

**PENGEMBANGAN *E-MAGAZINE* BIOGEOKIMIA
BERBASIS SETS UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS**

Skripsi

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan

Naura Raihana

036121019



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS PAKUAN
2025**

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Penulis menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Pengembangan *E-Magazine* Biogeokimia Berbasis SETS untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis" adalah hasil karya penulis dengan arahan dari dosen pembimbing. Karya ilmiah ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pendidikan. Sumber Informasi yang dikutip dalam karya ilmiah ini baik dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah memenuhi etika penulis karya ilmiah dengan disebutkan dalam teks dan tercantum dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari skripsi ini melanggar undang-undang hak cipta, maka peneliti siap bertanggung jawab secara hukum dan menerima konsekuensinya.

Bogor 8 Juli 2025



Naura Raihana
036121019

ABSTRAK

Naura raihana. 036121019. Pengembangan media e-magazine biogeokimia berbasis sets untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Skripsi. Universitas Pakuan. Bogor. Di bawah bimbingan Prof. Dr. Rita Retnowati, M.S dan Dina Dyah Saputri, M.Si

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui pembelajaran biogeokimia menggunakan e-magazine berbasis pendekatan Science, Environment, Technology, and Society (SETS). Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang mencakup lima tahap: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subjek penelitian adalah 31 siswa kelas X IPA di SMA Negeri 1 Ciawi. Data dikumpulkan melalui pretest dan posttest menggunakan soal esai berdasarkan lima indikator berpikir kritis: interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, dan eksplanasi. Hasil menunjukkan peningkatan skor rata-rata dari 48,75 menjadi 78,13. Seluruh indikator mengalami peningkatan kategori: analisis dan evaluasi mencapai kategori sangat tinggi, sementara indikator lainnya berada pada kategori tinggi. Hasil N-Gain sebesar 0,60 dengan kategori sedang. Media e-magazine terbukti mampu mengaitkan materi biogeokimia dengan konteks nyata secara interaktif, sehingga mendorong siswa untuk berpikir kritis dan memahami konsep secara mendalam. Pembelajaran berbasis SETS juga memberi ruang untuk eksplorasi mandiri dan keterlibatan aktif siswa. Penelitian ini menunjukkan bahwa e-magazine berbasis SETS efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar, serta berkontribusi dalam penyediaan media pembelajaran inovatif untuk mendukung peningkatan kualitas pendidikan sains di Indonesia.

Kata Kunci: Biogeokimia, Berpikir Kritis, SETS, E-Magazine

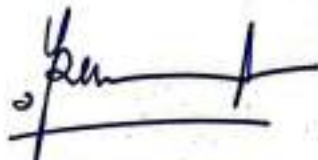
LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pengembangan E-Magazine Biogeokimia Berbasis SETS
untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis
Peneliti : Naura Raihana
NPM : 036121019

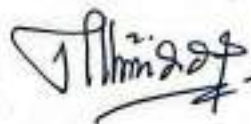
Disetujui oleh:

Pembimbing,

Pembimbing,



Prof. Dr. Rita Retnowati, M.S.
NIP. 1.0889025137



Dina Dyah Saputri, M.Si
NIK. 1.0416032740

Diketahui oleh:

Dekan FKIP
Universitas Pakuan,



Dr. Eko Suhardi, M.Si
NIK. 1.0694021205

Ketua Program Studi
Pendidikan Biologi,



Dr. Rita Istiana, S.Si, M.Pd
NIK. 1.1213032623

Tanggal Lulus: 16 Juli 2025

Hak Pelimpahan Kekayaan Intelektual

Kami yang bertanda tangan di bawah ini adalah para penyusun dan penanggungjawab skripsi yang berjudul "Pengembangan E-Magazine Biogeokimia Berbasis SETS Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis", yaitu:

1. Naura Raihana, Nomor Pokok Mahasiswa (036121019) Mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pakuan selaku penulis Skripsi dengan judul di atas.
2. Prof. Dr. Rita Retnowati, M.S , Dosen Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pakuan selaku pembimbing Satu Skripsi dengan judul tersebut diatas.
3. Dina Dyah Saputri, M.Si , Dosen Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pakuan selaku pembimbing Dua Skripsi dengan judul tersebut diatas.

Secara bersama-sama menyatakan dan memberikan ijin kepada program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Pakuan untuk melakukan revisi penulisan-ulang, penggunaan data penelitian, dan atau pengembangan Skripsi ini untuk kepentingan pendidikan dan keilmuan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dan ditandatangani bersama agar selanjutnya dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bogor, 13 Agustus 2025

Yang Memberikan Pernyataan:

1. Naura Raihana:

2. Pembimbing I:

3. Pembimbing II:



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT., karena berkat nikmat dan karuniaNya yang telah memberikan pengetahuan dan kesehatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengembangan *E-magazine* Biogeokimia Berbasis SETS untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis". Salawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Besar Muhammad SAW, beserta keluarganya, sahabatnya, dan seluruh pengikutnya. Semoga kita senantiasa diberikan kemampuan untuk menjalankan segala sunahnya hingga akhir hayat.

Penyusunan proposal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan. Penulis menyadari dalam penyusunan proposal ini masih banyak kekurangan dan kelemahan, baik dalam ungkapan maupun kalimat. Hal ini dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapat arahan, bimbingan, maupun nasihat dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis dengan sepenuh hati mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dari awal hingga tersusunnya proposal ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. rer. pol. Ir. H. Didik Notosudjono, M.Sc., selaku Rektor Universitas Pakuan;
2. Dr. Eka Suhardi, M. Si., selaku Dekan FKIP, Universitas Pakuan senantiasa memberikan motivasi;
3. Dr. Rita Istiana, S.Si., M.Pd, selaku Ketua Program Studi Biologi, FKIP, Universitas Pakuan;
4. Prof. Dr. Rita Retnowati, M.S., selaku pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, arahan serta motivasi;
5. Dina Dyah Saputri, M.Si., selaku pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, arahan serta motivasi;

6. Lufty Hari Susanto, M.Pd., selaku dosen wali akademik yang senantiasa memberikan arahan;
7. Dosen Program Studi Pendidikan Biologi yang selalu membagikan ilmu serta memberikan dorongan dan motivasi;
8. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu mendoakan, menemani, memberi dukungan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Teman-teman penulis, yang selalu menguatkan satu sama lain dan memberi dukungan serta motivasi untuk menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari skripsi ini belum terbilang dalam kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat berguna tidak hanya bagi penulis, tetapi juga pihak-pihak yang memerlukannya.

Bogor, Juli 2025



Penulis

DAFTAR ISI

KATAPENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah	4
D. Perumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Kajian Teoritik	6
B. Teori-Teori Pengembangan Model.....	16
C. Hasil Penelitian yang Relevan.....	19
D. Kerangka Berpikir	20
BAB III METODE PENELITIAN	19
A. Tempat dan Waktu Penelitian	19
B. Metode Penelitian.....	19
C. Sasaran Klien.....	20
D. Prosedur Pengembangan.....	20
E. Teknik Pengumpulan Data	27
F. Instrumen Penelitian.....	28
G. Teknik Analisis Data.....	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	36
A. Hasil penelitian	36
B. Pembahasan	48

