalan lancar, sehingga ekosistem dapat mempertahankan stabilitasnya dan mendukung kehidupan di dalamnya.

Perubahan lingkungan adalah suatu keniscayaan, baik yang bersifat alami (seperti suksesi ekologi, letusan gunung berapi) maupun akibat aktivitas manusia. Perubahan yang terjadi secara perlahan dan masih dalam batas toleransi ekosistem dapat diserap oleh mekanisme umpan balik alami. Namun, perubahan yang drastis dan cepat dapat mengganggu keseimbangan.

Kriteria Lingkungan Hidup Dinyatakan Seimbang:

- a) Siklus Biogeokimia Berjalan Lancar: Semua unsur hara dan material (seperti karbon, nitrogen, fosfor, air) didaur ulang secara efisien. Tidak ada akumulasi limbah yang berlebihan.
- b) Aliran Energi Stabil: Energi dari matahari mengalir melalui rantai makanan secara seimbang, dari produsen (tumbuhan) ke konsumen

(herbivora, karnivora) dan pengurai (dekomposer). Populasi pada setiap tingkat trofik terkontrol secara alami.

- c) Keanekaragaman Hayati Tinggi: Ekosistem dengan keanekaragaman spesies, gen, dan ekosistem yang tinggi umumnya lebih stabil dan tahan terhadap gangguan (*resilien*). Setiap spesies memiliki peran (*niche*) yang saling mendukung.
- d) Kemampuan Regulasi (Pengaturan) Diri: Ekosistem mampu mengatur populasi organisme di dalamnya melalui mekanisme predasi, kompetisi, dan penyakit. Contoh: peningkatan populasi rusa akan diikuti peningkatan populasi harimau, yang kemudian akan menekan populasi rusa kembali.
- e) Produktivitas yang Berkelanjutan: Jumlah biomassa yang dihasilkan produsen seimbang dengan yang dikonsumsi oleh konsumen dan pengurai, sehingga tidak terjadi penumpukan atau penipisan yang ekstrem.

Pencemaran Lingkungan Hidup merupakan masuknya zat, energi, atau komponen berbahaya ke dalam lingkungan yang menyebabkan menurunnya kualitas dan mengancam kelangsungan hidup. Pencemaran ini terutama terjadi pada tiga media utama: udara, air, dan tanah, yang saling berkaitan dan dipicu oleh aktivitas manusia.

Pencemaran udara utamanya bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil oleh kendaraan bermotor dan industri. Aktivitas ini melepaskan polutan berbahaya seperti karbon monoksida (CO) yang dapat mengganggu pengikatan

oksigen dalam darah, serta sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_x) yang memicu hujan asam.



Gambar 2.2. Pencemaran Udara

Sementara itu, pencemaran air seringkali berasal dari limbah domestik, industri, dan pertanian. Limbah rumah tangga yang mengandung deterjen dan kotoran manusia dapat mencemari sumber air dengan bakteri patogen. Dari sektor pertanian, pupuk kimia yang terbawa aliran air memicu eutrofikasi, yaitu ledakan populasi alga yang menguras oksigen dan mematikan kehidupan akuatik. Lebih berbahaya lagi adalah limbah industri yang mengandung logam berat seperti merkuri, yang tidak hanya meracuni ekosistem perairan tetapi juga terakumulasi dalam rantai makanan hingga sampai ke manusia.



Gambar 2.3. Pencemaran Air

Di darat, pencemaran tanah terjadi akibat penumpukan sampah plastik yang sulit terurai, kebocoran limbah industri beracun, serta penggunaan pestisida dan pupuk kimia secara berlebihan. Zat-zat kimia ini dapat membunuh mikroorganisme pengurai yang vital bagi kesuburan tanah, membuat lahan menjadi tandus. Lebih lanjut, polutan dalam tanah dapat meresap ke dalam air tanah atau diserap oleh tanaman, yang kemudian masuk ke dalam rantai

makanan dan berpotensi menyebabkan penyakit serius, termasuk kanker, pada manusia dan hewan.



Gambar 2.4. Pencemaran Tanah

Akumulasi bahan pencemar dalam rantai makanan adalah proses di mana zat-zat beracun, seperti logam berat (merkuri, timbal) atau senyawa persisten (DDT, dioksin), menjadi semakin terkonsentrasi dalam tubuh organisme seiring dengan perpindahannya melalui tingkatan trofik dalam suatu jaring-jaring makanan. Proses ini sering disebut sebagai biomagnifikasi. Mekanismenya dimulai ketika produsen (fitoplankton atau tumbuhan) menyerap polutan dari lingkungan yang terkontaminasi, seperti air atau tanah. Konsentrasi polutan dalam tubuh produsen ini mungkin masih rendah. Ketika produsen dimakan oleh konsumen primer (hewan pemakan tumbuhan) dalam jumlah besar, polutan yang tidak dapat dicerna atau dikeluarkan oleh tubuh akan terakumulasi dalam jaringan lemak konsumen primer.

Proses ini berlanjut ketika konsumen primer dimangsa oleh konsumen sekunder, dan seterusnya. Pada setiap tingkatan, konsentrasi racun menjadi semakin tinggi. Dampak terparah akan dialami oleh predator puncak, termasuk manusia, di mana akumulasi racun dapat mencapai tingkat yang sangat berbahaya dan menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti kerusakan saraf, kanker, dan gangguan reproduksi. Kasus terkenal seperti penyakit

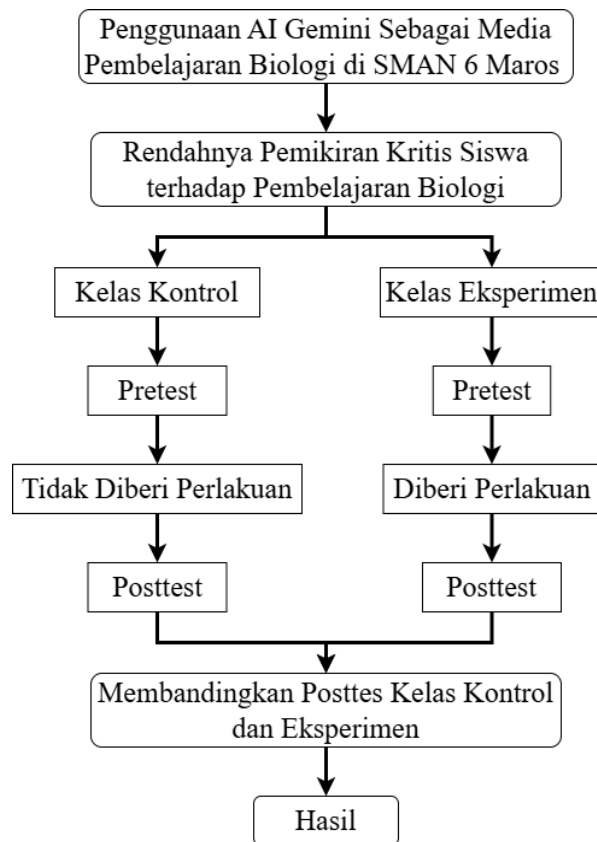
Minamata di Jepang akibat keracunan merkuri pada ikan adalah bukti nyata dari bahaya biomagnifikasi ini.

Penanganan limbah berbeda-beda sesuai dengan jenisnya. Limbah cair diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) melalui proses fisika (penyaringan), biologi (penguraian oleh bakteri), dan kimia (desinfeksi) hingga aman dibuang. Limbah padat ditangani dengan hierarki 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), pengomposan untuk sampah organik, dan pembuangan akhir di landfill saniter atau insinerasi untuk mengurangi volume.

Limbah gas dari industri dikendalikan menggunakan teknologi seperti scrubber (penyerapan gas), filter (penyaringan partikel), dan pengendap elektrostatis. Sementara itu, Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) memerlukan penanganan paling ketat, mulai dari penyimpanan berlabel, insinerasi suhu tinggi, solidifikasi untuk mengimobilisasi racun, hingga pembuangan akhir di landfill khusus B3 yang dirancang untuk mencegah kebocoran.

B. Kerangka Pikir

Penerapan teknologi *AI Gemini* dalam pendidikan telah membuka peluang baru untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. *AI Gemini* mampu memahami dan menghasilkan konten berbasis teks, gambar, audio, dan video, sehingga berpotensi menjadi media pembelajaran yang interaktif dan adaptif. Namun, dampaknya terhadap kemampuan berpikir kritis siswa masih perlu dikaji lebih mendalam, terutama dalam konteks pembelajaran di SMA. Adapun kerangka pikir pada penelitian ini ditunjukkan pada flowchart di bawah ini



Gambar 2.5. Kerangka Pikir

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi eksperimen (*quasi-experimental*) dengan dua kelompok, yaitu kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kedua kelas diberikan *pretest* terlebih dahulu untuk mengukur kemampuan awal siswa. Selanjutnya, kelas kontrol mempelajari materi perubahan dan pelestarian lingkungan dengan metode konvensional, sementara kelas eksperimen mempelajari materi yang sama dengan *intervensi AI Gemini* sebagai media pembelajaran. Dalam *intervensi* ini, *AI Gemini* digunakan sebagai media pembelajaran pada materi perubahan dan pelestarian lingkungan. Setelah perlakuan, kedua kelas diberikan *posttest* untuk membandingkan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Perbandingan hasil *posttest* antara kelas

kontrol dan eksperimen bertujuan mengukur tingkat kemampuan pemikiran kritis siswa.

C. Hipotesis

Berdasarkan landasan teoretis mengenai peran media pembelajaran berbasis *AI Gemini* dan keterkaitannya dengan pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa, peneliti merumuskan hipotesis sebagai berikut:

1. H_0 : Tidak terdapat dampak *AI Gemini* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa antara kelas kontrol dan kelas eksperimen.
2. H_1 : Terdapat dampak *AI Gemini* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa antara kelas kontrol dan kelas eksperimen.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen (*quasi-experimental*). Kuasi eksperimen dipilih karena peneliti tidak dapat melakukan pengacakan (*purposive assignment*) secara penuh terhadap subjek penelitian, mengingat siswa telah tergabung dalam kelas yang telah terbentuk sebelumnya di SMAN 6 Maros. Desain ini memungkinkan peneliti membandingkan kelompok eksperimen yang diberi perlakuan (penggunaan *AI Gemini*) dengan kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran *konvensional*. Desain yang digunakan adalah *Pretest-Posttest Non-Equivalent Control Group Design*. Desain ini melibatkan dua kelompok (eksperimen dan kontrol) yang tidak dipilih secara acak, tetapi diukur sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) intervensi untuk mengidentifikasi perbedaan peningkatan kemampuan berpikir kritis. Pada penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu :

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*): Penggunaan *AI Gemini*, yang dapat diukur melalui frekuensi, durasi dan jenis aktivitas yang dilakukan siswa.
2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*): Kemampuan pemikiran kritis siswa, yang diukur melalui indikator yang dikembangkan oleh Facione. Kemampuan berpikir kritis memiliki beberapa indikator yang dapat dijadikan acuan dalam penyusunan instrumen penelitian. Facione (2011) mengemukakan bahwa terdapat enam indikator utama berpikir kritis yang

dapat digunakan untuk menilai sejauh mana keterampilan ini berkembang pada diri siswa, yaitu sebagai berikut: kemampuan berpikir kritis dapat diukur melalui enam indikator utama. Pertama, interpretation (interpretasi), yaitu kemampuan memahami, menafsirkan, serta memberi makna terhadap suatu informasi atau data. Kedua, analysis (analisis), yakni kemampuan mengidentifikasi hubungan antar gagasan, menemukan alasan yang mendasari suatu argumen, serta membedakan fakta dengan opini. Ketiga, evaluation (evaluasi), yaitu keterampilan menilai kredibilitas sumber informasi dan mengukur kekuatan logis dari sebuah pernyataan. Keempat, inference (kesimpulan), yakni kemampuan menarik simpulan berdasarkan bukti yang tersedia serta merumuskan alternatif solusi. Kelima, explanation (penjelasan), yaitu kemampuan menyampaikan hasil pemikiran secara logis, jelas, dan dapat dipertanggungjawabkan. Terakhir, self-regulation (pengaturan diri), yaitu kesadaran untuk merefleksi, mengoreksi, serta menilai kembali proses berpikir yang telah dilakukan.

Tabel 3.1. Desain Penelitian

| Kelas | Pretest | Perlakuan | Posttest |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| Eksperimen | Y ₁ | X ₁ | Y ₂ |
| Kontrol | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ |

Sumber : Sugiono (2020)

Keterangan :

Y₁ : Pemberian *Pretest*

Y₂ : Pemberian *Posttest*

X₁ : Perlakuan dengan menggunakan *AI Gemini* sebagai media pembelajaran

X₂ : Perlakuan tanpa menggunakan *AI Gemini* sebagai media pembelajaran

Dalam hal ini pemberian *pretest* dimaksudkan untuk melihat kemampuan awal siswa, sedangkan *posttest* dimaksudkan untuk mengetahui

sejauh mana kemampuan siswa dalam memahami materi yang disampaikan setelah diberikan perlakuan pada saat pembelajaran didalam kelas.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 14 Mei-26 Mei Tahun 2025. Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 6 Maros yang berlokasi di jl. Pendidikan No. 20 Bontoa, Kecamatan Bontoa, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

C. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa SMAN 6 Bontoa yang terlibat dalam pembelajaran biologi. Populasi ini mencakup semua siswa yang mengikuti pelajaran biologi dan memiliki akses terhadap teknologi *AI Gemini* sebagai media pembelajaran khususnya kelas X.

| Tabel 3.2. Populasi | | | | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | X₁ | X₂ | X₃ | X₄ | X₅ |
| Jumlah Siswa | 32 | 23 | 34 | 22 | 32 |

Sumber : SMAN 6 Maros

2. Sampel

Sampel pada penelitian ini merupakan bagian dari populasi yang diambil untuk dianalisis, yaitu siswa dari kelas yang menggunakan *AI Gemini* dalam pembelajaran biologi. Sampel dipilih dengan teknik *purposive sampling* dengan kriteria siswa yang menggunakan *AI Gemini* sebagai media pembelajaran dalam mata pelajaran Biologi. Peneliti menggunakan kelas X₂ sebagai kelas kontrol dan X₄ sebagai kelas eksperimen.

Tabel 3.3. Sampel

| | | |
|-------------------------|----------------------|-----------|
| Kelas Kontrol | X₄ | 22 |
| Kelas Eksperimen | X₂ | 23 |

Sumber : SMAN 6 Maros

D. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Tahap Persiapan

a. Penyusunan Proposal Penelitian

Peneliti memulai dengan menyusun proposal penelitian yang mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan metodologi yang akan digunakan. Proposal ini kemudian didiskusikan dengan dosen pembimbing untuk mendapatkan masukan dan persetujuan.

b. Studi Pendahuluan

Peneliti melakukan studi pendahuluan untuk mengumpulkan informasi terkait penggunaan *AI Gemini* dalam pendidikan serta pemikiran kritis. Ini mencakup kajian literatur dan observasi awal di SMAN 6 Maros untuk memahami konteks dan kebutuhan siswa.

c. Persiapan Instrumen Penelitian

Peneliti menyiapkan instrumen yang diperlukan yaitu tes dan kuesioner untuk mengukur pemikiran kritis siswa dan panduan observasi untuk mencatat interaksi siswa dengan *AI Gemini*.

d. Perizinan

Sebelum melaksanakan penelitian, peneliti meminta izin dari pihak sekolah untuk memastikan bahwa semua prosedur etis terpenuhi.

2. Tahap Pelaksanaan

a. Perkenalan *AI Gemini*

Sebelum diberikan perlakuan, peneliti memperkenalkan kepada siswa tentang *AI Gemini* secara efektif sebagai media pembelajaran.

b. Implementasi Pembelajaran

Peneliti membagi siswa ke dalam dua kelompok, kelompok eksperimen yang menggunakan *AI Gemini* dalam proses belajar mengajar dan kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran konvensional. Pembelajaran dilakukan selama beberapa minggu dengan materi yang sama.

c. Observasi Proses Pembelajaran

Selama pelaksanaan, peneliti melakukan observasi untuk mencatat interaksi siswa dengan *AI Gemini* serta dinamika kelas. Observasi ini membantu peneliti memahami bagaimana penggunaannya mempengaruhi keterlibatan dan pemikiran kritis siswa.

3. Pengumpulan Data

a. Pengukuran Pemikiran Kritis

Sebelum dilakukan intervensi, *pretest* akan dilakukan di kedua kelas, yaitu kelas kontrol dan kelas eksperimen. Setelah intervensi dilakukan pada kelas eksperimen, selanjutnya dilakukan *posttest* di kedua kelas tersebut. Setelah *posttest* dilakukan, peneliti membagikan kuesioner kepada siswa di kelas eksperimen untuk mengetahui persepsi siswa dan pengalaman pengguna *AI Gemini*.

b. Analisis Data

Data yang terkumpul akan dianalisis secara kuantitatif menggunakan aplikasi JASP versi 0.19.3.0 untuk menilai dampak penggunaan *AI Gemini* terhadap pemikiran kritis siswa. Hasil analisis ini akan digunakan untuk menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi bagi praktik pendidikan di masa depan.

E. Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data penelitian maka peneliti menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut:

1. Tes Essai

Teknik tes digunakan untuk mengumpulkan data mengenai kemampuan berpikir kritis siswa melalui instrumen tes esai. Tes ini dirancang untuk menilai keterampilan analisis, evaluasi, serta pemecahan masalah yang mencerminkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Pelaksanaan tes dilakukan sebelum (pre-test) dan sesudah (post-test) pada kelas X2 (kelas eksperimen) dan kelas X4 (kelas kontrol) dalam pembelajaran biologi.

2. Kuesioner

Kuesioner digunakan untuk melengkapi data kuantitatif dengan mengevaluasi dampak *AI Gemini* secara langsung dari pengguna (siswa) seperti persepsi dan pengalaman pengguna *AI Gemini*. Kuesioner yang digunakan merupakan skala likert untuk menghasilkan data numerik yang akan diolah dengan aplikasi JASP versi 0.19.3.0.

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan aplikasi JASP versi 0.19.3.0 untuk mengelola data yang telah diperoleh dari *pretest*, *posttest* dan kuesioner.

1. Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik data hasil penelitian, mencakup nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (s), skor minimum, maksimum, dan distribusi skor pretest serta posttest pada kelompok eksperimen dan kontrol. Analisis ini bertujuan memetakan profil awal kemampuan siswa, mengidentifikasi pola perubahan sebelum dan setelah intervensi, serta menyediakan dasar empiris untuk uji statistik lanjutan.

2. Uji Statistik Inferensial

Sebelum uji hipotesis, dilakukan uji asumsi statistik parametrik untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi-asumsi dasar yang diperlukan oleh metode statistik yang akan digunakan. Jika prasyarat tidak terpenuhi, hasil analisis utama bisa tidak valid atau menyesatkan.

a. Uji Normalitas

Uji *Shapiro-Wilk* untuk memverifikasi normalitas distribusi data variabel dependen, yaitu skor pemikiran kritis siswa sebelum dilakukan uji parametrik yaitu *t-test*. Hal ini bertujuan memastikan asumsi distribusi normal terpenuhi. Variabel pemikiran kritis diukur menggunakan instrumen tes, sampel penelitian yang melibatkan kurang dari 50 siswa kelas X SMAN 6 Maros juga menjadi pertimbangan peneliti menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Syarat dasar pengambilan keputusan pada uji normalitas: Jika nilai

signifikansi > 0.05 , maka data berdistribusi normal. Sedangkan jika nilai signifikansi < 0.05 , maka data tidak berdistribusi normal (Wiwik et al., 2022). *Mann-Whitney U Test* digunakan jika data tidak berdistribusi normal untuk membandingkan hasil *pretest* dan *posttest* antar dua kelompok.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah beberapa varian populasi adalah sama atau tidak. Uji ini dilakukan sebagai prasyarat dalam analisis *independent sample t tes*. Syarat dasar pengambilan keputusan pada uji homogenitas : Jika nilai signifikansi > 0.05 , maka data homogen. Sedangkan jika nilai signifikansi < 0.05 , maka data tidak homogen. Uji homogenitas dilakukan untuk menunjukkan bahwa perbedaan yang terjadi pada uji statistik parametrik yaitu *uji t* benar-benar terjadi akibat adanya perbedaan antar kelompok, bukan sebagai akibat perbedaan dalam kelompok (Wiwik et al., 2022). *Welch's t-test* digunakan jika varian data tidak homogen untuk membandingkan hasil *pretest* dan *posttest* antar dua kelompok.

c. Uji Hipotesis menggunakan Uji t

Uji t menggunakan *independent sample t-test* merupakan metode statistik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan nilai rata-rata antara dua kelompok sampel. Apabila ditemukan perbedaan yang signifikan secara statistik, peneliti dapat menarik kesimpulan bahwa rata-rata populasi asal kedua kelompok tersebut juga berbeda. Dengan demikian, hipotesis nol (H_0)

ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) didukung, mengindikasikan bahwa perbedaan yang diamati bukanlah hasil kebetulan (Dhianti et al., 2023).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Bab ini memaparkan hasil penelitian dan analisis data dari kedua kelompok sampel. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 14 Mei-26 Mei Tahun 2025. Sampel dalam penelitian ini yaitu kelas X₂ SMAN 6 Maros sebanyak 23 siswa sebagai kelas eksperimen dan kelas X₄ SMAN 6 Maros sebanyak 22 siswa sebagai kelas kontrol.

Tahap awal pada penelitian yaitu, memberikan *pretest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selanjutnya, kedua kelas diberikan perlakuan di mana pada kelas eksperimen menggunakan *AI Gemini* sebagai media pembelajaran pada proses belajarnya dan kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional. Setelah diberikan perlakuan, kelas eksperimen dan kontrol diberi *posttest*.

Pengumpulan data dilakukan dengan membagikan instrumen dalam bentuk tes esai kepada 45 siswa yang terdiri dari 23 siswa untuk kelompok eksperimen dan 22 siswa untuk kelompok kontrol untuk mengetahui dampak *AI Gemini* terhadap pemikiran kritis siswa dan kuesioner diberikan kepada 23 siswa kelas eksperimen di SMAN 6 Maros.

1. Statistik Deskriptif

Dari hasil perhitungan, dalam penelitian ini nilai *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelas dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1. Analisis Deskriptif

| <i>Descriptive Statistics</i> | | | | | | |
|-------------------------------|-------|---------|--------|-------------------|---------|---------|
| | Valid | Missing | Mean | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
| Pretest KE | 23 | 0 | 54.435 | 4.470 | 48.000 | 64.000 |
| Posttest KE | 23 | 0 | 83.652 | 6.139 | 72.000 | 96.000 |
| Pretest KK | 22 | 1 | 56.182 | 3.800 | 48.000 | 64.000 |
| Posttest KK | 22 | 1 | 79.273 | 4.388 | 72.000 | 88.000 |

Sumber JASP

Tabel 4.1 yaitu analisis deskriptif untuk data *pretest* dan *posttest* dari dua kelompok, yaitu Kelas Eksperimen (KE) dan Kelas Kontrol (KK). Statistik ini mencakup jumlah data valid, nilai rata-rata (*mean*), standar deviasi, serta nilai minimum dan maksimum.

Pada Kelas Eksperimen (KE) terdiri dari 23 siswa, dengan rata-rata 54.435 dan standar deviasi 4.470. Nilai terendah tercatat 48.000 dan tertinggi 64.000, sebelum adanya perlakuan. Setelah perlakuan (menggunakan *AI Gemini* sebagai media pembelajaran), rata-rata *posttest* Kelas Eksperimen (KE) meningkat menjadi 83.652 dengan standar deviasi 6.139. Kisaran nilainya pun melebar, dari 72.000 hingga 96.000, menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kelas ini.

Sementara itu, Kelas Kontrol (KK) terdiri dari 22 siswa, dengan rata-rata 56.182 dan standar deviasi 3.800. Sama seperti kelompok eksperimen, nilai minimum *pretest* adalah 48.000 dan maksimum 64.000. Setelah dilakukan *posttest* rata-ratanya meningkat menjadi 79.273 dengan standar deviasi 4.388, serta rentang nilai antara 72.000 hingga 88.000. Meskipun ada peningkatan, rata-rata *posttest* Kelas Kontrol (KK) lebih rendah dibandingkan Kelas Eksperimen (KE).

Secara perbandingan, terdapat peningkatan rata-rata yang jelas dari *pretest* ke *posttest* pada kedua kelas, namun peningkatan pada Kelas Eksperimen (KE) (sekitar 29.217 poin) lebih besar dibandingkan Kelas Kontrol (KK) (sekitar 23.091 poin). Variabilitas data yang ditunjukkan oleh standar deviasi relatif kecil dan serupa pada *pretest* kedua kelompok, namun pada *posttest* standar deviasi Kelas Eksperimen (KE) (6.139) sedikit lebih besar dibandingkan Kelas Kontrol (KK) (4.388), mengindikasikan variasi hasil yang lebih luas pada Kelas Eksperimen (KE). Rentang nilai minimum dan maksimum pada *pretest* kedua kelompok sama, namun pada *posttest*, nilai maksimum Kelas Eksperimen (KE) (96.000) melebihi k Kelas Kontrol (KK) (88.000).

2. Uji Statistik Inferensial

a. Uji Normalitas

Pengujian dilakukan pada nilai *pretest* dan *posttest* untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol. Uji normalitas ini menggunakan metode *Shapiro-Wilk* yang dianalisis menggunakan bantuan aplikasi JASP versi 0.19.3.0 dengan taraf signifikan 0,05. Apabila signifikansi $> 0,05$ maka data tersebut dinyatakan berdistribusi normal.

1) Uji Normalitas Kelas Kontrol

Pada hasil *pretest* dan *posttest* Kelas X₄ sebagai kelas kontrol, untuk mengetahui data normal atau tidaknya digunakan rumus *Shapiro-Wilk* dengan bantuan program JASP versi 0.19.3.0. Hasil perhitungan uji normalitas pada *pretest* dan *posttest* kelas kontrol dapat dilihat pada gambar tabel berikut:

Tabel 4.2. Uji Normalitas Kelas Kontrol

| <i>Pretest</i> | | | <i>Posttest</i> | | |
|--------------------------|---------------|-----------|--------------------------|---------------|-----------|
| <i>Fit Statistics</i> | | | <i>Fit Statistics</i> | | |
| Test | Statisti c | p | Test | Statisti c | p |
| Shapiro -Wilk | 0.91 4 | 0.05 7 | Shapiro -Wilk | 0.92 0 | 0.07 7 |

Sumber JASP

Tabel 4.2 menyajikan hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* untuk data *pretest* dan *posttest* dari Kelas Kontrol, uji normalitas dilakukan untuk memastikan apakah data memiliki distribusi normal, yang merupakan asumsi dasar untuk sebagian besar uji parametrik.

Untuk data *pretest* Kelas Kontrol, hasil uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan nilai statistik 0.914 dengan nilai p (signifikan) sebesar 0.057. Dalam konteks uji normalitas, jika nilai p (signifikan) > 0.05 maka data berdistribusi normal, sedangkan jika nilai p (signifikan) < 0.05 maka data tidak berdistribusi normal. Mengingat nilai p (signifikan) yaitu 0.057 lebih besar dari taraf signifikansi 0.05, maka data berdistribusi normal.

Selanjutnya, data *posttest* Kelas Kontrol dengan nilai statistik 0.920 dan nilai p (signifikan) sebesar 0.077. Serupa dengan *pretest*, nilai p (signifikan) 0.077 lebih besar dari 0.05, menyatakan bahwa data berdistribusi normal untuk data *posttest*.

2) Uji Normalitas Kelas Eksperimen

Pada hasil *pretest* dan *posttest* Kelas X_2 sebagai kelas eksperimen, untuk mengetahui data normal atau tidaknya digunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan bantuan program JASP versi 0.19.3.0. Hasil

perhitungan uji normalitas pada *pretest* dan *posttest* kelas eksperimen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3. Uji Normalitas kelas Eksperimen

| <i>Pretest</i> | | | <i>Posttest</i> | | |
|-----------------------|----------|------|-----------------------|----------|------|
| <i>Fit Statistics</i> | | | <i>Fit Statistics</i> | | |
| Test | Statisti | p | Test | Statisti | p |
| | c | | | c | |
| Shapiro | 0.91 | 0.06 | Shapiro | 0.93 | 0.11 |
| -Wilk | 8 | 0 | -Wilk | 1 | 4 |

Sumber JASP

Tabel 4.3 menyajikan hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* untuk data *pretest* dan *posttest* dari Kelas Eksperimen. Untuk data *pretest* Kelas Eksperimen, hasil uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan nilai statistik sebesar 0.918 dengan nilai p (signifikan) sebesar 0.060. Dalam konteks uji normalitas, jika nilai p (signifikan) > 0.05 maka data berdistribusi normal, sedangkan jika nilai p (signifikan) < 0.05 maka data tidak berdistribusi normal. Nilai p (signifikan) 0.060 lebih besar dari taraf signifikan standar 0.05, maka data *pretest* Kelas Eksperimen dapat dianggap terdistribusi secara normal.