C. Keterbatasan Penelitian.....	62
BAB V KESIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran.....	64
C. Rekomendasi.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kegiatan Penelitian	19
Tabel 2 Desain isi E-magazine.....	21
Tabel 3 Rencana E-magazine.....	23
Tabel 4 Teknik Pengumpulan Data.....	27
Tabel 5 kisi-kisi wawancara.....	28
Tabel 6 kisi-kisi kuesioner	29
Tabel 7 Kisi-kisi Instrumen Validasi Ahli Media	29
Tabel 8 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Hali Materi.....	29
Tabel 9 Kis-Kisi Soal Kemampuan Berpikir Kritis	30
Tabel 10 Kisi-Kisi Intrumen Respon Guru Dan Siswa	31
Tabel 11 Kriteria Uji Validasi.....	32
Tabel 12 Kriteria Respon Guru Dan Siswa.....	33
Tabel 13 Kriteria Keterampilan Berpikir Kritis	34
Tabel 14 Kriteria N-Gain Berdasarkan Presentase	34
Tabel 15 Hasil Validasi Konten Materi	40
Tabel 16 Hasil Validasi Konten Media.....	41
Tabel 17 Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah Revisi	41
Tabel 18 Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah Revisi	45
Tabel 19 Hasil N-Gain	45
Tabel 20 Hasil Uji Normalitas	46
Tabel 21 Uji t-Test	46
Tabel 22 Respon Guru	47
Tabel 23 Respon Siswa	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Sekema Siklus Karbon	10
Gambar 2 Sekema Siklus Nitrogen	11
Gambar 3 Sekema Daur Air	11
Gambar 4 Sekema Siklus Fosfor	12
Gambar 5 Sekema Siklus Sulfur	12
Gambar 6 Kerangka Berpikir	20
Gambar 7 Tahapan Model Pengembangan ADDIE	20
Gambar 8 Desain One group pretest-posttest	26
Gambar 9 Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa	44
Gambar 10 peningkatan pada setiap indikator berpikir kritis	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keputusan Dosen Pembimbing	72
Lampiran 2 Surat Pendahuluan Penelitian	73
Lampiran 3 Surat Keterangan Selesai Penelitian	74
Lampiran 4 Hasil Wawancara.....	75
Lampiran 5 kuosioner	77
Lampiran 6 Surat Validator.....	79
Lampiran 7 Hasil Validasi Soal	82
Lampiran 8 Hasil Validasi Materi.....	88
Lampiran 9 Hasil Validasi Materi.....	91
Lampiran 10 Hasil Validasi Media	94
Lampiran 11 Instrumen Soal.....	97
Lampiran 12 Hasil Pretest dan Posttes.....	106
Lampiran 13 Hasil N-Gain.....	107
Lampiran 14 Hasil Uji Normalitas.....	107
Lampiran 15 Hasil Uji-T.....	107
Lampiran 16 Hasil Respon Guru.....	108
Lampiran 17 Hasil Respon Siswa	114
Lampiran 18 Angket Observasi Pelaksanaan Pembelajaran	117
Lampiran 19 Angket Observasi Pelaksanaan Pembelajaran	119
Lampiran 20 Dokumentasi.....	124
Lampiran 21 Submit Jurnal.....	125
Lampiran 22 Modul.....	126
Lampiran 23 Berita Acara Penyerahan Media.....	129
Lampiran 24 Media E-Magazine Biogeokimia.....	130

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Memasuki era globalisasi dan revolusi industri 4.0, pendidikan dituntut untuk menghasilkan generasi yang tidak hanya cerdas secara akademik, tetapi juga memiliki keterampilan abad 21. Keterampilan utama yang diperlukan dalam pendidikan abad 21 meliputi kreativitas, berpikir kritis, komunikasi, dan kolaborasi (Riskayanti, 2021). Pendidikan menjadi ujung tombak dalam pembangunan sumber daya manusia yang berkelanjutan, sejalan dengan arah pembangunan global. Oleh karena itu, sistem pendidikan perlu didesain untuk menanamkan keterampilan-keterampilan tersebut secara sistematis dalam proses pembelajaran.

Salah satu keterampilan yang sangat penting dalam menghadapi tantangan kompleks abad ini adalah keterampilan berpikir kritis. Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk menganalisis informasi, mengelola data, mengevaluasi argumen, serta mengambil keputusan secara logis dan reflektif (Center 2010). Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Salah satu penyebabnya adalah karena proses pembelajaran di sekolah masih belum dikaitkan dengan permasalahan nyata yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari (Wijaya *et al.*, 2018). Untuk menangani permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menumbuhkan cara berpikir kritis dan reflektif. Salah satu pendekatan yang relevan dan kontekstual adalah pembelajaran berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*). Pendekatan ini tidak hanya mengintegrasikan konsep-konsep sains dengan isu-isu lingkungan, teknologi, dan masyarakat, tetapi juga mendorong siswa untuk berpikir kritis dan kreatif dalam mencari solusi atas permasalahan dunia nyata (Lestari *et al.*, 2020). Melalui

pendekatan ini, siswa dapat mengonstruksi pengetahuan sendiri, melakukan eksplorasi, analisis, serta pemecahan masalah secara aktif.

Pendekatan SETS juga sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan *Sustainable Development Goals* (SDGs), yang mengedepankan pentingnya pendidikan dalam menumbuhkan kesadaran lingkungan, tanggung jawab sosial, dan kesiapan menghadapi perubahan global. Menurut (Mayasari *et al.*, 2023) pembelajaran berbasis SETS terbukti memberikan pengaruh yang tinggi terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis, dengan nilai efektivitas sebesar 1,49 (kategori tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan ini sangat potensial dalam mendukung pencapaian tujuan pendidikan abad 21. Namun dalam implementasinya, pembelajaran dengan pendekatan SETS memerlukan media yang mampu menjembatani antara konsep sains yang abstrak dengan konteks kehidupan nyata. Salah satu bentuk media yang dinilai efektif dan menarik bagi generasi digital saat ini adalah e-magazine (majalah digital). Media ini mampu menyajikan informasi secara interaktif dan visual melalui kombinasi teks, gambar, ilustrasi, video, dan audio, sehingga dapat meningkatkan minat belajar dan mempermudah pemahaman konsep yang kompleks (Anggraini *et al.*, 2022). Selain itu, e-magazine dapat memuat konten-konten berbasis masalah, pertanyaan pemantik berpikir kritis, dan aktivitas eksploratif yang mengarahkan siswa untuk aktif berpikir dan berdiskusi.

Hasil angket keterampilan berpikir kritis siswa yang mencakup lima indikator, yaitu interpretasi, analisis, inferensi (menarik kesimpulan), evaluasi, dan eksplanasi, menunjukkan bahwa sekitar 61% siswa berada pada kategori sedang dalam keterampilan berpikir kritis. Namun, berdasarkan hasil wawancara dengan guru Biologi di SMAN 1 Ciawi, diketahui bahwa kemampuan berpikir kritis siswa dalam menyelesaikan soal-soal tingkat tinggi masih tergolong rendah. Hal ini tampak dari ketergantungan siswa terhadap sumber informasi. Ketika siswa diperbolehkan mengakses sumber seperti buku atau internet, nilai yang diperoleh cukup tinggi. Sebaliknya, saat mereka tidak diperkenankan membuka sumber informasi, hasil belajar cenderung rendah. Selain itu, guru juga mengungkapkan

bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi biogeokimia pada bab ekosistem, khususnya dalam mempelajari siklus biogeokimia seperti siklus karbon, nitrogen, sulfur, fosfor, dan air. Siswa merasa kesulitan memahami alur setiap proses siklus serta sifat dan peran senyawa kimia yang terlibat. Akibatnya, siswa belum mampu mengaitkan siklus biogeokimia dengan dampaknya terhadap kehidupan sehari-hari.

Di sisi lain, pembelajaran di sekolah telah menerapkan Kurikulum Merdeka, di mana model pembelajaran yang dominan digunakan adalah model pembelajaran kooperatif, dengan penekanan pada aktivitas belajar mandiri dan presentasi oleh siswa. Namun, media pembelajaran yang digunakan masih terbatas pada *PowerPoint*, dan belum ada media pembelajaran yang bersifat interaktif. Hal ini berdampak pada kurangnya keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar, serta terbatasnya visualisasi konsep yang kompleks seperti siklus biogeokimia. Kondisi ini menunjukkan perlunya inovasi media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan materi biogeokimia dengan konteks kehidupan nyata, sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa. Salah satu media yang potensial digunakan adalah e-magazine berbasis pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*). *E-magazine* memiliki keunggulan dalam menyajikan materi secara visual, menarik, dan interaktif. Kehadiran ilustrasi, gambar, dan narasi yang kontekstual dalam e-magazine dapat membantu siswa memahami proses dan alur siklus biogeokimia secara menyeluruh, serta mendorong mereka untuk berpikir secara kritis terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan.