Selanjutnya, data *posttest* Kelas Eksperimen dengan nilai statistik 0.931 dengan nilai p (signifikan) sebesar 0.114. Sama seperti data *pretest*, nilai p (signifikan) juga secara signifikan lebih besar dari 0.05, berarti data *posttest* Kelas Eksperimen juga menunjukkan distribusi yang normal.

b. Uji Homogenitas

Berdasarkan uji normalitas distribusi data *pretest* dan data skor *posttest* kedua kelas berdistribusi normal sehingga analisis dilanjutkan dengan

menguji homogenitas dua varians antara data *pretest* kelas eksperimen dan kelas kontrol menggunakan uji *Levene* dengan menggunakan program JASP versi 0.19.3.0 dengan taraf signifikansi $> 0,05$. Hasil perhitungan uji homogenitas pada *pretest* dan *posttest* kedua kelas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4. Uji Homogenitas *Pretest* Kelas Eksperimen & Kelas Kontrol

| Assumption Checks | | | | |
|---|-------|-----------------|-----------------|-------|
| <i>Test of Equality of Variances (Levene's)</i> | | | | |
| | F | df ₁ | df ₂ | p |
| Nilai | 0.976 | 1 | 43 | 0.329 |

Sumber JASP

Tabel 4.5. Uji Homogenitas *Posttest* Kelas Eksperimen & Kelas Kontrol

| Assumption Checks | | | | |
|---|-------|-----------------|-----------------|-------|
| <i>Test of Equality of Variances (Levene's)</i> | | | | |
| | F | df ₁ | df ₂ | p |
| Nilai | 3.427 | 1 | 43 | 0.071 |

Sumber JASP

Berdasarkan hasil uji homogenitas *Levene's*, disimpulkan bahwa varians data antara kelas eksperimen dan kontrol bersifat homogen baik pada *pretest* maupun *posttest*. Untuk data *pretest*, nilai p (signifikan) sebesar 0.329 lebih besar dari 0.05, dengan nilai statistik $F = 0.976$ dan derajat kebebasan $df_1 = 1$ serta $df_2 = 43$. Hal ini menunjukkan tidak adanya perbedaan varians yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol sebelum intervensi dilakukan.

Demikian pula pada data *posttest*, hasil uji *Levene's* dengan nilai p (signifikan) 0.071 lebih besar dari 0.05, statistik $F = 3.427$, dan derajat kebebasan $df_1 = 1$ serta $df_2 = 43$. Kedua hasil tersebut memenuhi asumsi homogenitas untuk analisis parametrik lanjutan *uji-t independen*, karena

ketiadaan bukti statistik yang menunjukkan perbedaan varians ($F < 3$ dan $p > 0.05$ pada kedua kasus).

c. Uji T

Uji hipotesis digunakan untuk mengetahui dampak masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen. Pengujian hipotesis uji t menggunakan bantuan program JASP versi 0.19.3.0. Untuk mengingatkan kembali, hipotesis pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. H_0 : Tidak terdapat dampak antara rata-rata skor *posttest* kemampuan berpikir kritis siswa antara kelas kontrol dan kelas eksperimen.
- b. H_1 : Terdapat dampak antara rata-rata skor *posttest* kemampuan berpikir kritis siswa antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, di mana rata-rata skor *posttest* kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol.

Tabel 4.6. Uji T Independent

| <i>Independent Samples T-Test</i> | | | | | |
|--|-------|----|-------|-----------------|---------------|
| | t | df | p | Mean Difference | SE Difference |
| Skor Posttest | 2.742 | 43 | 0.009 | 4.379 | 1.597 |

Note. Student's t-test.

Sumber JASP

Berdasarkan hasil uji t independen pada Tabel 4.6 yang dianalisis menggunakan JASP, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara skor *posttest* kelompok eksperimen dan kelas kontrol. Nilai signifikansi $p = 0.009$ (signifikan secara statistik) menunjukkan penolakan terhadap hipotesis nol (H_0), yang berarti perbedaan rata-rata sebesar 4.379 poin, di mana kelas eksperimen secara signifikan lebih unggul dibanding kelas kontrol.

Statistik uji $t(43) = 2.742$ dengan derajat kebebasan $df = 43$ (mengindikasikan total sampel sebanyak 45 responden), dengan standar error perbedaan ($SE = 1.597$) yang relatif kecil (hanya 36.5% dari selisih rata-rata). Hasil ini membuktikan efektivitas intervensi eksperimen dalam meningkatkan skor *posttest*, sekaligus memvalidasi desain penelitian mengingat konsistensinya dengan uji normalitas sebelumnya.

3. Kuesioner

Dari hasil perhitungan dari kuesioner sebanyak 15 pernyataan yang telah dibagikan kepada 23 siswa di kelas eksperimen dalam penelitian ini Secara keseluruhan, hasil kuesioner menunjukkan bahwa respons pengguna terhadap *AI Gemini* sebagai media pembelajaran sangat positif. Hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 4,43 dari skala 5,00. Angka ini mengindikasikan bahwa mayoritas responden merasa setuju hingga sangat setuju dengan berbagai pernyataan tentang manfaat dan keefektifan *AI Gemini*.

Dari 15 pernyataan yang diajukan, aspek yang mendapatkan penilaian tertinggi adalah peningkatan keaktifan dalam bertanya dan berdiskusi. Hal ini menunjukkan bahwa *AI Gemini* berhasil menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan mendorong peserta untuk lebih terlibat secara aktif dibandingkan dengan metode ceramah tradisional di kelas. Selain itu, pernyataan mengenai kemudahan penggunaan dan kenyamanan dalam berinteraksi juga mendapat skor yang sangat tinggi, yang berarti antarmuka dan cara kerja *AI Gemini* dinilai *user-friendly* dan tidak menimbulkan kesulitan bagi pengguna.

Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa *AI Gemini* telah berhasil menjadi media pembelajaran yang efektif, khususnya dalam menumbuhkan keterampilan berpikir kritis siswa. Tingkat rekomendasi yang tinggi dari pengguna mengindikasikan bahwa *AI Gemini* layak untuk dipertimbangkan sebagai salah satu alat bantu pembelajaran inovatif yang dapat diintegrasikan lebih luas dalam proses pendidikan.

B. Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan pada 14 Mei hingga 26 Mei 2025 di SMAN 6 Maros, melibatkan 45 siswa yang terbagi menjadi dua kelompok: kelas X₂ sebagai kelas eksperimen sebanyak 23 siswa dan kelas X₄ sebagai kelas kontrol sebanyak 22 siswa. Tahap awal penelitian meliputi pemberian *pretest* kepada kedua kelompok. Setelah itu, kelas eksperimen diberikan perlakuan pembelajaran menggunakan *AI Gemini* sebagai media, sementara kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional. Kedua kelas kemudian diberikan *posttest* untuk mengukur dampak penggunaan *AI Gemini* terhadap pemikiran kritis siswa. Hasil statistik deskriptif menunjukkan peningkatan rata-rata yang jelas dari *pretest* ke *posttest* pada kedua kelompok, namun peningkatan pada Kelas Eksperimen (sekitar 29.217 poin) lebih besar dibandingkan Kelas Kontrol (sekitar 23.091 poin).

Penelitian ini merumuskan masalah utama yaitu bagaimana dampak penggunaan *AI Gemini* sebagai media pembelajaran terhadap pemikiran kritis siswa?. Pertanyaan ini mengeksplorasi perubahan kemampuan analisis, evaluasi, dan sintesis informasi siswa setelah terpapar teknologi *AI Gemini*.

Secara khusus, penelitian ini menguji efektivitas *AI Gemini* dalam mengembangkan pola pikir sistematis dibandingkan metode konvensional.

Berdasarkan data yang telah diperoleh, disimpulkan bahwa *AI Gemini* secara signifikan berdampak pada pembelajaran di kelas eksperimen, dengan dampak nyata berupa peningkatan kualitas proses dan hasil belajar. Analisis statistik menunjukkan bahwa penggunaan *AI Gemini* mampu meningkatkan pemikiran kritis siswa secara signifikan. Hal ini terlihat dari perbedaan nilai rata-rata *posttest* kelas eksperimen (83.65) yang lebih tinggi dibanding kelas kontrol (79.27), dengan tingkat signifikansi statistik ($p < 0.05$) dan ukuran efek yang besar (Cohen's $d = 0.82$).

Hasil kuesioner persepsi siswa terhadap penggunaan *AI Gemini* semakin memperkuat temuan penelitian ini. Dengan rata-rata skor 4,43 dari skala 5,00, dapat disimpulkan bahwa siswa merespons sangat positif terhadap integrasinya dalam pembelajaran. Aspek yang mendapat penilaian tertinggi adalah peningkatan keaktifan bertanya dan berdiskusi, di mana siswa mengaku lebih berani mengajukan pertanyaan kompleks dan mengeksplorasi pendekatan alternatif dalam belajar.

Mayoritas siswa menyatakan bahwa *AI Gemini* membantu mereka dalam memahami konsep sulit, mengaitkan materi dengan situasi dunia nyata, serta merancang solusi kreatif untuk masalah kompleks. Tanggapan positif ini selaras dengan peningkatan motivasi belajar yang teramati selama penelitian, di mana siswa menunjukkan inisiatif untuk melakukan eksplorasi materi mandiri di luar jam pelajaran. Data kuesioner ini tidak hanya mengonfirmasi efektivitas

AI Gemini dari perspektif kuantitatif (nilai tes), tetapi juga memberikan bukti kualitatif tentang penerimaan dan kepuasan pengguna yang menjadi faktor pendukung keberhasilan implementasi teknologi ini dalam pembelajaran.

Dampak strukturalnya termanifestasi dalam tiga dimensi utama: Pertama, pada ranah kognitif, terjadi peningkatan kemampuan analisis sebesar 29.22 poin (berdasarkan delta *pretest-posttest*) akibat paparan pola pikir algoritmik dan *problem-based learning* melalui *AI Gemini*. Kedua, pada ranah afektif, motivasi belajar melonjak ditandai antusiasme siswa dalam diskusi multidisiplin dan eksplorasi mandiri di luar jam pelajaran. Ketiga, pada ranah pedagogis, *AI Gemini* menghilangkan hambatan sumber belajar statis melalui penyajian kasus kontekstual dan umpan balik *real-time* yang mempercepat literasi pemikiran kritis.

Selain dampak positif yang signifikan, implementasi *AI Gemini* dalam penelitian ini juga memberikan pelajaran mengenai beberapa tantangan atau dampak negatif yang perlu diwaspadai. Dampak negatif tersebut antara lain berupa ketergantungan siswa pada *feedback* instan yang berpotensi mengurangi daya juang (*grit*) dalam memecahkan masalah kompleks secara mandiri, serta risiko *distraksi* karena godaan untuk menggunakan *smartphone* ke aktivitas non-pembelajaran selama sesi berlangsung.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa *AI* berperan strategis dalam merangsang kapasitas berpikir kritis siswa melalui mekanisme dialog algoritmik dan interaksi digital yang mendorong analisis, interpretasi, dan penyusunan argumen berbasis data secara sistematis. Selain itu,

AI Gemini membantu memfasilitasi transisi siswa dari aktivitas kognitif rendah ke tingkat yang lebih tinggi seperti evaluasi dan kreasi, serta mendorong eksplorasi intelektual yang lebih luas (Atsani, 2025). Maka karena itu, integrasi *AI Gemini* dalam pembelajaran layak dipertimbangkan sebagai strategi inovatif untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan kompleks di era digital.

Kebaharuan utama penelitian ini terletak pada fokus spesifiknya terhadap penggunaan *AI Gemini* di SMAN 6 Maros. Meskipun penelitian sebelumnya telah menunjukkan minat siswa terhadap *Artificial Intelligence (AI)* sebagai sumber belajar dan potensi *Artificial Intelligence (AI)* dalam mempermudah pembelajaran serta pengembangan kemampuan mandiri, belum ada penelitian empiris yang secara khusus mengukur dampak penggunaan *AI Gemini* di SMAN 6 Maros terhadap perkembangan pemikiran kritis siswa. Dengan adanya *AI Gemini* yang dikembangkan oleh *Google AI* menawarkan potensi revolusioner untuk memperkaya pengalaman belajar dan mengembangkan kemampuan analitis peserta didik. Kemampuan multimodal *AI Gemini* membuatnya sangat fleksibel untuk diaplikasikan dalam konteks pendidikan, menyediakan berbagai bentuk dukungan untuk keberhasilan pembelajaran.

Penelitian ini menghadapi kendala utama berupa waktu pelaksanaan yang terlalu singkat, membatasi ruang eksplorasi mendalam terhadap dinamika pembelajaran berbasis *Artificial Intelligence (AI)*. Durasi yang terbatas ini mengakibatkan pemantauan perkembangan pemikiran kritis siswa tidak dapat dilakukan secara longitudinal, sehingga beberapa dampak jangka panjang

belum terukur secara optimal. Di samping itu, pembelajaran di kelas kontrol yang mengandalkan buku paket juga mengalami hambatan substansial, seperti keterbatasan penjelasan materi yang menyebabkan siswa kesulitan memahami konsep abstrak, serta minimnya interaktivitas dan umpan balik instan yang membuat proses belajar cenderung pasif.

Pada kelas eksperimen yang menggunakan *AI Gemini*, teramati peningkatan signifikan dalam motivasi belajar siswa. Mereka menunjukkan antusiasme tinggi dalam eksplorasi materi melalui *smartphone*, seperti mengajukan pertanyaan kompleks ke *AI Gemini* dan menganalisis jawaban yang diterima. Interaktivitas *AI Gemini* ini mendorong siswa untuk secara proaktif mencari materi tambahan di luar jam pelajaran, mengembangkan kebiasaan belajar mandiri dan rasa ingin tahu yang lebih dalam. Sebaliknya, kelas kontrol cenderung statis dalam dinamika pembelajaran, dengan aktivitas dominan terbatas pada mencatat dan menghafal, sehingga ruang untuk mengasah kemampuan bertanya atau mengkritisi materi menjadi sangat terbatas.

Dengan demikian, temuan ini tidak hanya membuktikan pengaruh positif *AI Gemini* sesuai rumusan masalah, tetapi juga mengungkap perannya sebagai katalisator transformasi pembelajaran dari model *pasif-reseptif* menjadi *aktif-konstruktif*. Implikasinya, integrasi teknologi *AI Gemini* berpotensi menjawab tantangan pendidikan abad 21 dalam membentuk kompetensi analitis siswa, meskipun efektivitas jangka panjang masih memerlukan penelitian lebih mendalam.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *AI Gemini* terbukti secara signifikan meningkatkan pemikiran kritis siswa. Hal ini ditunjukkan melalui perbandingan nilai posttest antara kelas eksperimen yang menggunakan *AI Gemini* (83,65) dan kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional (79,27). Peningkatan yang lebih besar pada kelas eksperimen sebesar 29,217 poin dibanding kelas kontrol yang hanya 23,091 poin mengonfirmasi efektivitas media pembelajaran ini. Analisis statistik yang menunjukkan signifikansi di bawah 0,05 dan ukuran efek besar semakin memperkuat validitas temuan ini.

Dukungan terhadap temuan kuantitatif juga datang dari tanggapan siswa melalui kuesioner, dengan skor rata-rata 4,43 dari 5,00. Siswa melaporkan peningkatan dalam keaktifan berdiskusi, kemudahan memahami konsep sulit, serta kemampuan mengaitkan materi dengan situasi dunia nyata. Antusiasme siswa terlihat dari inisiatif mereka mengeksplorasi materi tambahan di luar jam pelajaran, menunjukkan bahwa *AI Gemini* berhasil menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan mendorong kemandirian belajar.

Secara keseluruhan, integrasi *AI Gemini* telah mengubah pola pembelajaran dari pasif menjadi aktif dan konstruktif. Meskipun terdapat tantangan seperti potensi ketergantungan pada bantuan instan dan distraksi dari smartphone, temuan ini membuktikan bahwa *AI Gemini* layak dipertimbangkan sebagai strategi pembelajaran inovatif. Untuk memastikan dampak jangka panjang, diperlukan penelitian lanjutan dengan durasi lebih panjang dan

cakupan yang lebih luas guna mengoptimalkan penerapan teknologi ini dalam dunia pendidikan.

B. Saran

Untuk peneliti selanjutnya, disarankan untuk memperluas cakupan sampel dan mengeksplorasi variabel lain, seperti dampak Gemini terhadap kreativitas siswa atau kemampuan kolaboratif. Selain itu, studi longitudinal sangat disarankan untuk menguji konsistensi efektivitas Gemini dalam jangka panjang. Studi ini dapat mengukur retensi pengetahuan dan perubahan motivasi belajar siswa setelah penggunaan yang berkelanjutan.

Bagi praktisi pendidikan, ada beberapa langkah penting yang dapat diambil. Pelatihan guru menjadi krusial, di mana institusi pendidikan harus menyediakan pelatihan teknis dan pedagogis. Pelatihan ini bertujuan agar guru mampu mengoperasikan Gemini, merancang aktivitas berbasis *AI*, dan mengintegrasikannya secara strategis ke dalam kurikulum. Selain itu, penyiapan infrastruktur juga tidak kalah penting. Sekolah perlu memastikan adanya akses internet yang stabil, perangkat yang memadai, dan kebijakan penggunaannya yang beretika agar implementasi *AI Gemini* dapat berjalan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnes, P. S., Salamah, F., Gustian, Z., & Chairul Fajrin, M. (2024). Perplexity dalam Pengerjaan Tugas Mahasiswa. *Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 3(2), 481–487.
- Alvendo, D. (2024). Pengetahuan Siswa Terhadap AI pada Pembelajaran Biologi di SMK IB Khalifah Bangsa Metro. In *SKRIPSI*. Institut Agama Islam Negri (IAIN) Metro.
- Anggitasari, V., Widyaningrum, T., & Utari, S. (2021). *Pengembangan Berfikir Kritis Melalui Analisis Jurnal* (Vol. 1, Issue 1).
- Arnadi, Aslan, & Vandika, A. Y. (2024). Penggunaan Kecerdasan Buatan Untuk Personalisasi Pengalaman Belajar. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Kearifan Lokal (JIPKL)*, 4(5), 369–380.
- Atsani, M. (2025). Integrasi Kecerdasan Buatan (AI) dalam Pembelajaran : Dampaknya pada Literasi Digital dan Berfikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Multidisipliner*, 1(4), 151–157.
- Boentolo, F., Manu, C.-C. C. R., Saragih, O. G., & Zalukhu, S. (2024). Peran Guru Memanfaatkan AI dalam Membangun Generasi Unggul Menuju Indonesia Emas 2045. *Aletheia Christian Educators Journal*, 5(1), 42–48. <https://doi.org/10.9744/aletheia.5.1.42-48>
- Chiu, T. K. F., Moorhouse, B. L., Chai, C. S., & Ismailov, M. (2023). Teacher support and student motivation to learn with Artificial Intelligence (AI) based chatbot. *Interactive Learning Environments*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2172044>
- Cholvistaria, M., Gunawan, A., & Metro, U. M. (2025). Pengaruh artificial intelligence (AI) terhadap Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Program Studi Administrasi Pendidikan*, 5, 1–8.
- Daniyanti, A., Saputri, I. B., Wijaya, R., Septiyani, S. A., & Septiawan, U. (2023). Konsep Dasar Media Pembelajaran. *Journal of Student Research (JSR)*, 1(1), 282–294.
- Dhianti, P. A., Sayyida Hilmia, R., Almaliyah, S., Permana, S., & Studi Bimbingan dan Konseling, P. (2023). Pengaplikasian Uji T dalam Penelitian Eksperimen. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika Dan Sains*, 4(3), 1978–1987. <https://doi.org/10.46306/lb.v4i3>
- Diantama, S. (2023). Pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam Dunia Pendidikan. *DEWANTECH : Jurnal Teknologi Pendidikan*, 1(1), 8–14.

- Eriana, E. S., & Zein, A. (2023). *Artificial Intelligence (AI)*. CV. Eureka Media Aksara.
- Harmilawati, Rifqatussa'diyah, Amalia, P., Majid, H. A., & Sahrah, I. A. (2024). Peran Teknologi AI dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Tarbiyah Dan Ilmu Keguruan IAIM Sinjai*, 3, 26–31. <https://doi.org/10.47435/sentikjar.v3i0.3134>
- Hasan, M., Milawati, Mp., Darodjat, Mp., & DrTuti Khairani Harahap, Ma. (2021). *Media Pembelajaran* (Fatma Sukmawati, Ed.). CV. Tahta Media Grup.
- Hidayat, A., Suhendri, A. P. P., & Nanang. (2024). Implementasi Teknologi AI Berbasis Google Gemini dan Videogen dalam Meningkatkan Keterampilan Digital Guru di SMA Alia Islamic School. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(11), 1032–1041.
- Lutfi, A. M. (2024). Analisa Dampak Teknologi Artificial Intelligence (AI) Terhadap Kualitas Pembelajaran Matematika. In *Skripsi*. Institut Agama Islam Negeri Pare-Pare.
- Ma'ruf Wijaya, A., & Badri, M. Il. (2021). Media Pembelajaran Digital sebagai Sarana Belajar Mandiri di Masa Pandemi dalam Mata Pelajaran Sejarah. *Jurnal Sandhyakala*, 2(2), 1–10.
- Mulianingsih, F., Anwar, K., Shintasiwi, F. A., & Rahma, A. J. (2020). Program Studi Tadris Ilmu Pengetahuan Sosial Institut Agama Islam Negeri Kudus Artificial Intelligence dengan Pembentukan Nilai dan Karakter di Bidang Pendidikan. *Ijtimaia : Journal of Social Science Teaching*, 4(2), 148–154. <http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/Ijtimaia>
- Nirmala, Z., Remiswati, & Khadijah. (2024). Analisis Soal Asesmen Sumatif Pembelajaran Fiqih Ditinjau Berdasarkan Tipe HOTS Menggunakan Taksonomi Bloom. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan Indonesia*, 14(1), 11.
- Novianti, W. (2020). Urgensi Berfikir Kritis pada Remaja di Era 4.0. *JECO Journal of Education and Counseling Journal of Education and Counseling*, 1(1), 38–52.
- Oktavia, C., & Nurkholis, A. (2022). Artificial Intelligence untuk Keberlangsungan Bidang Konstruksi. *JUMATISI*, 3(2), 244–249.
- Pakudu, R. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Game Quiziz. *Journal of Education and Culture (JEaC)*, 04, 2024.

- Permansah, S., & Murwaningsih, T. (2018). *Media Pembelajaran Digital: Kajian Literatur Tentang Dampak Penggunaan Media Pembelajaran Digital di SMK*. www.snpap.fkip.uns.ac.id
- Putri, M. S., & Widyaningrum, A. G. (2024). Persepsi Siswa dalam Pemanfaatan Kecerdasan Buatan pada Pembelajaran di SMAN 7 Bekasi. *Jurnal Sosial Politik, Pemerintahan Dan Hukum*, 3, 30–35. <https://doi.org/10.59818/jps.v3i3.992>
- Saputro, A. A., Andreana, A. P., & Puspitasari, N. (2024). Analisis Penerapan Pembelajaran Berbasis AI sebagai Tutor Virtual dalam Optimalisasi Kurikulum Merdeka. *Seminar Nasional AMIKOM Surakarta*, 307–318.
- Setiawi, A. P., Patty, E. N. S., & Making, S. R. M. (2024). Dampak Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Sekolah Menengah Atas. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 5(1), 680–684. <https://doi.org/10.54373/imeij.v5i1.826>
- Sugiono. (2020). Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D. *Alfabeta*.
- Sukiman, Hendry, Zuhanda, M. K., Fenny, & Sjukun. (2024). *Pelatihan Pemanfaatan Gemini AI untuk Mendukung Pembelajaran pada SMA di Sumatera Utara*. 6, 75–81.
- Sumantri, A., Tamyis, & Ekowati, E. (2024). Penerapan Metode Pembelajaran Berbasis Teknologi Terhadap Peningkatan Pemahaman Materi Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Manajemen Dan Pendidikan*, 1, 299–311.
- Triwulandari, S., & U.S, S. (2022). Analisis Inteligensi dan Berfikir Kritis. *Jurnal Kependidikan*, 8, 50–61. <https://jurnal.ummi.ac.id/index.php/JUT>
- Wahyudiono, A. (2023). Perkembangan Kurikulum Merdeka Belajar Dalam Tantangan Era Society 5.0. *Education Journal : Journal Educational Research and Development*, 7(2), 124–131. <https://doi.org/10.31537/ej.v7i2.1234>
- Wahyuningtyas, N. (2025, February 25). *Fitur Unggulan Gemini AI Dibandingkan dengan Kompetitornya*. <https://www.dinamika.ac.id/forums/fitur-unggulan-gemini-ai/>.
- Wayudi, M., Suwatno, S., & Santoso, B. (2020). Kajian Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 5(1), 67–82. <https://doi.org/10.17509/jpm.v5i1.25853>

- Widodo, Y. B., Sibuea, S., & Narji, M. (2024). Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan: Meningkatkan Pembelajaran Personalisasi. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 10(2), 602–615. <https://doi.org/10.37012/jtik.v10i2.2324>
- Wiwik, Tawil, M., & Arsyad, A. A. (2022). Efektivitas Penerapan Media Audio Visual untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Peserta Didik Kelas VII SMPN 21 Sinjai. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 12(4), 1131–1138. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i4.760>

LAMPIRAN

Lampiran 1

MODUL AJAR

BIOLOGI

DISUSUN OLEH :

WINDY SEPTIANA (2184025012)

UNIVERSITAS MUSLIM MAROS

SMAN 6 MAROS

KELAS X

MODUL AJAR BIOLOGI KELAS X – SMA 6 MAROS

| I. INFORMASI UMUM | |
|--|---|
| Identitas Modul | |
| <div>Kode Modul</div> <div>Penyusun/Tahun</div> <div>Jenjang Sekolah</div> <div>Kelas/Fase Capaian</div> <div>Alokasi Waktu</div> <div>Model Pembelajaran</div> <div>Mode Pembelajaran</div> <div>Kata Kunci</div> <div>Sarana dan Prasarana</div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • Kelas Kontrol • Kelas Eksperimen </div> | <div>: Biologi</div> <div>: Windy Septiana/2025</div> <div>: SMA</div> <div>: X₂ X₄/Fase E</div> <div>: 5 Pertemuan (3 JP/pertemuan = 15 JP)</div> <div>: Diskusi, Presentasi, Penugasan, Tanya Jawab</div> <div>: Tatap Muka</div> <div>: Eutrofikasi, Siklus Karbon, Deforestasi, Gas Metana, Energi Terbarukan, Banjir Bandang, Limbah, Greenwashing, Polusi Udara, Kenaikan Permukaan Air Laut.</div> <div>: Papan Tulis, Spidol, Buku Paket, LKPD</div> <div>: Papan Tulis, Spidol, Akses Internet, LKPD</div> |
| II. KOMPONEN INTI | |
| A. Capaian Pembelajaran | |
| Peserta didik mampu memahami konsep dasar ekologi dan keanekaragaman hayati, serta menganalisis dampak perubahan lingkungan terhadap kelangsungan hidup organisme dan ekosistem. Peserta didik juga mampu mengusulkan solusi inovatif untuk pelestarian lingkungan. | |
| B. Tujuan Pembelajaran | |
| <p>Melalui pembelajaran ini, peserta didik diharapkan mampu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan proses eutrofikasi akibat penggunaan pupuk kimia berlebihan dan dampaknya terhadap ekosistem perairan. 2. Menganalisis pengaruh aktivitas pembakaran hutan terhadap siklus karbon di atmosfer. 3. Menganalisis dampak deforestasi di hutan hujan tropis terhadap kepunahan spesies endemik. 4. Mengidentifikasi cara-cara mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan. | |

| |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> Membandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik. Menganalisis faktor alam dan antropogenik penyebab banjir bandang di daerah urban. Mengevaluasi bahaya limbah industri tekstil dan limbah elektronik terhadap lingkungan berdasarkan dampak jangka panjang. Mengkritisi klaim greenwashing suatu perusahaan terkait netralisasi emisi karbon. Menganalisis efektivitas solusi pengurangan polusi udara di kota besar (pembatasan kendaraan pribadi vs. konversi ke transportasi listrik). Merancang proyek komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut. |
| C. Pemahaman Bermakna |
| Peserta didik akan memahami bahwa setiap aktivitas manusia memiliki dampak terhadap lingkungan, dan pentingnya kesadaran serta tindakan nyata dalam menjaga kelestarian lingkungan untuk keberlangsungan hidup. |
| D. Pertanyaan Pemantik |
| <ul style="list-style-type: none"> Mengapa sampah plastik bisa mencemari laut? Apa hubungan antara asap kendaraan dengan masalah pernapasan? Bagaimana kita bisa memastikan cucu kita masih bisa melihat hutan yang hijau? |
| E. Profil Pelajar Pancasila |
| <ul style="list-style-type: none"> Beriman, Bertakwa kepada Tuhan YME, dan Berakhlak Mulia: Mensyukuri anugerah Tuhan atas alam semesta dan bertanggung jawab menjaga kelestariannya. Gotong Royong: Mampu bekerja sama dalam kelompok untuk menyelesaikan masalah lingkungan. Bernalar Kritis: Mampu menganalisis informasi, mengidentifikasi masalah, dan menyusun solusi terkait isu lingkungan. Mandiri: Mampu mengambil inisiatif dan bertanggung jawab dalam mempelajari serta memecahkan masalah lingkungan. Kreatif: Mampu menciptakan ide-ide inovatif untuk pelestarian lingkungan. |
| III. KEGIATAN PEMBELAJARAN |
| PERTEMUAN 1 |
| Tujuan Pembelajaran |
| Mengetahui kemampuan awal siswa |
| PENDAHULUAN (15 menit) |
| <ol style="list-style-type: none"> Guru menyapa dan mengecek kehadiran. Guru memberikan soal pretest. Menyampaikan tujuan pretest. |