Pendekatan SETS sendiri mendorong siswa untuk mengaitkan konsep sains dengan isu-isu teknologi, lingkungan, dan masyarakat, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan relevan dengan kehidupan. *E-magazine* berbasis SETS tidak hanya berfungsi sebagai media belajar, tetapi juga sebagai alat untuk menumbuhkan kesadaran terhadap isu-isu global, termasuk isu-isu dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama yang berkaitan dengan pilar pembangunan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk

mengembangkan media pembelajaran berupa *e-magazine* berbasis SETS dalam pembelajaran biogeokimia. Media ini diharapkan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, memperkuat pemahaman terhadap materi siklus biogeokimia, serta menjadikan pembelajaran lebih menyenangkan, kontekstual, dan efektif.

Penelitian ini akan mengkaji efektivitas penggunaan *e-magazine* berbasis SETS dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, serta mengevaluasi minat belajar dan respons guru maupun siswa terhadap penggunaan media tersebut dalam konteks pembelajaran biogeokimia.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang diuraikan diatas, maka dapat disimpulkan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Keterampilan berpikir kritis siswa masih tergolong sedang hingga rendah
2. Siswa sulit untuk memahami materi biogeokimia, khususnya pada bagian siklus-siklus biogeokima, karena materi bersifat kompleks dan menyajikan siklus kurang menarik.
3. Siswa masih belum bisa mengintegrasikan materi dengan konteks kehidupan nyata
4. Media pembelajarn yang digunakan masih terbatas dan kurang interaktif
5. Belum tersedia media pembelajara yang dapat mengintegrasikan pendekatan SETS

C. Pembatasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus, maka perlu adanya pembatasan masalah penelitian ini dibatasi pada:

1. Pembuatan media *e-magazine* untuk meningkatkan pemahaman dan melatih keterampilan berpikir kritis siswa pada materi biogeokimia berbasis SETS yang nantinya akan dilakukan penilaian oleh ahli dan uji coba.
2. Pengujian media pembelajaran *e-magazine* kepada siswa untuk mengetahui sejauh mana kemampuan berpikir kritis siswa.

3. Subjek penelitian adalah siswa kelas X-10 SMA Program IPA

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengembangan *e-magazine* materi biogeokimia berbasis SETS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sebagai media pembelajaran biologi.
2. Bagaimana kelayakan *e-magazine* materi biogeokimia berbasis SETS dapat digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi biogeokimia
3. Bagaimana efektivitas *e-magazine* materi biogeokimia berbasis SETS dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dibuatnya pengembangan *E-magazine* biogeokimia berbasis *Science, Environment, Technology, and Society* (SETS) yaitu:

1. Untuk mengembangkan media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS sebagai media pembelajaran biologi.
2. Untuk menganalisis kelayakan *e-magazine* materi biogeokimia berbasis SETS dapat digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi biogeokimia
3. Untuk menganalisis efektivitas *e-magazine* materi biogeokimia berbasis SETS dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1 Manfaat bagi siswa

- a. Siswa dapat melatih keterampilan berpikir kritis melalui pengamatan dan analisis terhadap fenomena alam yang terjadi mencari solusinya
- b. Meningkatkan kemampuan memahami hubungan sebab akibat dari berbagai peristiwa dalam konteks biogeokimia

- c. Menambah wawasan siswa tentang teknologi ramah lingkungan dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari
- d. Menumbuhkan kesadaran untuk menjaga keseimbangan ekosistem alam secara berkelanjutan.

2 **Manfaat bagi guru**

- a. Guru dapat memberikan alternatif media pembelajaran yang inovatif berupa e-magazine berbasis Science, Environment, Technology, and Society (SETS) untuk mendukung pembelajaran kontekstual
- b. Guru dapat menyajikan materi biogeokimia secara lebih menarik, interaktif
- c. Guru dapat memanfaatkan media *e-magazine* untuk menjadi sarana meningkatkan efektivitas pembelajaran, khususnya dalam melatih keterampilan berpikir kritis siswa
- d. Mempermudah guru dalam mengkaitkan materi biologi biogeokimia dari aspek SETS.

3 **Manfaat Bagi Sekolah**

Penggunaan media *e-magazine* biogeokimia ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah, mendorong penerapan pembelajaran abad 21 yang berbasis teknologi dan isu lingkungan, serta menciptakan suasana belajar yang lebih menarik, interaktif.

4 **Manfaat bagi peneliti lain**

- a. Sebagai acuan pengembangan media pembelajaran berbasis SETS
- b. Memberikan gambaran mengenai integrasi keterampilan berpikir kritis dengan pendekatan kontekstual
- c. Mendorong eksplorasi pengembangan inovasi media lainnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teoritik

1. Media pembelajaran

Media pembelajaran merupakan alat ataupun sarana yang digunakan guru sebagai alat untuk menyampaikan materi pembelajaran agar siswa dapat lebih paham terhadap materi yang diberikan serta penyampaian materi yang efektif dan efisien. Dengan adanya media pembelajaran mendukung dalam penyampaian materi dengan konsep abstrak, serta memperkaya pengalaman belajar siswa. Media pembelajaran pada hakekatnya merupakan sarana penyampaian informasi dari pendidik kepada siswa sebagai penerima untuk dapat menciptakan lingkungan belajar secara sistematis akan dapat mencapai tujuan pembelajaran dengan optimal (Saleh & Syahrudin, 2023). Penggunaan media yang sesuai dengan tujuan pembelajaran, karakteristik siswa, serta konteks pembelajaran, akan membantu dalam meningkatkan motivasi, konsentrasi, hasil belajar siswa, dan dapat memenuhi tujuan pembelajaran yang telah ditentukan. Menurut Wulandari *et al.*, (2023) penggunaan media pembelajaran dalam proses belajar mengajar dapat mengembangkan minat dan keinginan yang baru, membangkitkan motivasi bahkan membawa pengaruh psikologis terhadap pembelajaran.

Menurut Levie dan Lentz dalam Azhar Arsyad, (2018) mengemukakan empat fungsi media pengajaran, khususnya media visual, antara lain:

- a. Fungsi Atensi; yaitu menarik dan mengarahkan perhatian siswa untuk berkonsentrasi kepada isi pelajaran yang berkaitan dengan makna visual yang ditampilkan atau menyertai teks materi pelajaran.
- b. Fungsi Afektif; Yaitu fungsi media visual yang dapat terlihat dari tingkat kenikmatan siswa ketika belajar atau membaca teks yang bergambar. Gambar atau lambang visual dapat menggugah emosi dan

sikap siswa, misalnya informasi yang menyangkut masalah sosial atau ras.

- c. Fungsi Kognitif; Yaitu fungsi media visual yang terlihat dari temuan-temuan penelitian yang mengungkapkan bahwa lambang visual atau gambar memperlancar pencapaian tujuan untuk memahami dan mengingat informasi atau pesan yang terkandung dalam gambar.
- d. Fungsi Kompensatoris; Yaitu fungsi media pengajaran yang terlihat dari hasil penelitian bahwa media visual yang memberikan konteks untuk memahami teks dan membantu siswa yang lemah dalam membaca untuk mengorganisasikan informasi dalam teks dan mengingatnya kembali.