| | |
|--|--|
| INTI (150 menit) | |
| Tes | Siswa mengerjakan soal yang telah diberikan |
| PENUTUP (15 menit) | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Memberikan informasi tentang materi pembelajaran selanjutnya. • Menutup pembelajaran. | |
| PERTEMUAN 2 | |
| Lingkup Materi | Tujuan Pembelajaran |
| BAB 5 Perubahan dan Pelestarian Lingkungan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Peserta didik mampu menjelaskan dampak penggunaan pupuk kimia berlebihan terhadap eutrofikasi dan ekosistem perairan. 2. Peserta didik mampu menjelaskan pengaruh pembakaran hutan terhadap siklus karbon di atmosfer. |
| Materi Pokok | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Eutrofikasi akibat pupuk kimia berlebihan • Dampak pembakaran hutan terhadap siklus karbon | |
| PENDAHULUAN (15 menit) | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Guru membuka pelajaran dengan salam dan menanyakan kabar peserta didik. 2. Guru melakukan presensi. 3. Guru mengajukan pertanyaan pemantik: "Pernahkah kalian melihat danau yang airnya kehijauan dan banyak tumbuhan airnya? Kira-kira apa penyebabnya?" dan "Apa yang terjadi jika ada kebakaran hutan besar? Bagaimana asapnya bisa memengaruhi udara yang kita hirup?" 4. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran. | |
| INTI (150 menit) | |
| Eksplorasi | <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik diminta untuk mencari informasi (melalui buku paket (untuk kelas kontrol), menggunakan AI Gemini (untuk kelas eksperimen) tentang pengertian eutrofikasi dan penyebabnya, serta dampaknya terhadap ekosistem perairan. • Peserta didik juga mencari informasi tentang bagaimana pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer. |
| Elaborasi | <ul style="list-style-type: none"> • Diskusi singkat mengenai materi yang telah mereka pelajari. |

| | |
|--|--|
| Konfirmasi | Guru memberikan klarifikasi dan penguatan materi mengenai eutrofikasi, dampak pupuk kimia berlebihan, dan pengaruh pembakaran hutan terhadap siklus karbon. |
| PENUTUP (15 menit) | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mengulang kembali poin-poin penting yang telah dipelajari. • Menarik kesimpulan dari seluruh materi yang telah dipelajari. • Memberikan informasi tentang materi pembelajaran selanjutnya. • Menutup pembelajaran. • Penugasan: Mengerjakan LKPD 1. | |
| PERTEMUAN 3 | |
| Lingkup Materi | Tujuan Pembelajaran |
| BAB 5 Perubahan dan Pelestarian Lingkungan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Peserta didik mampu menjelaskan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik. 2. Peserta didik mampu mengidentifikasi cara-cara mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan. 3. Peserta didik mampu membandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari. |
| Materi Pokok | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Deforestasi dan kepunahan spesies endemik • Pengurangan emisi gas metana dari peternakan • Dampak energi batu bara vs. energi matahari | |
| PENDAHULUAN (15 menit) | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Guru menyapa peserta didik dan mengecek kesiapan belajar. 2. Guru mengingatkan kembali materi pertemuan sebelumnya secara singkat. 3. Guru mengajukan pertanyaan pemantik: "Mengapa penting menjaga hutan hujan tropis?" dan "Apa kaitan antara sapi dengan gas rumah kaca?" 4. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran. | |
| INTI (150 menit) | |
| Eksplorasi | <p>Peserta mendiskusikan tiga topik berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengapa deforestasi hutan hujan tropis mempercepat kepunahan spesies endemik? 2. Dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan. 3. Perbandingan dampak lingkungan antara energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik. |
| Elaborasi | Guru memfasilitasi sesi tanya jawab dan memberikan umpan balik. |

| | |
|---|---|
| Konfirmasi | Guru memberikan penguatan terhadap setiap topik yang telah didiskusikan, memastikan pemahaman konsep yang benar. |
| PENUTUP (15 menit) | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mengulang kembali poin-poin penting yang telah dipelajari. • Menarik kesimpulan dari seluruh materi yang telah dipelajari. • Memberikan informasi tentang materi pembelajaran selanjutnya. • Menutup pembelajaran. • Penugasan: Mengerjakan LKPD 2. | |
| PERTEMUAN 4 | |
| Lingkup Materi | Tujuan Pembelajaran |
| BAB 5 Perubahan dan Pelestarian Lingkungan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Peserta didik mampu mengidentifikasi faktor penyebab banjir bandang di daerah urban. 2. Peserta didik mampu menganalisis bahaya limbah industri tekstil dan limbah elektronik. 3. Peserta didik mampu mengkritisi klaim greenwashing. 4. Peserta didik mampu membandingkan efektivitas solusi polusi udara perkotaan. 5. Peserta didik mampu merancang proyek komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut. |
| Materi Pokok | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Faktor penyebab banjir bandang di daerah urban • Perbandingan limbah industri tekstil dan elektronik • Kritik terhadap greenwashing • Solusi polusi udara di kota besar • Proyek komunitas pesisir untuk kenaikan permukaan air laut | |
| PENDAHULUAN (15 menit) | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Guru menyapa peserta didik dan memastikan kelas siap belajar. 2. Guru melakukan review singkat materi sebelumnya. 3. Guru mengajukan pertanyaan pemantik: "Mengapa di kota-kota besar sering terjadi banjir saat hujan deras?" atau "Apa itu greenwashing?" 4. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran. | |
| INTI (150 menit) | |
| Eksplorasi | Peserta didik belajar mandiri mengenai materi yang disajikan. |
| Elaborasi | Diskusi singkat mengenai materi yang disajikan. |

| | | | |
|---|--|------------------|------------------|
| Konfirmasi | Guru memberikan penguatan terhadap setiap topik yang telah didiskusikan, memastikan pemahaman konsep yang benar. | | |
| PENUTUP (15 menit) | | | |
| <ul style="list-style-type: none">Mengulang kembali poin-poin penting yang telah dipelajari.Menarik kesimpulan dari seluruh materi yang telah dipelajari.Memberikan informasi tentang materi pembelajaran selanjutnya.Menutup pembelajaran.Penugasan: Mengerjakan LKPD 3. | | | |
| PERTEMUAN 5 | | | |
| Tujuan Pembelajaran | | | |
| Untuk mengukur sejauh mana peserta didik telah memahami dan menguasai materi yang diajarkan | | | |
| PENDAHULUAN (15 menit) | | | |
| <ol style="list-style-type: none">Guru menyapa dan mengecek kehadiran.Guru memberikan soal posttestMenyampaikan tujuan posttest. | | | |
| INTI (150 menit) | | | |
| Tes | Siswa mengerjakan soal yang telah diberikan | | |
| PENUTUP (15 menit) | | | |
| <ul style="list-style-type: none">Menutup pembelajaran. | | | |
| ASESMEN / PENILAIAN | | | |
| TEKNIK DAN BENTUK PENILAIAN | | | |
| NO | Aspek | Teknik Penilaian | Bentuk Penilaian |
| 1 | Sikap | Observasi | Pengamatan |
| 2 | Pengetahuan | Penugasan | Penugasan |
| KRITERIA PENILAIAN | | | |
| 1. Penilaian Sikap | | | |

| Aspek yang Dinilai | Kriteria | Skor | Nilai |
|--|---|------|-------|
| JUJUR | Tindakan selalu sesuai dengan ucapan | 4 | |
| | Tindakan kadang-kadang sesuai dengan ucapan | 3 | |
| | Tindakan kurang sesuai dengan ucapan | 2 | |
| | Tindakan tidak sesuai dengan ucapan | 1 | |
| | | | |
| DISIPLIN | Mampu menjalankan aturan dengan kesadaran diri | 4 | |
| | Mampu menjalankan aturan dengan kesadaran guru | 3 | |
| | Kurang mampu menjalankan aturan | 2 | |
| | Belum mampu menjalankan aturan | 1 | |
| | | | |
| SANTUN | Berbahasa positif dan bersikap sopan | 4 | |
| | Berbahasa positif, tetapi bersikap kurang sopan | 3 | |
| | Berbahasa negative dan bersikap kurang sopan | 2 | |
| | Berbahasa negative dan tidak sopan | 1 | |
| | | | |
| 2. Penilaian Pengetahuan melalui LKPD | | | |
| Deskripsi | | | Nilai |
| Menunjukkan pemahaman yang sangat baik tentang materi yang telah dipelajari. Dapat menjelaskan dengan tepat dan rinci. | | | 4 |
| Menunjukkan pemahaman yang baik tentang konsep-konsep dasar materi yang telah dijelaskan. Dapat menjelaskan dengan cukup baik. | | | 3 |

| Menunjukkan pemahaman yang terbatas pada konsep-konsep dasar. | 2 |
|---|---|
| Menunjukkan pemahaman yang sangat terbatas atau salah tentang materi yang telah dipelajari. | 1 |
| | |
| Assesmen | Formatif dan sumatif |
| Pengayaan Dan Remedial | <ul style="list-style-type: none"> • Pengayaan dilaksanakan apabila pencapaian hasil belajar peserta didik sudah mencapai Kriteria Ketuntasan Belajar tetapi peserta didik belum puas dengan hasil belajar yang dicapai. • Remedial dilaksanakan apabila pencapaian hasil belajar peserta didik belum mencapai Kriteria Ketuntasan Belajar. |
| Refleksi Peserta Didik | <ul style="list-style-type: none"> • Apakah semua peserta didik aktif dalam pembelajaran? • Apakah ada kendala selama kegiatan pembelajaran? • Apa saja kesulitan yang ditemukan selama pembelajaran? |

Lampiran 2

Kisi-kisi Instrument Penelitian

| No Soal | Pertanyaan | Materi | Taksonomi Bloom |
|---------|---|---|-----------------|
| 1 | Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan. | Pencemaran Lingkungan Hidup | C4 |
| 2 | Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya! | Keseimbangan dan Perubahan Lingkungan Hidup | C4 |
| 3 | Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik! | Keseimbangan dan Perubahan Lingkungan Hidup | C4 |
| 4 | Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan! | Penanganan Limbah | C3 |
| 5 | Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik! | Pencemaran Lingkungan Hidup | C4 |
| 6 | Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi! | Keseimbangan dan Perubahan Lingkungan Hidup | C4 |
| 7 | Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang! | Penanganan Limbah | C5 |
| 8 | Sebuah perusahaan mengklaim bahwa <i>greenwashing</i> mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut! | Penanganan Limbah | C5 |
| 9 | Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda! | Penanganan Limbah | C5 |
| 10 | Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan | Penanganan Limbah | C6 |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga! | | |
|--|--|--|--|

Lampiran 3

INSTRUMEN TES

Nama :
Kelas : X
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap.
Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan. PENCEMARAN AIR
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya! PENCEMARAN UDARA
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Lampiran 4

Jawaban Instrumen Penelitian

1. Penggunaan Pupuk Kimia Berlebihan dan Eutrofikasi di Danau

Penggunaan pupuk kimia berlebihan, terutama yang mengandung nitrogen (N) dan fosfor (P), menyebabkan eutrofikasi melalui aliran nutrisi ke perairan saat hujan. Nutrisi ini memicu pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara eksplosif (blooming). Saat alga mati, proses dekomposisi oleh bakteri mengonsumsi oksigen terlarut, menciptakan "zona mati" (dead zone) di mana organisme air seperti ikan dan udang tidak dapat bertahan akibat hipoksia (kekurangan oksigen). Contoh dampaknya adalah kematian massal biota air di Danau Erie (AS) dan Zona Mati Teluk Meksiko seluas 15.000 km² akibat aliran pupuk dari Sungai Mississippi.

2. Pembakaran Hutan dan Siklus Karbon

Pembakaran hutan melepaskan karbon yang tersimpan dalam biomassa (kayu, daun, gambut) ke atmosfer sebagai CO₂, sekaligus mengurangi kemampuan hutan sebagai penyerap karbon alami. Proses ini mempercepat peningkatan gas rumah kaca (GRK) dan mengganggu keseimbangan siklus karbon. Contohnya adalah kebakaran hutan gambut di Indonesia (2015) yang melepaskan 1,2 miliar ton CO₂—setara emisi tahunan Jepang—karena gambut menyimpan karbon 10–20 kali lebih banyak daripada hutan biasa.

3. Deforestasi Hutan Hujan Tropis dan Kepunahan Spesies Endemik

Hutan hujan tropis memiliki keanekaragaman hayati tinggi dengan spesies endemik yang bergantung pada habitat spesifik. Deforestasi merusak habitat, mengisolasi populasi, dan menghilangkan sumber makanan. Spesies endemik seperti orangutan Kalimantan (*Pongo pygmaeus*) sulit beradaptasi atau bermigrasi, sehingga populasi mereka turun 50% dalam 60 tahun terakhir akibat alih fungsi hutan menjadi perkebunan kelapa sawit.

4. Cara Mengurangi Emisi Metana dari Peternakan

Dua cara efektif untuk mengurangi emisi metana (CH₄) dari peternakan adalah:

- a. Modifikasi pakan ternak: Menambahkan 2% rumput laut *Asparagopsis taxiformis* ke pakan sapi dapat mengurangi produksi metana hingga 80% selama pencernaan.

- b. Manajemen kotoran ternak: Mengolah kotoran menjadi biogas melalui reaktor anaerobik, sehingga metana dimanfaatkan sebagai energi dan tidak terlepas ke atmosfer.
5. Perbandingan Dampak Lingkungan Batu Bara vs. Matahari

Batu Bara: Menghasilkan emisi CO₂ tinggi (~1.000 g CO₂eq/kWh), polutan beracun (SO₂, NO_x, merkuri), serta menyebabkan kerusakan lahan pertambangan dan hujan asam. Contoh: PLTU di India menyebabkan 100.000 kematian dini/tahun.