Berdasarkan kajian teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran memiliki peran penting dalam menciptakan proses pembelajaran yang efektif, efisien, dan bermakna, dengan fungsi utama tidak hanya sebagai alat bantu penyampaian informasi, tetapi juga sebagai sarana untuk menarik perhatian (atensi), membangkitkan motivasi dan emosi positif (afektif), mempermudah pemahaman dan daya ingat (kognitif), serta membantu siswa yang mengalami kesulitan belajar (kompensatoris), sehingga pemilihan dan penggunaan media yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan kualitas pembelajaran dan pencapaian tujuan pendidikan.

2. *E-magazine*

E-magazine adalah majalah elektronik yang dapat diakses melalui perangkat seperti komputer, tablet, atau smartphone. E-magazine berisi informasi atau materi yang disajikan dengan menarik, disertai gambar-gambar yang mendukung informasi (Afrina *et al.*, 2021). Dalam e-magazine, pembaca dapat menikmati artikel, foto, serta ilustrasi yang disajikan secara atraktif, dilengkapi dengan berbagai fitur multimedia seperti video, animasi, dan tautan langsung yang tidak dapat ditemukan

pada media cetak konvensional. E-magazine memiliki fleksibilitas tinggi yang mempermudah pembaca mengaksesnya di mana pun dan kapan pun tanpa harus membawa lembaran fisik majalah. Dengan kemudahan distribusi digital dan kombinasi teknologi serta desain visual yang dinamis, e-magazine menjadi salah satu alternatif media pembelajaran modern yang terus berkembang sebagai sarana informasi dan hiburan. Dengan format yang menarik, *e-magazine* ini memuat berbagai elemen seperti gambar, tulisan, dan video yang relevan dengan materi yang diajarkan. Hal ini bertujuan untuk membantu siswa memahami konsep-konsep yang mungkin sulit. *e-magazine* ini akan menjadi alat yang efektif dalam meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa, serta membantu mereka dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis yang diperlukan dalam pembelajaran di era modern (Nuraida *et al.*, 2022). E-magazine, atau majalah elektronik, merupakan sumber belajar digital yang menyajikan materi secara menarik dengan format interaktif, multimedia (teks, gambar, audio, video), serta mudah diakses melalui berbagai perangkat elektronik seperti komputer, tablet, atau smartphone. Keunggulan utama e-magazine dibandingkan media cetak adalah fleksibilitas, interaktivitas, dan kemudahan integrasi fitur digital, yang dapat meningkatkan motivasi, minat belajar, serta pemahaman konsep siswa sehingga penggunaan e-magazine terbukti meningkatkan keaktifan, minat dan keterampilan berpikir kritis siswa, termasuk berpikir kritis (Ma'rifah, 2017)

Penelitian oleh Hafidah *et al.*, (2025) juga menunjukkan bahwa e-magazine yang dikembangkan untuk materi ekosistem terbukti valid secara isi (87 %) dan mendapat respons sangat baik dari siswa (88,2 %). E-magazine tersebut terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep siswa secara signifikan, menjadikannya media yang layak digunakan dalam proses pembelajaran sains di sekolah. Selain itu, Ramli *et al.*, (2023) mengembangkan e-magazine interaktif berbasis multimedia pada tema pembelajaran virus dan menemukan bahwa media

ini mampu meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah siswa secara signifikan, dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,83 (kategori sangat tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa e-magazine tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga mampu menstimulasi keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti argumentasi dan berpikir kritis dalam konteks pembelajaran.

Dengan demikian, E-magazine merupakan media pembelajaran modern berbasis digital yang interaktif dan fleksibel, memungkinkan siswa mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja. Dengan kombinasi teks, gambar, video, dan elemen multimedia lainnya, e-magazine tidak hanya menarik secara visual tetapi juga mampu meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep, dan keterampilan berpikir kritis siswa. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan e-magazine dalam pembelajaran terbukti valid, efektif, dan mampu mendukung pembelajaran kontekstual serta pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

3. Biogeokimia

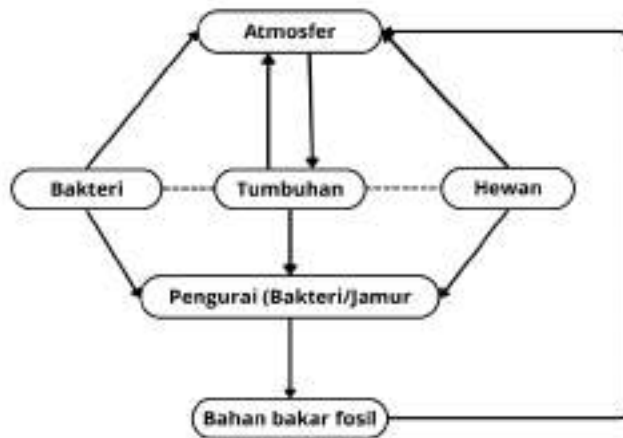
Biogeokimia merupakan ilmu yang mempelajari siklus dan aliran unsur-unsur kimia antara komponen biotik dan abiotik dalam suatu ekosistem. biogeokimia ini merupakan salah satu aspek yang ada dalam ekologi, dimana ekologi merupakan hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya, termasuk interaksi antara komponen biotik dan abiotik. Menurut Pratiwi *et al.*, (2020) pengajaran materi biogeokimia sering kali menghadapi tantangan, karena proses yang terlibat sangat kompleks dan tidak selalu dapat diamati secara langsung. Dengan kompleksitas ini materi biogeokimia dianggap sulit dipahami oleh siswa yang disebabkan oleh sifatnya yang abstrak dan keterkaitannya dengan berbagai proses yang terjadi di alam (Syahfitri, 2019).

Dalam siklus biogeokimia melibatkan tiga disiplin ilmu yaitu biologi, geologi dan kimia yang menjelaskan bagaimana unsur-unsur seperti karbon, nitrogen, fosfor, oksigen dan air bergerak melalui siklus

alami dalam ekosistem. Daur biogeokimia mencakup proses-proses yang terjadi pada berbagai skala ruang dan waktu, dari reaksi mikrobiologi dalam tanah hingga siklus karbon di atmosfer (Riyan Afriany, 2024). Siklus biogeokimia merupakan siklus yang penting untuk menjaga keseimbangan lingkungan, karena dalam siklus ini mengatur ketersediaan nutrisi yang diperlukan organisme untuk bertahan hidup dan menjaga stabilitas ekosistem.

1. Siklus Karbon

Siklus karbon menggambarkan pergerakan karbon dalam berbagai bentuk antara komponen biosfer, atmosfer, hidrosfer dan litosfer. Karbon dioksida di atmosfer diserap oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis, lalu dipindahkan ke hewan melalui rantai makanan, dan dikembalikan ke atmosfer melalui respirasi makhluk hidup serta dekomposisi oleh mikroorganisme dan pembentukan bahan bakar fosil dengan senyawa berada pada litosfer

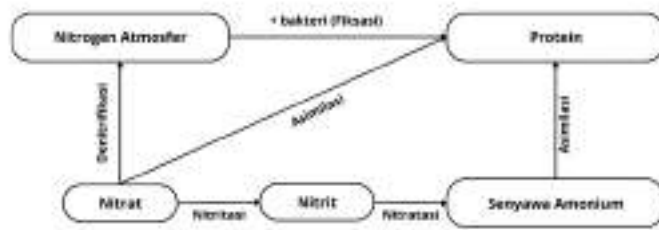


Gambar 1 Sekema Siklus Karbon

2. Siklus Nitrogen

Siklus nitrogen menggambarkan transformasi nitrogen dari atmosfer ke dalam bentuk yang bisa diserap oleh tumbuhan. Proses fiksasi nitrogen oleh bakteri mengubah nitrogen bebas (N_2) menjadi amonia yang

kemudian diubah menjadi nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-) melalui proses nitrifikasi. Nitrat ini diserap oleh tumbuhan dan masuk kedalam rantai makanan. Proses denitrifikasi oleh bakteri kemudian mengembalikan nitrogen ke atmosfer.



Gambar 2 Sekema Siklus Nitrogen

3. Siklus Air

Siklus air menggambarkan pergerakan air di bumi melalui proses evaporasi (penguapan), kondensasi (pembentukan awan), presipitasi (hujan) dan infiltrasi kedalam tanah.



Gambar 3 Sekema Daur Air

4. Siklus Fosfor

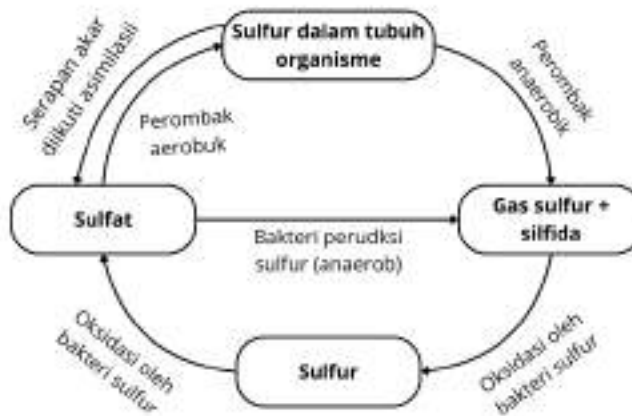
Siklus fosfor melibatkan pergerakan fosfat (PO_4^{3-}) dari batuan fosfat ke tanah melalui pelapukan, lalu diserap oleh tumbuhan dan masuk ke jaringan hewan melalui rantai makana. Fosfat kembali ketanah melalui dekomposisi mekhluk hidup dan kotoran hewan.



Gambar 4 Sekema Siklus Fosfor

5. Siklus Sulfur

Siklus sulfur melibatkan pergerakan sulfur dari tanah, udara dan air kedalam organisme hidup. Sulfur dilepaskan ke atmosfer melalui letusan gunung berapi, dekomposisi organisme dan aktifitas industri.



Gambar 5 Sekema Siklus Sulfur

Berdasarkan kajian teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa biogeokimia merupakan kajian interdisipliner dalam ekologi yang mempelajari pergerakan dan dan abiotik, di mana pemahaman terhadap materi ini penting namun menantang karena sifatnya yang kompleks, abstrak, serta melibatkan proses-proses yang tidak selalu dapat diamati secara langsung dalam kehidupan sehari-hari.

4. Pembelajaran berbasis SETS

Pendidikan di era globalisasi ini menuntut siswa untuk mengembangkan berbagai keterampilan dan sikap salah satunya yaitu dengan pembelajaran berbasis SETS. SETS (*Science Environment Technology and Society*) dimaknakan sebagai sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat, merupakan satu kesatuan yang dalam konsep pendidikan mempunyai implementasi agar anak didik mempunyai kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skill*) (Khasanah, 2015). keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) adalah salah satu aspek adalah salah satu aspek yang disoroti dalam menghasilkan sumber daya manusia yang berkualitas tinggi (Misrom *et al.*, 2020).

Dalam pembelajaran SETS siswa tidak hanya menguasai konsep materi namun juga peka terhadap permasalahan/ isu yang ada di masyarakat, serta dapat mengambil keputusan akan masalah-masalah yang sedang terjadi (Rahmaniati & Supramono, 2015). Pada saat ini isu lingkungan hangat diperbincangkan terlebih lagi isu mengenai pemanasan global yang Dimana suhu bumi terus meningkat dan berdampak pada perubahan iklim yang terjadi dan mengakibatkan berbagai macam bencana alam. Dengan pembelajaran berbasis SETS ini dalam materi biogeokimia. Pendekatan SETS mampu meningkatkan keterampilan proses sains dan kemampuan siswa (Imaduddin & Hidayah, 2019). SETS merupakan akronim dari sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat. Dalam pembelajaran SETS siswa diajak untuk menginvestigasi, menganalisis, dan menerapkan konsep dan proses itu pada situasi yang nyata.

Media pembelajaran berbasis SETS diharapkan dapat membantu proses kegiatan belajar peserta didik yang dapat memahami materi serta melatih dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. pembelajaran SETS merupakan model pembelajaran yang mengkaitkan empat aspek penting yang relevan dengan kehidupan sehari-hari yaitu

ilmu pengetahuan (*science*), lingkungan (*environment*), teknologi (*technology*), dan masyarakat (*society*). Dengan memahami keterkaitan ini, siswa dapat menganalisis masalah dari berbagai sudut pandang, yang melatih mereka untuk berpikir kritis saat menghadapi masalah-masalah yang kompleks (Kusmianty *et al.*, 2020).

Berdasarkan kajian teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis SETS (Science, Environment, Technology, and Society) merupakan pendekatan yang integratif dan kontekstual yang tidak hanya membantu siswa memahami konsep sains secara mendalam, tetapi juga melatih keterampilan berpikir kritis dan kemampuan mengambil keputusan melalui analisis isu-isu nyata yang terjadi di lingkungan, teknologi, dan masyarakat, sehingga sangat relevan dalam membentuk generasi yang mampu menghadapi tantangan global secara cerdas dan reflektif.

5. Keterampilan berpikir kritis

Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu kompetensi utama yang harus dimiliki oleh siswa dalam menghadapi tantangan abad ke-21. Aspek yang menunjukkan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang dimiliki oleh seseorang yaitu kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif serta memecahkan masalah. Keterampilan ini penting untuk mengembangkan kemampuan siswa dalam memahami informasi secara objektif, menemukan solusi kreatif, dan membuat keputusan yang tepat. Dengan berpikir kritis, siswa tidak hanya mampu menerima informasi secara pasif tetapi juga menganalisis, mengevaluasi, dan mengaplikasikan pengetahuan dalam konteks yang relevan.

Berpikir kritis adalah sebuah proses dalam menggunakan keterampilan berpikir secara efektif untuk membantu seseorang membuat sesuatu, mengevaluasi, dan mengaplikasikan keputusan sesuai dengan apa yang dipercaya atau dilakukan. Keterampilan berpikir kritis sangat penting diajarkan pada siswa karena dengan berpikir kritis dapat membuat siswa

untuk berpikir secara netral, memiliki alasan logis, keinginan kuat akan kejelasan dan ketepatan suatu informasi (Nurhidayah, 2019 dalam Lulu Sopanda *et al.*, 2023). Menurut Zahroh & Yuliani (2021), terdapat lima indikator berpikir kritis yaitu **1) interpretasi** yaitu kemampuan untuk memahami dan menjelaskan makna dari informasi, data maupun pertanyaan yang diberikan. **2) Eksplanasi** yaitu kemampuan untuk menjelaskan proses atau alasan dibalik suatu fenomena atau hasil. **3) Analisis** yaitu kemampuan untuk memecah informasi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil untuk memahami struktur dan hubungan antara bagian. **4) Inferensi** yaitu kemampuan untuk menarik kesimpulan yang logis berdasarkan informasi yang ada yang mencakup pengambilan keputusan atau dugaan yang logis dari data yang ada. **5) Evaluasi** yaitu kemampuan untuk dapat menilai dan menyimpulkan dari persepsi dan opini serta menilai argumen dan bukti yang disajikan.

Berpikir kritis juga sangat penting dalam pembelajaran kontekstual, seperti pembelajaran berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*). Model pembelajaran SETS dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif (Mery 2023). Dengan melakukan pendekatan SETS Pendekatan ini menghubungkan ilmu pengetahuan dengan permasalahan kehidupan sehari-hari, sehingga membantu siswa meningkatkan daya pikir, kreativitas, dan kemampuan mengambil keputusan. Dengan mengintegrasikan permasalahan sehari-hari terkait dengan sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat (SETS) sangat membantu siswa dalam menumbuhkan daya berpikir, daya kreatif, daya inisiatif, tanggung jawab dan mampu bekerja sama dengan teman. Untuk dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pembelajaran harus dirancang dengan strategi yang memungkinkan siswa untuk terlibat secara aktif (Susilawati *et al.*, 2020).