Energi Matahari: Emisi CO₂ rendah (20–50 g CO₂eq/kWh saat operasional), tetapi produksi panel surya melibatkan limbah beracun dan penggunaan lahan luas. Contoh: Proyek Solar Farm California mengurangi 4 juta ton CO₂/tahun, namun limbah panel perlu dikelola.
6. Penyebab Banjir Bandang di Daerah Urban

Faktor alam meliputi curah hujan ekstrem dan topografi dataran rendah. Faktor antropogenik seperti urbanisasi (pengaspalan mengurangi resapan air), deforestasi, dan sistem drainase buruk memperparah aliran permukaan. Contoh: Banjir Jakarta 2020 diperparah oleh penyempitan sungai dan sampah yang menyumbat saluran air.
7. Limbah Tekstil vs. Limbah Elektronik

Limbah elektronik lebih berbahaya dalam jangka panjang karena mengandung logam berat (timbal, merkuri) dan bahan kimia persisten yang mencemari tanah dan air selama ratusan tahun. Limbah tekstil menghasilkan mikroplastik dan zat kimia beracun (misal, pewarna azo), tetapi dampaknya lebih terbatas pada ekosistem perairan. Contoh: Limbah elektronik di Agbogbloshie (Ghana) menyebabkan keracunan timbal pada anak-anak.
8. Kritik Klaim Greenwashing Perusahaan
 - a. Menanam 100 pohon tidak cukup untuk menetralkan emisi karbon karena:
 - b. Pohon membutuhkan puluhan tahun untuk menyerap CO₂ secara signifikan.
 - c. Perhitungan offset karbon harus mempertimbangkan emisi keseluruhan (misal, emisi produksi dan transportasi).
 - d. Greenwashing sering mengalihkan perhatian dari upaya mengurangi emisi di sumbernya. Contoh: Perusahaan fast fashion yang tetap memproduksi massal.
9. Solusi Polusi Udara: Pembatasan Kendaraan vs. Transportasi Listrik

Pembatasan kendaraan pribadi (misal, sistem ganjil-genap) efektif mengurangi polusi segera, tetapi kurang populer. Konversi ke transportasi listrik lebih berkelanjutan jika didukung energi terbarukan, namun membutuhkan infrastruktur mahal dan waktu panjang. Kombinasi keduanya (misal, insentif kendaraan listrik + perluasan transportasi umum) adalah solusi optimal.

10. Proyek Komunitas Pesisir untuk Kenaikan Air Laut

- a. Langkah teknis: Membangun tanggul alami dengan penanaman mangrove (akar mangrove mengurangi abrasi) dan sistem drainase berbasis komunitas.
- b. Partisipasi warga: Pelatihan pengelolaan mangrove, pembentukan kelompok pemantau banjir, dan adopsi teknik budidaya tahan garam. Contoh: Desa Bedono (Jawa Tengah) berhasil mengurangi banjir rob dengan rehabilitasi mangrove melibatkan 500 warga.

Lampiran 5

Nilai Tes Hasil Belajar Siswa
Kelas Kontrol

| No | Nama Siswa | Skor Pretest | Skor Posttest |
|----|------------|--------------|---------------|
| 1 | A | 52 | 80 |
| 2 | A | 56 | 84 |
| 3 | I | 60 | 88 |
| 4 | I | 60 | 80 |
| 5 | M | 60 | 92 |
| 6 | MRA | 56 | 84 |
| 7 | MHM | 60 | 84 |
| 8 | MH | 64 | 80 |
| 9 | NA | 60 | 76 |
| 10 | RA | 52 | 64 |
| 11 | NTN | 52 | 72 |
| 12 | N | 60 | 84 |
| 13 | NA | 52 | 80 |
| 14 | NHR | 56 | 80 |
| 15 | AM | 56 | 76 |
| 16 | RP | 60 | 84 |
| 17 | R | 56 | 80 |
| 18 | SRM | 56 | 76 |
| 19 | S | 48 | 84 |

| | | | |
|----|----|----|----|
| 20 | SA | 48 | 80 |
| 21 | T | 56 | 72 |
| 22 | AM | 48 | 84 |

Lampiran 6

Nilai Tes Hasil Belajar Siswa
Kelas Eksperimen

| No | Nama Siswa | Skor Pretest | Skor Posttest |
|----|------------|--------------|---------------|
| 1 | AR | 52 | 80 |
| 2 | AKA | 56 | 88 |
| 3 | AFR | 60 | 80 |
| 4 | AYA | 64 | 84 |
| 5 | A | 56 | 92 |
| 6 | AM | 48 | 80 |
| 7 | A | 60 | 92 |
| 8 | AC | 52 | 84 |
| 9 | D | 56 | 80 |
| 10 | F | 52 | 92 |
| 11 | J | 48 | 80 |
| 12 | MAR | 56 | 80 |
| 13 | MFA | 60 | 72 |
| 14 | MF | 56 | 84 |
| 15 | NP | 40 | 76 |
| 16 | MF | 52 | 96 |
| 17 | NA | 56 | 76 |
| 18 | R | 48 | 84 |
| 19 | RN | 52 | 80 |

| | | | |
|----|-----|----|----|
| 20 | RR | 56 | 84 |
| 21 | RZA | 52 | 88 |
| 22 | NA | 60 | 92 |
| 23 | SA | 60 | 80 |

UNIVERSITAS MUSLIM MAROS

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Kampus 1: Jalan Dr. Ratulangi No.62 Maros Sulawesi Selatan, e-mail : umma.yapim.2015@gmail.com, Kode Pos 90511
Kampus 2: Jalan Kokoa – Pamelakkang Je'ne Kelurahan Allepolea Kecamatan Lau kabupaten Maros



Nomor : 108/UL/FKIP-UMMA/V/2025
Lampiran : 1 Exp
Perihal : **Permohonan Validator**

Kepada yang terhormat :

1. Nurhidayah, S.Pd., M.Pd.
2. Rika Riyanti, S.Pd., M.Pd.

Di-

Tempat

Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Dengan hormat,

Dalam rangka penulisan Penelitian Skripsi (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muslim Maros (FKIP-UMMA), Disampaikan bahwa mahasiswa/(i) yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Windy Septiana
NIM : 2184025012
Program Studi : Pendidikan Biologi

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, dimohon kiranya agar Bapak/Ibu memvalidasi Instrumen Penelitian/Produk Penelitian Skripsi dengan judul :

“Dampak Penggunaan Artificial Intelligence Gemini sebagai Media Pembelajaran terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros”

Demikian permohonan ini dibuat, atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu diucapkan terima kasih.

Maros, 7 Mei 2025
Ketua Program Studi
Pendidikan Biologi,

Nurhidayah, S.Pd., M.Pd.
NIDN. 0927058802

Tembusan Kepada Yth.:

1. Wakil Dekan I FKIP UMMA
2. Dosen Bersangkutan
3. Peringgal

UNIVERSITAS MUSLIM MAROS

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Kampus 1: Jalan Dr. Ratulangi No.62 Maros Sulawesi Selatan, e-mail : umma.yapim.2015@gmail.com, Kode Pos 90511
Kampus 2: Jalan Kokoa – Pamelakkang Je'ne Kelurahan Allepolea Kecamatan Lau kabupaten Maros



SURAT KETERANGAN VALIDATOR

Nomor : 075/UD/FKIP-UMMA/V/2025

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Validator : **Nurhidayah, S.Pd.,M.Pd.**
NIDN : 0927058802
Jabatan : Dosen FKIP UMMA

Dengan ini menerangkan bahwa benar telah melaksanakan validasi instrumen penelitian dengan judul **"Dampak Penggunaan Artificial Intelligence Gemini sebagai Media Pembelajaran terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros"** dari mahasiswa

Nama : **Windy Septiana**
NIM : 2184025012
Program Studi : Pendidikan Biologi

Demikian Surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Maros, 7 Mei 2025

Mengetahui:

Ketua Program Studi
Pendidikan Biologi

Nurhidayah, S.Pd.,M.Pd.
NIDN. 0927058802

Validator

Nurhidayah, S.Pd.,M.Pd.
NIDN. 0927058802

UNIVERSITAS MUSLIM MAROS

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Kampus 1: Jalan Dr. Ratulangi No.62 Maros Sulawesi Selatan, e-mail : umma.yapim.2015@gmail.com, Kode Pos 90511
Kampus 2: Jalan Kokoa – Pamelakkang Je'ne Kelurahan Allepolea Kecamatan Lau kabupaten Maros



SURAT KETERANGAN VALIDATOR

Nomor : 075/UD/FKIP-UMMA/V/2025

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Validator : **Rika Riyanti, S.Pd., M.Pd.**
NIDN : 0919048403
Jabatan : Dosen FKIP UMMA

Dengan ini menerangkan bahwa benar telah melaksanakan validasi instrumen penelitian dengan judul **"Dampak Penggunaan Artificial Intelligence Gemini sebagai Media Pembelajaran terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros"** dari mahasiswi

Nama : **Windy Septiana**
NIM : 2184025012
Program Studi : Pendidikan Biologi

Demikian Surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Maros, 7 Mei 2025

Mengetahui:

Ketua Program Studi
Pendidikan Biologi

Nurhidayah, S.Pd., M.Pd.
NIDN. 0927058802

Validator

Rika Riyanti, S.Pd., M.Pd.
NIDN. 0919048403

LEMBAR VALIDASI TES

Judul Penelitian : Dampak Penggunaan *Artificial Intelligence Gemini* sebagai Media Pembelajaran terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros
Peneliti : Windy Septiana
Prodi : Pendidikan Biologi
Nama Validator : Rika Riyanti, S.Pd., M.Pd.

*Berikan tanda ceklis (✓) pada kolom yang sesuai dengan penilaian bapak/ibu dengan skala penilaian sebagai berikut :

- 1 : Tidak sesuai
- 2 : Kurang sesuai
- 3 : Cukup sesuai
- 4 : Sesuai
- 5 : Sangat sesuai

| No | Aspek yang Dinilai | Skala | | | | |
|----|---|-------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Materi tes relevan dengan tujuan tes | | | | ✓ | |
| 2 | Tingkat kesulitan sesuai target peserta | | | | ✓ | |
| 3 | Bahasa jelas dan mudah dipahami | | | | | ✓ |
| 4 | Instruksi soal tidak ambigu | | | | | ✓ |
| 5 | Kunci jawaban benar dan konsisten | | | ✓ | | |
| 6 | Skor mudah dihitung | | | | | ✓ |
| 7 | Waktu pengerjaan cukup | | | | ✓ | |

Tes Dampak Penggunaan *Artificial Intelligence Gemini* sebagai Media Pembelajaran terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros dinyatakan:

- 1. Dapat digunakan tanpa revisi
- 2. Dapat digunakan dengan revisi
- 3. Belum dapat digunakan

Maros, 14 Mei 2025
Validator



Rika Riyanti, S.Pd., M.Pd.

LEMBAR VALIDASI TES

Judul Penelitian : Dampak Penggunaan *Artificial Intelligence Gemini* sebagai Media Pembelajaran terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros

Peneliti : Windy Septiana

Prodi : Pendidikan Biologi

Nama Validator : Nurhidayah, S.Pd., M.Pd.

*Berikan tanda ceklis (✓) pada kolom yang sesuai dengan penilaian bapak/ibu dengan skala penilaian sebagai berikut :

- 1 : Tidak sesuai
- 2 : Kurang sesuai
- 3 : Cukup sesuai
- 4 : Sesuai
- 5 : Sangat sesuai

| No | Aspek yang Dinilai | Skala | | | | |
|----|--|-------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Materi tes relevan dengan tujuan ujian | | | | ✓ | |
| 2 | Item soal mewakili seluruh konten materi | | | | | ✓ |
| 3 | Tingkat kesulitan sesuai target peserta | | | | | ✓ |
| 4 | Bahasa jelas dan mudah dipahami | | | | | ✓ |
| 5 | Instruksi soal tidak ambigu | | | | ✓ | |
| 6 | Kunci jawaban benar dan konsisten | | | | ✓ | |
| 7 | Skor mudah dihitung | | | | | ✓ |
| 8 | Waktu pengerjaan cukup | | | | | ✓ |

Tes Dampak Penggunaan *Artificial Intelligence Gemini* sebagai Media Pembelajaran terhadap Pemikiran Kritis Siswa Kelas X di SMAN 6 Maros dinyatakan:

- 1. Dapat digunakan tanpa revisi
- ② Dapat digunakan dengan revisi
- 3. Belum dapat digunakan

Maros, 14 Mei 2025

Validator



Nurhidayah, S.Pd., M.Pd.

Lampiran 8

Data Analisis Statistik Deskriptif dan Inferensial

1. Analisis Deskriptif

Descriptive Statistics

| | Valid | Missing | Mean | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
|-------------|-------|---------|--------|----------------|---------|---------|
| Pretest KE | 23 | 0 | 54.435 | 4.470 | 48.000 | 64.000 |
| Posttest KE | 23 | 0 | 83.652 | 6.139 | 72.000 | 96.000 |
| Pretest KK | 22 | 1 | 56.182 | 3.800 | 48.000 | 64.000 |
| Posttest KK | 22 | 1 | 79.273 | 4.388 | 72.000 | 88.000 |

2. Uji Normalitas Kelas Eksperimen

Fit Assessment ▼

Fit Statistics

| Test | Statistic | p |
|--------------|-----------|-------|
| Shapiro-Wilk | 0.918 | 0.060 |

Fit Assessment

Fit Statistics

| Test | Statistic | p |
|--------------|-----------|-------|
| Shapiro-Wilk | 0.931 | 0.114 |

3. Uji Normalitas Kelas Kontrol

Fit Assessment

Fit Statistics

| Test | Statistic | p |
|--------------|-----------|-------|
| Shapiro-Wilk | 0.914 | 0.057 |

Fit Assessment

Fit Statistics

| Test | Statistic | p |
|--------------|-----------|-------|
| Shapiro-Wilk | 0.920 | 0.077 |

4. Uji Homogenitas *Pretest* Kelas Eksperimen & Kelas Kontrol

Assumption Checks

Test of Equality of Variances (Levene's)

| | F | df ₁ | df ₂ | p |
|-------|-------|-----------------|-----------------|-------|
| Nilai | 0.976 | 1 | 43 | 0.329 |

5. Uji Homogenitas *Posttest* Kelas Eksperimen & Kelas Kontrol

Assumption Checks

Test of Equality of Variances (Levene's)

| | F | df ₁ | df ₂ | p |
|-------|-------|-----------------|-----------------|-------|
| Nilai | 3.427 | 1 | 43 | 0.071 |

6. Uji t

Independent Samples T-Test

Independent Samples T-Test

| | t | df | p | Mean Difference | SE Difference |
|-------|-------|----|-------|-----------------|---------------|
| Nilai | 2.742 | 43 | 0.009 | 4.379 | 1.597 |

Note. Student's t-test.