Berdasarkan kajian teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa keterampilan berpikir kritis merupakan kompetensi esensial abad ke-21 yang mencakup lima indikator utama interpretasi, eksplanasi, analisis,

inferensi, dan evaluasi yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran kontekstual seperti pendekatan SETS, karena pendekatan ini mendorong siswa untuk aktif menganalisis informasi, memecahkan masalah nyata, serta membuat keputusan logis berdasarkan keterkaitan antara sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat.

B. Teori-Teori Pengembangan Model

1. Pengertian research and Development

Research and Development (R&D) merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk tertentu dan menguji keefektifan metode tersebut (Keislaman, 2022). Tujuan utama R&D adalah untuk menciptakan inovasi yang mendukung perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, yang pada gilirannya bisa memberikan manfaat praktis bagi kehidupan. Secara umum, R&D terdiri dari dua komponen utama: *research* (penelitian) dan *development* (pengembangan). R&D tidak hanya terbatas pada pengembangan produk baru, tetapi juga dapat mencakup perbaikan pada proses produksi, metode distribusi, hingga peningkatan layanan pelanggan.

Secara keseluruhan, R&D berperan penting dalam memajukan teknologi, meningkatkan efisiensi, dan menciptakan solusi inovatif yang dapat memenuhi tantangan global dalam bidang pendidikan, R&D digunakan untuk mengembangkan strategi pengajaran baru, bahan ajar, atau pendekatan pendidikan yang lebih efektif dan relevan dengan perkembangan zaman. Dengan demikian, R&D adalah fondasi bagi kemajuan dan keberlanjutan dalam berbagai bidang kehidupan.

Metode ADDIE memiliki beberapa kelebihan, antara lain prosesnya yang sistematis sehingga memudahkan peneliti dalam merancang dan mengembangkan media pembelajaran. Model ini berorientasi pada pencapaian tujuan pembelajaran sehingga setiap tahapannya dirancang untuk mendukung tercapainya kompetensi yang

diinginkan. Selain itu, adanya tahap evaluasi memungkinkan peneliti melakukan perbaikan secara berkelanjutan sehingga kualitas produk yang dihasilkan lebih optimal. Di sisi lain, metode ADDIE memiliki beberapa kekurangan. Proses pengembangannya membutuhkan waktu yang relatif lama karena harus melalui setiap tahapan secara berurutan. Model ini juga memerlukan sumber daya yang memadai, baik dari segi waktu, tenaga, maupun biaya, terutama jika pengembangan media melibatkan teknologi digital.

Pemilihan metode ADDIE dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan akan proses pengembangan yang terstruktur dan terarah, sehingga setiap tahapan dapat dilakukan secara sistematis mulai dari analisis hingga evaluasi. Model ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin menghasilkan produk pembelajaran yang berkualitas dan teruji. Selain itu, metode ADDIE banyak digunakan dalam penelitian pengembangan (*Research and Development*) di bidang pendidikan sehingga dapat memperkuat landasan teoretis penelitian ini. Penggunaan sampel dalam kelompok kecil pada tahap uji coba sangat sesuai dengan karakteristik metode ADDIE, karena tahap evaluasi formatif pada model ini memang memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi kelemahan produk melalui uji coba terbatas sebelum diterapkan pada skala yang lebih luas. Dengan demikian, hasil evaluasi dari kelompok kecil dapat menjadi dasar perbaikan produk agar lebih optimal sebelum digunakan secara menyeluruh.

2. Macam langkah research and Development

Terdapat berbagai macam model R&D dalam dunia pendidikan menurut Sugiyono antara lain yaitu model Sugiyono, model Borg and Gall, model Dick and Carey, model ASSURE, model ADDIE dan model Four Steps Teaching Material Development (4S TMD).

Model mencakup tahapan pengembangan model yang terdiri dari lima langkah/tahap pengembangan meliputi analisis, desain, pengembangan atau produksi, implementasi atau penyampaian, dan evaluasi. Tahapan Model Penelitian Pengembangan ADDIE

- a Analisis: Tahap pertama Model Penelitian Pengembangan ADDIE adalah menganalisis kebutuhan pengembangan produk baru (model, metode, media, bahan ajar) serta menganalisis kelayakan dan kebutuhan pengembangan produk. Pengembangan produk mungkin diawali oleh permasalahan pada produk yang sudah ada/diimplementasikan. Permasalahan dapat muncul karena produk yang ada saat ini atau yang tersedia tidak lagi sesuai dengan kebutuhan sasaran, lingkungan belajar, teknologi, karakteristik siswa, dan lain-lain.
- b Desain: Kegiatan desain pada model R&D ADDIE merupakan proses sistematis yang dimulai dari konsep dan konten produk. Buat rencana untuk setiap konten produk. Tujuannya adalah untuk memberikan petunjuk yang jelas dan rinci dalam melaksanakan desain atau pembuatan suatu produk. Pada tahap ini, desain produk masih bersifat konseptual dan menjadi dasar untuk proses pengembangan tahap selanjutnya.
- c Pengembangan: Pengembangan pada model penelitian pengembangan ADDIE meliputi kegiatan yang mengimplementasikan desain produk yang telah dibuat. Kerangka konseptual untuk mengimplementasikan produk baru telah dibuat sebelumnya. Kerangka konseptual kemudian diterjemahkan menjadi produk kerja. Tahap ini juga melibatkan pengembangan alat untuk mengukur kinerja produk.
- d Implementasi: Implementasi produk pada model R&D ADDIE digunakan untuk memperoleh umpan balik terhadap produk yang dibuat/dikembangkan. Dapatkan masukan awal dengan mengajukan pertanyaan tentang tujuan pengembangan produk. Terapkan dengan menggunakan desain produk yang dibuat sebagai referensi.

- e Evaluasi: Tahap evaluasi pada studi pengembangan model ADDIE dilakukan untuk memberikan umpan balik kepada pengguna produk, dan dilakukan modifikasi sesuai dengan hasil evaluasi dan persyaratan yang tidak dapat dipenuhi oleh produk. Tujuan akhir evaluasi adalah untuk mengukur pencapaian tujuan pembangunan.

C. Hasil Penelitian yang Relevan

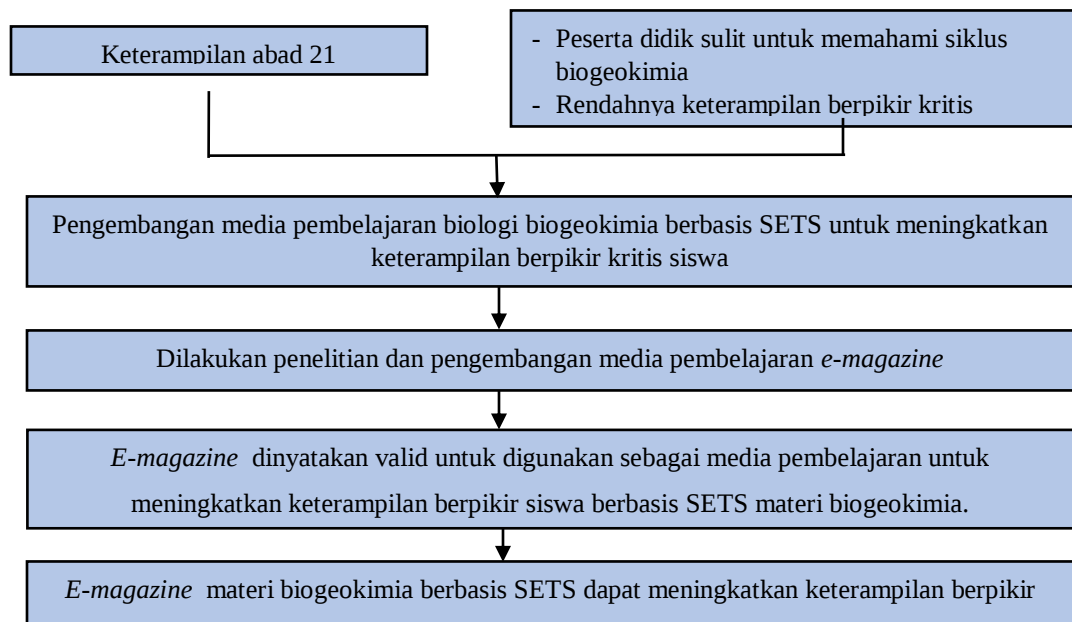
Penelitian yang relevan telah dilakukan oleh peneliti terdahulu yang berkaitan dengan pengembangan media pembelajaran *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS untuk meningkatkan berpikir kritis siswa, diantaranya sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian Amanda *et al.*, (2018) menunjukkan hasil pembelajaran dengan melakukan pendekatan SETS melalui model pembelajaran berbasis masalah dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa. Pada penelitian ini dilakukan dengan metode quasi-experimental yaitu dengan melibatkan dua kelas dengan adanya kelas kontrol dan kelas eksperimen untuk nantinya dapat dianalisis efektivitas pendekatan yang dilakukan oleh peneliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis masalah yang berorientasi SETS dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Pada uji Mann Whitney mengidentifikasi adanya pengaruh signifikan dengan dengan hasil $Z \text{ tabel} \geq z \text{ hitung}$, yaitu $1,96 \geq -2,872$, dengan hasil N-gain score diperoleh hasil 0,36 menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis dalam kategori sedang. Selain itu pada penelitian ini menegaskan pentingnya integrasi sains, teknologi, lingkungan dan masyarakat dalam pendidikan untuk dalam pembelajaran mendorong siswa untuk aktif terlibat dalam proses pemecahan masalah yang tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir siswa, tetapi mempersiapkan untuk menghadapi tantangan dunia.
2. Penelitian yang telah dilakukan Jariati & Yenti (2020) menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran *E-magazine* dapat berpengaruh

terhadap pemahaman siswa dalam materi pembelajaran. Hasil validasi *E-magazine* memiliki tingkat validasi yang sangat tinggi yaitu dengan score 95% dari penelitian guru, yang mengindikasikan bahwa media ini sangat praktis dan layak digunakan dalam proses pembelajaran, Selain penilaian dari guru, respon siswa terhadap *e-magazine* juga positif, dimana 100% siswa menyatakan bahwa media ini mendukung pemahaman mereka terhadap materi yang dipelajari. Dengan demikian, *E-magazine* tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar yang menarik tetapi juga efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep materi yang kompleks.

Dari penelitian terdahulu menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis SETS, dan pengembangan media *e-magazine*, efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir siswa dan pemahaman konsep siswa.

D. Kerangka Berpikir



Gambar 6 Kerangka Berpikir

Keterampilan abad 21 merupakan salah satu tuntutan dalam pendidikan di era globalisasi, keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan utama yang diperlukan untuk menghadapi era globalisasi. Berpikir kritis merupakan hal yang penting dimiliki oleh siswa saat ini karena dunia yang terus berkembang dan semakin kompleks menuntut kemampuan manusia untuk menganalisis secara mendalam, memecahkan masalah, dan membuat keputusan yang baik. Untuk melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik pemilihan materi siklus biogeokimia merupakan salah satu materi kompleks dan aplikatif yang melibatkan interaksi antara komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem.

Selain itu pengambilan materi siklus biokimia juga merupakan kebutuhan siswa dalam kegiatan belajar mengajar yang dimana pada materi tersebut siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi siklus biogeokimia karena kompleksitas dan keterkaitannya dengan berbagai disiplin ilmu, seperti biologi, kimia dan lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) dapat menjadi solusi yang tepat. Pendekatan SETS bertujuan untuk menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan lingkungan, teknologi, dan dampaknya pada masyarakat, sehingga siswa dapat memahami materi biogeokimia dalam konteks yang lebih luas. Media pembelajaran ini juga diharapkan tidak hanya memperkuat pemahaman siswa dalam materi biogeokimia tetapi juga melatih keterampilan berpikir kritis siswa dengan siswa dengan mendorong mereka untuk dapat menganalisis, mengevaluasi, dan memecahkan masalah secara mandiri.

Pengembangan media *e-magazine* yang berbasis SETS menjadi salah satu solusi untuk kebutuhan peserta didik dalam memahami siklus biogeokimia dan untuk melatih kemampuan berpikir kritis siswa. *E-magazine* dirancang untuk siswa dapat mengakses materi pembelajaran secara interaktif dan visual, dilengkapi dengan infografis, ilustrasi, dan kasus-kasus aktual yang relevan. Dengan begitu siswa dapat belajar secara fleksibel, interaktif dan sesuai dengan

gaya belajar siswa. Selain itu *e-magazine* memungkinkan membuat suasana belajar yang lebih menyenangkan dan kolaboratif yang membantu meningkatkan berpikir kritis serta pemahaman konseptual peserta didik. Pengembangan media pembelajaran biogeokimia berbasis SETS *e-magazine* bertujuan untuk memenuhi kebutuhan siswa pemahaman materi yang kompleks serta mengembangkan keterampilan berpikir siswa.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di salah satu sekolah menengah atas di kabupaten Bogor, yaitu SMA Negeri 1 Ciawi Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 – Juni 2025. Jadwal penelitian lebih lanjut.

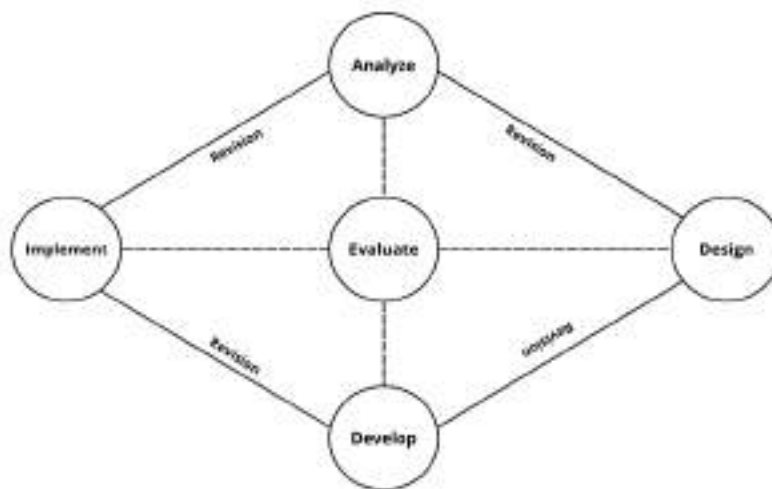
Tabel 1 Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	2024-2025									
		Bulan									
		Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Pembuatan proposal										
2	Seminar										
3	Desain <i>e-magazine</i>										
4	Pembuatan <i>e-magazine</i>										
4	Validasi ahli										
5	Revisi										
6	Uji coba produk										
7	Pengolahan data										
8	Penyusunan skripsi										
9	Sidang skripsi										
10	Publikasi										

B. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut dengan menggunakan desain ADDIE untuk mengembangkan *E-magazine* biogeokimia berbasis SETS (*Science*,

Environment, Technology, and Society) untuk meningkatkan berpikir kritis. Lima tahapan ADDIE yaitu Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Setiap tahapan dalam desain ADDIE dilakukan secara sistematis untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan tidak hanya relevan dengan kebutuhan pembelajaran tetapi juga efektif dan efisien dalam mencapai tujuan pendidikan. Lima tahapan ini memastikan bahwa kebutuhan pembelajaran diidentifikasi dengan jelas, solusi yang dirancang relevan dengan tujuan, produk yang dikembangkan berkualitas, dan implementasinya efektif.