Lampiran 9

LEMBAR PENILAIAN SISWA KELAS KONTROL

Lembar Soal Essai Pretest

Nama : Anna Maria
 Kelas : XI
 Mata Pelajaran : Biologi
 Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

1. Karena pupuk kimia yang berbahaya, kontingnya di ekosistem perairan akan merusak perairan !
2. Karena pembakaran menghasilkan gas CO₂ yang merusak atmosfer 3
3. Karena deforestasi berbahaya bagi makhluk hidup 1
4. Dengan membersihkan kandang 1
5. Jika menggunakan batu bara akan menghasilkan asap sedangkan jika energi matahari tidak ada asap. 3
6. Karena padat penduduk 3
7. Sama-sama berbahaya karena sudah menjadi limbah 3
8. Penanaman pohon itu baik 1
9. Kendaraan listrik karena tidak ada asap 3
10. Menanam mangrove, warga berpartisipasi menanam mangrove 3

$$\frac{24}{50} \times 100 = 48$$

Lembar Soal Essai Posttest

Nama : Anna Maria
Kelas : X₁
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

1. Penggunaan pupuk kimia berlebihan yang mengandung nitrogen dan fosfor dapat menyebabkan eutrofikasi dengan masuknya nitrogen dan fosfor ke dalam tanah yang nantinya akan mengalir ke danau saat hujan. Ini dapat meningkatkan pertumbuhan alga di danau dan itu menyebabkan sinar matahari tidak bisa masuk ke dalam danau menyebabkan ikan mati.
2. Saat pembakaran hutan akan menghasilkan gas CO₂ yang akan lepas ke atmosfer dan ini akan meningkatkan peningkatan gas rumah kaca.
3. Deforestasi menyebabkan hewan kehilangan tempat tinggal, hilangnya makanan dan hewan yang tidak bisa beradaptasi akan punah.
4. Modifikasi pakan ternak yang dapat mengurangi produksi gas metana
(Mengelola kotoran ternak yang mengandung gas metana menjadi biogas
5. - Penggunaan batu bara dapat menyebabkan polusi udara tinggi karena menghasilkan gas CO₂
- Penggunaan energi matahari tidak menghasilkan gas CO₂ tetapi penggunaan panel

yang menghasilkan limbah beracun.

6. Daerah urban biasanya berada di daerah rendah dan pengaspalan jalan bisa menyebabkan kurangnya daya serap air dan drainase yang kurang memadai.
7. Limbah elektronik lebih berbahaya karena berisi komponen berbahaya seperti logam berat merkuri dan banyak mengandung bahan kimia berbahaya.
8. Penanaman¹⁰⁰ pohon tidak cukup untuk menyerap gas karbon dan membutuhkan waktu yang lama untuk menyerap CO_2 .
9. Penggunaan kendaraan pribadi yang dibatasi dan menggunakan kendaraan listrik.
10. Penanaman mangrove di bibir pantai yang dapat menahan abrasi, membangun tanggul.

$$\frac{42}{50} \times 100 = 84$$

Lembar Soal Essai Pretest

Nama : Isma
Kelas : X₄
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

1. Eutrofikasi : Pupuk kimia berlebih (N,P) mengalir ke danau, memicu pertumbuhan alga pesat (algal bloom). Alga mati, diurai bakteri, yang menghabiskan oksigen terlarut (hipoksia), membunuh ikan dan organisme lain.
2. Siklus karbon : Hutan menyerap CO₂ dan melepaskannya, berfungsi sebagai penyimpan karbon (sink). Deforestasi mengurangi kapasitas ini, meningkatkan konsentrasi CO₂ di atmosfer, berkontribusi pada pemanasan global.
3. Deforestasi dan pandemi : Memaksa satwa liar berinteraksi lebih dekat dengan manusia, meningkatkan risiko penularan virus.

4. Mitigasi gas metana : Mengurangi konsumsi daging dan produk susu, serta memperbaiki manajemen limbah ternak.

5. Energi Fosil vs matahari :

- Fosil (batu bara) : Dampak negatif besar : emisi CO₂, sulfur oksida, dan partikulat yang menyebabkan polusi udara, hujan asam dan pemanasan global.
- Matahari (listrik) : Dampak negatif minimal : bersih, terbarukan, dan tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca.

6. Banjir dan pelepasan :

- Faktor alam : curah hujan tinggi
- Faktor Antropogenik : pembangunan tanpa resapan, penutupan lahan, pembuangan sampah ke sungai, dan deforestasi.

7. Limbah B3 : seperti limbah industri tekstil, dan limbah elektronik, sangat berbahaya karena sulit terurai, bersifat karsinogenik atau mutagenik.

8. Greenwashing : klaim perusahaan tersebut tidak valid. 100 pohon tidak dapat mengkompensasi emisi karbon yang dihasilkan dari operasional tambang batu bara.

9. Solusi polusi udara yaitu pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik.

10. Kenaikan permukaan air laut :

- Proyek : pembangunan sea wall (dinding laut) atau terumbu karang buatan.
- Langkah teknis : perancangan konstruksi yang kuat dan ramah lingkungan.
- Partisipasi warga : Edukasi tentang bahaya kenaikan permukaan air laut, sosialisasi proyek, dan pelibatan warga.

$$\frac{30}{100} \times 100 = 30$$

Lembar Soal Essai Posttest

Nama : Isma
Kelas : X₄
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

1. Eutrofikasi seperti pupuk kimia berlebih mengalir kesungai, memicu pertumbuhan alga pesat (alga bloom).
2. Siklus karbon : Hutan menyerap CO₂ dan melepaskannya.
3. Deforestasi dan pandemi : Memaksa satwa liar berinteraksi lebih dekat dengan manusia, meningkatkan risiko penularan virus.
4. Mitigasi gas metana : Mengurangi konsumsi daging dan produk susu, serta memperbaiki manajemen limbah ternak.
5. Energi fosil vs matahari :
 - Fosil (batu bara) : Dampak negatif besar : emisi CO₂, sulfur oksida, dan partikulat yang menyebabkan polusi udara, hujan asam dan pemanasan global.

- Matahari (listrik) : Dampak negatif minimal : bersih, terbarukan, dan tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca.

6. Banjir dan perkotaan :

- Faktor alam : curah hujan tinggi.
- Faktor antropogenik : Pembuangan tanpa resapan, Penutupan lahan, Pembuangan sampah ke sungai, dan deforestasi.

7. Limbah B3 : seperti limbah industri tekstil, dan limbah elektronik, sangat berbahaya karena sulit terurai, bersifat karsinogenik atau mutagenik.

8. Greenwashing : Klaim perusahaan tersebut tidak valid. 100 pohon tidak dapat mengkompensasi emisi karbon yang dihasilkan dari operasional tambang batu bara.

9. Solusi dari polusi udara yaitu Pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik.

10. Kenaikan permukaan air laut :

- Proyek : pembangunan sea wall (dinding laut) atau terumbu karang buatan.
- Langkah teknis : Perancangan konstruksi yang kuat dan ramah lingkungan.
- Partisipasi warga : Edukasi tentang bahaya kenaikan permukaan air laut, Sosialisasi proyek, dan pelibatan warga.

44 x 100 = 4400
50

Lembar Soal Essai Pretest

Nama : Rini Asriani
Kelas : XI
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

1. penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat mengurangi
1. ikan yang hidup di danau.
2. caranya yaitu arap pembakaran dapat mengakibatkan
? udara di sekitarnya tercemar.
3. 3 karena kurangnya tempat tinggal
4. 5 Memberi pakan ternak yang organik
5. - Batu bara lebih kurang efektif karena dapat
5 mencemari lingkungan
- Energi matahari lebih ke ramah lingkungan.

6. $\frac{8}{2}$ karena adanya penebangan pohon liar.
7. 1 limbah industri tekstil
8. 1 Benar karena air laut tidak berhubungan langsung dengan penurunan emisi karbon.
9. 2 Pembatasan kendaraan bermotor.
10. 3 Penanaman mangrove di pinggir laut.

$$\frac{26}{50} \times 100 = 52$$

Lembar Soal Essai Posttest

Nama : Rini Asriani
Kelas : X₄
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

- Jawaban :
1. Pupuk kimia berlebihan mengandung nitrogen / fosfor tinggi
↳ menyebabkan pertumbuhan alga yg berlebihan.
 2. Kematian ikan, air jadi keruh, oksigen rendah
 3. Deforestasi hilangkan habitat spesies endemik, menyebabkan kepunahan karena tak bisa beradaptasi.
 4. Ubah pakan ternak, olah limbah jadi biogas, kurangi konsumsi hewan.
 5. batu bara : polusi tinggi. Matahari : ramah lingkungan
↳ tanpa emisi, tapi butuh lahan dan bahan khusus.
 6. Alam : keterungan. Manusia : bakar lahan, pembukaan
↳ hutan ilegal.

7. Limbah elektronik lebih berbahaya karena racun logam
 ; berat, sulit terurai, berdampak jangka panjang.
8. Salah, kristalisasi air laut tidak kurangi emisi karbon
 ; Butuh penyerapan karbon dalam penguapan
- 9.3 Pembatas kendaraan pribadi
- 10.3 Tanam mangrove.

$$\frac{52}{50} \times 100 = 64$$

LEMBAR PENILAIAN SISWA
KELAS EKSPERIMEN

Lembar Soal Essai Pretest

Nama : Nur Alim
Kelas : X₄
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

51. Penggunaan pupuk kimia berlebihan menambah nitrogen dan fosfor di perairan. Menyebabkan ledakan alga yang menghabiskan oksigen sehingga ikan dan biota lainnya mati. Contoh: fenomena masam ikan di danau Wana Jaya.

52. Pembakaran hutan melepaskan karbon yang tersimpan

53. Menghancurkan habitat alami spesies endemik

14. Mengurangi pakan ternak dan mengurangi lautan ternak

15. Bahaya sangat tinggi dampaknya dan matahari pampasan sangat rendah.

- 36. karena pengundutan hutan di dataran tinggi
- 37. limbah tekstil karena mendukung hutan kota beracun
- 38. klaim tersebut adalah bentuk greenwashing karena menanam 100 pohon
- 39. konversi ke transportasi listrik karena lebih berkelanjutan.
- 40. Partisipasi warga karena melibatkan masyarakat dalam perencanaan yang pemeliharaan masrover.

$$\frac{30}{50} \times 100 = 60$$

Lembar Soal Essai Posttest

Nama : Nur Alini
Kelas : X
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

51. Penggunaan pupuk kimia berlebihan menyebabkan kelebihan nitrogen dan fosfor terbawa ke danau. Hal ini memicu ledakan alga (algal bloom) - saat alga mati dan teroksidasi di air habis menyebabkan ikan dan biota air mati, air jadi keruh dan bau. contohnya: di danau meningkat banyak ikan mati massal akibat eutrofikasi.
52. Pembakaran hutan melepaskan cadangan karbon tumbuhan ke atmosfer sebagai CO_2 , sehingga mengurangi jumlah pohon penyerap CO_2 , sehingga kadar gas rumah kaca meningkat dan mempercepat pemanasan global.
53. Deforestasi mempercepat kepunahan spesies endemik karena merusak habitat asli mereka, tanpa tempat tinggal dan makanan, spesies yang hanya hidup di daerah itu sulit beradaptasi dan akhirnya punah.

34. emisi metana dari peternakan dapat dikurangi dengan Mengubah Pakan ternak agar Proses Pencernaan Menghasilkan lebih sedikit metana serta Mengolah kotoran ternak menjadi biogas atau kompos sehingga gas metana tidak langsung terlepas ke atmosfer.
35. Penggunaan batubara Menghasilkan emisi CO₂, polusi udara, dan limbah abu yang merusak lingkungan serta mempercepat pemanasan global, sedangkan energi matahari tidak menghasilkan emisi langsung, lebih ramah lingkungan, dan berkelanjutan meski membutuhkan lahan dan ~~material~~ Material panel surya.
36. Banjir di daerah urban terjadi karena curah hujan tinggi dan topografi, tanzu Genangan, diperparah oleh zilli fungsi, lahan kurangnya resapan air, drainase buruk, dan sampah yang menyumbat saluran.
37. Menurut Surya: limbah elektronik lebih berbahaya karena mengandung logam berat beracun seperti Merkuri, kadmium, dan timbal yang bisa mencemari tanah dan air dalam jangka panjang serta sulit terurai, sedangkan limbah tekstil lebih banyak menimbulkan pencemaran air dan tanah tetapi relatif lebih mudah dikelola dibanding limbah elektronik.
38. Klamitk ternak sederhana, karena menanam 100 pohon tidak otomatis.
39. Transistor listrik lebih efektif jangka panjang karena mengurangi emisi, Sedangkan pembakaran kendaraan hanya memberi efek cepat tapi sementara.
40. Komunitas Pesir bisa menanam mangrove dipantainya dengan warga bergotong royong menanam, merawat dan menjaga kawasan dari kerusakan.

$$\frac{46}{20} \times 100 = 92$$

Lembar Soal Essai Posttest

Nama : Ade Khilmi Ariska
Kelas : XI
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

51. Penggunaan pupuk kimia berlebihan menyebabkan eutrofikasi melalui aliran nutrisi ke perairan saat hujan. Contoh dampaknya adalah kematian massal ikan di danau Erie (AS).
52. Pembakaran hutan melepaskan karbon yg tertimpan dalam biomassa ke atmosfer sebagai CO₂, sekaligus mengurangi kemampuan hutan sebagai penyerap karbon alami.
53. Hutan hujan tropis memiliki keanekaragaman hayati tinggi dgn spesies endemik yg bergantung pada habitat spesifik. Deforestasi merusak habitat, mengurangi populasi dan mengancamkan sumber makanan.
54. dua cara efektif mengurangi emisi metana (CH₄) dari peternakan adalah :
a) modifikasi pakan ternak.
b) manajemen kotoran ternak.

- 1 8. penanaman pohon dapat menghemat air.
- 3 9. penggunaan bendungan listrik lebih baik karena tidak menghemat air bendungan.
- 3 10. warga dapat menanam pohon bakau di pesisir laut.

$$\frac{28}{20} \times 100 = 56$$

Lembar Soal Essai Posttest

Nama : Ade khilmi Ariska
Kelas : XI
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

51. Penggunaan pupuk kimia berlebihan menyebabkan eutrofikasi melalui aliran nutrisi ke perairan saat hujan. Contoh dampaknya adalah kematian masal ikan di danau Erie (As).
52. Pembakaran hutan melepaskan karbon yg terakumulasi dalam biomassa ke atmosfer sebagai CO₂, sekaligus mengurangi kemampuan hutan sebagai penyerap karbon alami.
53. Hutan hujan tropis memiliki biodiversitas hayati tinggi dgn spesies endemik yg bergantung pada habitat spesifik. Deforestasi merusak habitat, mengisolasi populasi dan menghilangkan sumber makanan.
54. dua cara efektif mengurangi emisi metana (CH₄) dari peternakan adalah :
a) modifikasi pakan ternak.
b) manajemen kotoran ternak.

35. - Data Lora: mengurangi emisi CO_2 tinggi ($\sim 1.000 \text{ g CO}_2\text{eq/kWh}$).
 Contoh: PLTU di India menyedotkan 100.000 ton air per tahun.
 - energi matahari: emisi CO_2 rendah ($\sim 10 \text{ g CO}_2\text{eq/kWh}$ saat operasional)
 Contoh: Proyek solar Farm California mengurangi 9 juta ton CO_2 per tahun.
36. faktor dalam memilih cara layan listrik dan topografi dataran rendah.
57. limbah elektronik lebih berbahaya dalam jangka panjang karena mengandung logam berat. Sedangkan limbah tekstil menghasilkan mikroplastik dan zat kimia beracun.
58. Greenwashing sering mengalihkan perhatian dari upaya mengurangi emisi di sumbernya. Contoh: perusahaan fast fashion yg tetap memproduksi massal.
59. Pembatasan kendaraan pribadi efektif mengurangi polusi segera, tetapi kurang populer. Sedangkan konversi ke transportasi listrik lebih berkelanjutan jika diimbangi energi terbarukan. Kombinasi keduanya adalah solusi optimal.
60. a) langkah teknis: membangun tanggul alami dgn penanaman mangrove
 b) partisipasi warga: pelatihan penanaman mangrove, melibatkan kelompok pemantau sungai dan adopsi teknik budidaya bahan garam.

$$\frac{44}{10} \times 100 = 88$$

Lembar Soal Essai Pretest

Nama : Nurhanasya Putri
Kelas : X
Mata Pelajaran : Biologi
Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

- Jawaban :
1. Penggunaan pupuk kimia berlebihan akan menambah nutrisi dan fosfor di perairan. Hal ini akan memicu ledakan alga yang menyebabkan oksigen terakumulasi dan berakumulasi di permukaan air. Contoh: kematian massal ikan di danau.
 2. 1. Pembakaran hutan melepaskan karbon yang terakumulasi.
 3. 3. Menghancurkan habitat alam spesies endemik.
 4. 4. Mengurangi pakan ternak dan memanfaatkan kotoran ternak.
 5. 5. Batu bara sangat tinggi dampaknya dan matahari dampaknya sangat rendah.
 6. 6. 1. karena pengundulan hutan di dataran tinggi.

7. limbah tekstil karena mengandung bahan kimia beracun.
8. , kelas tersebut adalah bentuk greenwashing karena menanam 100 pohon
9. konversi ke transportasi listrik karena lebih berkelanjutan.
10. program waru karena melibatkan masyarakat dalam penanaman yang produktif
3 mangrove.

$$\frac{20}{50} \times 100 = 40$$

Lembar Soal Essai Posttest

Nama : Nurmanastanya Putri
 Kelas : X₄
 Mata Pelajaran : Biologi
 Waktu : 60 menit

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan uraian yang jelas dan lengkap. Perhatikan penggunaan bahasa yang baik dan benar!!

1. Jelaskan bagaimana penggunaan pupuk kimia berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi di danau! Berikan contoh dampaknya terhadap ekosistem perairan.
2. Bagaimana aktivitas pembakaran hutan memengaruhi siklus karbon di atmosfer? Jelaskan prosesnya!
3. Terangkan mengapa deforestasi di hutan hujan tropis dapat mempercepat kepunahan spesies endemik!
4. Sebutkan dua cara manusia dapat mengurangi emisi gas metana dari sektor peternakan!
5. Bandingkan dampak lingkungan antara penggunaan energi batu bara dan energi matahari dalam menghasilkan listrik!
6. Mengapa banjir bandang semakin sering terjadi di daerah urban? Identifikasi faktor alam dan antropogenik yang berkontribusi!
7. Menurut Anda, mana yang lebih berbahaya bagi lingkungan: limbah industri tekstil atau limbah elektronik? Berikan argumen berdasarkan dampak jangka panjang!
8. Sebuah perusahaan mengklaim bahwa greenwashing mereka dengan menanam 100 pohon telah menetralkan emisi karbonnya. Kritisi klaim tersebut!
9. Manakah solusi lebih efektif untuk mengurangi polusi udara di kota besar: pembatasan kendaraan pribadi atau konversi ke transportasi listrik? Jelaskan pertimbangan Anda!
10. Proyek apa yang dapat dilakukan komunitas pesisir untuk mengatasi kenaikan permukaan air laut? Deskripsikan langkah teknis dan partisipasi warga!

Jawaban :

1. Penggunaan pupuk kimia berlebihan, terutama yang mengandung nitrogen (N) dan fosfor (P), menyebabkan eutrofikasi melalui aliran nutrisi ke perairan saat hujan. Nutrisi ini memicu pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara eksponensial (blooming). Saat alga mati, proses dekomposisi oleh bakteri menguras oksigen terlarut, menciptakan "zona mati" (dead zone). Contoh dampaknya adalah kematian massal biota air di Danau Erie (AS) dan zona mati Teluk Meksiko seluas 10.000 km² akibat aliran pupuk dari sungai Mississippi.
2. Pembakaran hutan dan pelepasan karbon, pembakaran hutan melepaskan karbon yang tersimpan dalam biomassa (kayu, daun, gambut) ke atmosfer sebagai CO₂, sekaligus mengurangi kemampuan hutan sebagai penyerap karbon alami. Proses ini mempercepat peningkatan gas rumah kaca (GRK) dan mengganggu keseimbangan siklus karbon. Contohnya adalah kebakaran hutan gambut di Indonesia (2019) yang melepaskan 1,2 miliar ton CO₂ setara emisi tahunan Jepang + Korea Selatan, melepaskan karbon 10-20 kali lebih banyak daripada hutan baru.

3. Hutan hujan tropis memiliki keanekaragaman hayati tinggi dengan spesies endemik yang bergantung pada habitat spesifik. Deforestasi merusak habitat, mengurangi populasi, dan menghilangkan sumber makanan. Spesies endemik seperti orangutan Kalimantan (*Pongo pygmaeus*) sulit beradaptasi atau bermigrasi, sehingga populasi mereka turun 50% dalam 60 tahun terakhir akibat alih fungsi, hutan menjadi perkebunan kelapa sawit.
4. 1) modifikasi pakan ternak, menambahkan 2% rumput laut *Appasogasi* taksonomi kepaka sapi dapat mengurangi produksi metana hingga 80% selama pencernaan.
 2) Manajemen kotoran ternak: Mengolah kotoran menjadi biogas melalui reaktor anaerobik, sehingga metana dimanfaatkan sebagai energi dan tidak terlepas ke atmosfer.
5. * Batu Bara: Menghasilkan emisi CO_2 tinggi ($\sim 1.000 \text{ g CO}_2 \text{ eq/kWh}$), polutan beracun (SO_2 , NO_x , merkuri), serta menyebarkan 100.000 kumbang dan 100.000 telur.
 * Timah: Menghasilkan emisi CO_2 rendah ($20-30 \text{ g CO}_2 \text{ eq/kWh}$ saat operasi), tetapi produksi panel Surya meliputi limbah beracun dan penggunaan bahan beracun.
6. Faktor alam meliputi curah hujan ekstrem dan topografi datar rendah.
7. Limbah elektronik lebih berbahaya dalam jangka panjang karena mengandung logam berat (timbal, merkuri) dan bahan kimia beracun yg mencemari tanah dan air. Selain itu, limbah elektronik menghasilkan mikroplastik dan zat kimia beracun (arsenik, pakuwasa, dll) tetapi dampaknya lebih terbatas pada ekosistem perairan.
8. - Mencara 100 pohon tidak cukup untuk menetralkan emisi karbon karena:
 - Pohon membutuhkan puluhan tahun untuk menyerap CO_2 secara signifikan
 - Perhitungan offset karbon harus memperhatikan emisi keseluruhan (misal, emisi produksi dan transportasi)
 - Greenwashing sering melibatkan praktik dan upaya mengurangi emisi diumumkan.
 - Contoh: Perusahaan fast fashion yang tetap memproduksi massal.
9. Pembatasan konsumsi pribadi (misal, sistem gaji-gump) efektif mengurangi polusi asap, tetapi kurang populer. Konsumsi ke transportasi lebih lebih berkelanjutan jika didukung energi terbarukan, namun membutuhkan infrastruktur mahal dan waktu panjang.
10. - Larangan ternak: Membangun tanggul alami dengan penanaman mangrove.
 - Partisipasi Warga: Pelatihan pengelolaan mangrove, pelestarian kelompok pemakan babi.

$$\frac{38}{50} \times 100 = 76$$

Lampiran 10

KUESIONER

| Pernyataan | Sangat Setuju (5) | Setuju (4) | Netral (3) | Tidak Setuju (2) | Sangat Tidak Setuju (1) | Rata-rata |
|---|-------------------|------------|------------|------------------|-------------------------|-----------|
| AI Gemini mudah digunakan sebagai media pembelajaran. | 12 | 10 | 1 | | | 4.48 |
| Saya merasa nyaman berinteraksi dengan AI Gemini selama proses belajar. | 12 | 10 | 1 | | | 4.48 |
| AI Gemini menyajikan informasi yang relevan dengan materi pelajaran. | 12 | 8 | 3 | | | 4.39 |
| Respons AI Gemini membantu saya memahami konsep yang sulit. | 13 | 6 | 4 | | | 4.39 |
| AI Gemini mendorong saya untuk mempertanyakan asumsi dari suatu topik. | 9 | 11 | 3 | | | 4.26 |
| AI Gemini membantu saya mengaitkan materi pembelajaran dengan situasi dunia nyata. | 15 | 4 | 4 | | | 4.48 |
| AI Gemini memberikan contoh kasus yang melatih kemampuan penyelesaian masalah. | 14 | 7 | 2 | | | 4.52 |
| Saya merasa terbantu dalam merancang solusi kreatif untuk masalah kompleks setelah berdiskusi dengan AI Gemini. | 13 | 8 | 2 | | | 4.48 |
| Saya lebih berani mengeksplorasi pendekatan alternatif dalam belajar setelah | 11 | 9 | 3 | | | 4.35 |

| | | | | | | |
|--|----|---|---|--|--|-------------|
| menggunakan AI Gemini. | | | | | | |
| Penggunaan AI Gemini meningkatkan kemandirian saya dalam mencari sumber belajar. | 11 | 9 | 3 | | | 4.35 |
| Saya lebih termotivasi untuk mendalami materi karena interaksi dengan AI Gemini. | 10 | 9 | 4 | | | 4.26 |
| Pembelajaran dengan AI Gemini lebih menarik dibandingkan metode ceramah tradisional. | 14 | 6 | 3 | | | 4.48 |
| Saya lebih aktif bertanya dan berdiskusi saat menggunakan AI Gemini daripada di kelas biasa. | 15 | 7 | 1 | | | 4.61 |
| Penggunaan AI Gemini secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis saya. | 13 | 8 | 2 | | | 4.48 |
| Saya merekomendasikan AI Gemini sebagai media pembelajaran untuk melatih pemikiran kritis. | 14 | 5 | 4 | | | 4.43 |
| Rata-rata Total | | | | | | 4.43 |

Perhitungan Rata-Rata

Skor yang digunakan:

- Sangat Setuju = 5
- Setuju = 4
- Netral = 3
- Tidak Setuju = 2
- Sangat Tidak Setuju = 1

Lampiran 11

DOKUMENTASI

1. Dokumentasi pertemuan pertama

Kelas Eksperimen



Kelas Kontrol



2. Dokumentasi pertemuan kedua

Kelas Eksperimen



Kelas Kontrol



3. Dokumentasi pertemuan ketiga

Kelas Eksperimen



Kelas Kontrol



4. Dokumentasi pertemuan keempat

Kelas Eksperimen



Kelas Kontrol



5. Dokumentasi pertemuan kelima

Kelas Eksperimen





Kelas Kontrol



Lampiran 12

UNIVERSITAS MUSLIM MAROS
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Kampus 1: Jalan Dr. Ratulangi No.62 Maros Sulawesi Selatan, e-mail : umma.yapim.2015@gmail.com, Kode Pos 90511
Kampus 2: Jalan Kokoa – Pamelakkang Je'ne Kelurahan Allepolea Kecamatan Lau kabupaten Maros





Nomor : 113/UL/FKIP-UMMA/V/2025
Lampiran : -
Perihal : **Permohonan Izin Penelitian**

Kepada yang terhormat : _____
Kepala Sekolah SMAN 6 Maros
Di-
Tempat

Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Dengan hormat,

Disampaikan kepada Bapak/Ibu bahwa mahasiswi di bawah ini:

Nama : WINDY SEPTIANA
NIM : 2184025012
Program Studi : Pendidikan Biologi


Bermaksud mengadakan Penelitian dalam rangka penyelesaian pendidikan Program Sarjana FKIP Universitas Muslim Maros.
Adapun judul Penelitian yaitu :

“DAMPAK PENGGUNAAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE GEMINI* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TERHADAP PEMIKIRAN KRITIS SISWAKELAS X DI SMAN 6 MAROS”

Dosen Pembimbing : 1. Rizki Amalia Nur, S.Pd.,M.Pd.
2. Rika Riyanti, S.Pd.,M.Pd.

Sehubungan dengan maksud tersebut mohon kiranya kepada Bapak/Ibu berkenan memberikan Izin kepada yang bersangkutan untuk melakukan penelitian di tempat Bapak/Ibu Atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu yang baik diucapkan terima kasih.

Maros, 14 Mei 2025
Dekan,



Fitrwahyudi, S.Pd., M.Hum.
NIDN: 0926059001

Tembusan Kepada Yth.:
1. Ketua Program Studi
2. Yang bersangkutan
3. Pertiinggal



**PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN
DINAS PENDIDIKAN
UPT SMA NEGERI 6 MAROS**

Alamat : Jl. Pendidikan No.20, Kel. Bontoa, Kecamatan Bontoa
Kabupaten Maros 90554 Sulawesi Selatan



SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Nomor : 421.3/191/UPT.SMAN.6/DISDIK/2025

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : UMAR HR.,S.Pd., M.Pd
NIP : 19660916 199103 1009
Jabatan : Kepala UPT SMA Negeri 6 Maros

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :

Nama : WINDY SEPTIANA
NIM : 2184025012
Program Studi : Pendidikan Biologi

Benar yang bersangkutan telah melaksanakan penelitian di SMA Negeri 6 Maros
tema/judul **"DAMPAK PENGGUNAAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE GEMINI
SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TERHADAP PEMIKIRAN KRITIS SISWA
KELAS X DI SMAN 6 MAROS"**

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk di gunakan
sebagaimana mestinya.

Maros, 26 Mei 2025

Kepala UPT SMAN 6 Maros



UMAR HR, S. Pd., M. Si
NIP.19660916 199103 1009

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Windy Septiana, lahir di Bengo pada tanggal 9 September 2001. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari jenjang TK/PAUD di PAUD Dharma Wanita Limapoccoe, Kecamatan Cenrana, Kabupaten Maros. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan dasar di SDN

172 INP. Limapoccoe yang berlokasi di wilayah yang sama. Pada jenjang menengah pertama, penulis bersekolah di SMP Negeri 7 Cenrana, Kabupaten Maros. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMK Negeri 1 Maros dengan jurusan Rekayasa Perangkat Lunak. Saat ini penulis aktif menempuh program sarjana di Universitas Muslim Maros pada Program Studi Pendidikan Biologi.