Gambar 7 Tahapan Model Pengembangan ADDIE

C. Sasaran Klien

Sasaran klien pada produk hasil penelitian ini adalah siswa kelas X 10 SMA program IPA di SMA Negeri 1 Ciawi Kabupaten Bogor yang sedang mempelajari materi ekologi: biogeokimia.

D. Prosedur Pengembangan

1. Analisis (*Analysis*)

Pada tahap ini peneliti melakukan studi lapangan untuk analisis kurikulum, media pembelajaran yang digunakan di sekolah untuk mengetahui media pembelajaran yang digunakan guru dalam melakukan kegiatan belajar di dalam kelas. Selanjutnya analisis kemampuan berpikir kritis siswa, fasilitas sekolah serta untuk mengetahui secara pasti kondisi siswa yang akan

menggunakan media *e-magazine* yang nantinya akan diuji cobakan secara terbatas. Pada tahap ini juga akan menelaah kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui tingkat berpikir kritis siswa, kesiapan belajar dan aspek lainnya. Kemudian akan dilakukan analisis kurikulum untuk menyesuaikan kebutuhan pembelajaran peserta didik dalam materi biogeokimia sesuai dengan ketentuan yang sudah ditetapkan dalam kurikulum yang berlaku. Analisis ini dilakukan dengan melakukan wawancara dengan guru biologi dan siswa dalam pelaksanaan pembelajaran di kelas dan dari literatur lain untuk memenuhi kebutuhan siswa dalam pembelajaran biogeokimia. Berdasarkan data yang diperoleh, maka nantinya akan dirancang media *e-magazine* pada materi biogeokimia.

2. Desain (*design*)

Pada tahap desain media akan dirumuskan data yang didapatkan dari tahap analisis. Untuk nantinya dapat menentukan standar kompetensi dasar materi biogeokimia dan menentukan indikator pembelajaran yang sesuai dengan kurikulum. Tahap desain ini dimulai dengan format awal *e-magazine* sebagai media pembelajaran yang didominasi dengan visual yang menarik dan dilengkapi dengan video dan beberapa fitur pendukung seperti kuis yang dibuat dengan visual yang menarik.

Tabel 2 Desain isi *E-magazine*

No	Judul	keterangan
1	Cover	Judul: ayo jelajahi unsur kehidupan
2	Daftar isi	Daftar isi pada <i>e-magazine</i>
3	Langkah-langkah SETS	Diagram sederhana yang menggambarkan hubungan antara sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat dalam siklus biogeokimia.
4	Cara penggunaan <i>E-magazine</i>	Cara penggunaan <i>e-magazine</i>
5	Biogeokimia	a. Definisi siklus biogeokimia dan komponennya (karbon, nitrogen, air, fosfor, sulfur). b. Pentingnya keseimbangan siklus ini untuk kelangsungan kehidupan.

No	Judul	keterangan
		c. Menghubungkan ilmu pengetahuan dengan dampaknya terhadap lingkungan, teknologi, dan masyarakat.
6	Keseimbangan gas di atmosfer (Siklus karbon)	a. Penjelasan ilmiah (sains) tentang proses fotosintesis, respirasi, dan pembakaran bahan bakar fosil. b. Dampak lingkungan: Pemanasan global akibat peningkatan karbon dioksida. c. Teknologi: Inovasi energi terbarukan untuk mengurangi emisi karbon. d. Masyarakat: dampak pada masyarakat dan penanggulangan yang dapat dilakukan e. Aktivitas: Bagaimana cara untuk bisa mengurangi emisi karbon
7	Pupuk dan lingkungan (Siklus nitrogen)	a. Penjelasan ilmiah: siklus nitrogen b. Dampak lingkungan: manfaat siklus nitrogen bagi lingkungan dan dampak negatif tidak seimbangan siklus nitrogen (Eutrofikasi akibat penggunaan pupuk berlebihan.) c. Teknologi: Pengembangan pupuk organik dan teknologi bioteknologi. d. Masyarakat: dampak siklus nitrogen bagi masyarakat (perkebunan) e. Aktivitas: bagaimana pupuk kimia dapat mempengaruhi lingkungan
8	Menjaga produktivitas tanah (Siklus fosfor)	a. Penjelasan ilmiah: Siklus fosfor melalui tanah, air, dan organisme hidup. b. Dampak lingkungan: manfaat siklus fosfor bagi lingkungan dan bagaimana jika adanya ketidakseimbangan dalam siklus fosfor (Penipisan fosfor pada tanah pertanian intensif.) c. Teknologi: Inovasi dalam pupuk berbasis limbah organik untuk menjaga keseimbangan siklus fosfor d. Masyarakat: Peran petani dalam mengadopsi teknologi ramah lingkungan. e. Aktivitas: Bagaimana kita dapat mendukung pertanian berkelanjutan di sekitar kita.
9	Menjaga kehidupan (Siklus air)	a. Penjelasan ilmiah: Proses evaporasi, kondensasi, presipitasi, dan infiltrasi. b. Dampak lingkungan: Krisis air bersih akibat deforestasi dan pencemaran.

No	Judul	keterangan
		c. Teknologi: Teknologi pengolahan air limbah dan konservasi air. d. Masyarakat: dampak adanya siklus air bagi masyarakat e. Aktivitas: Bagaimana cara memanfaatkan teknologi sederhana untuk menghemat air di rumah
10	Evaluasi siswa	Kuiz interaktif berbasis QR Code untuk mengevaluasi pemahaman.
11	Penutup	Pesan motivasi untuk menjadi generasi peduli lingkungan.

Rencana dalam penyusunan pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Rencana *E-magazine*

No	Bentuk Rancangan	Keterangan
1		Cover desain emagazine

No	Bentuk Rancangan	Keterangan
2		Pendahuluan mengenai SETS
3		Peta konsep untuk topik-topik yang akan dibahas pada <i>E-magazine</i>
5		Integrasi pendekatan SETS (Sains, Environment, Technology, Society) dalam setiap siklus biogeokimia—meliputi siklus karbon, nitrogen, air, fosfor, dan sulfur—dapat dijelaskan sebagai berikut: 1. Aspek Sains (Science): Menjelaskan bagaimana proses siklus biogeokimia berlangsung secara ilmiah, termasuk tahapan-tahapan yang terjadi dalam pergerakan unsur di alam. 2. Aspek Lingkungan (Environment): Menggambarkan manfaat siklus biogeokimia bagi keseimbangan ekosistem serta dampak yang mungkin terjadi apabila siklus tersebut mengalami gangguan atau ketidakseimbangan.

No	Bentuk Rancangan	Keterangan
		3. Aspek Teknologi (Technology): Menjelaskan peran teknologi dalam mencegah, mengatasi, atau memulihkan kerusakan pada siklus biogeokimia, seperti penerapan teknologi pengolahan limbah, pemantauan emisi, dan rekayasa lingkungan. 4. Aspek Sosial (Society): Menguraikan bagaimana keberlangsungan siklus biogeokimia berpengaruh terhadap kesejahteraan masyarakat, baik dalam aspek kesehatan, pertanian, ekonomi, maupun kualitas hidup secara umum.

3. Pengembangan (*Development*)

Pada tahap ini difokuskan untuk merealisasikan produk *e-magazine* yang akan dibuat setelah adanya konsep dalam tahapan desain. Setelah diproduksi tahap selanjutnya adalah validasi produk dengan ahli.

a. Validasi Media Pembelajaran

Validitas untuk merancang media pembelajaran *e-magazine* dilakukan dengan menggunakan instrumen penilaian oleh pakar yang meliputi lembar validitas media dan validitas instrumen soal tes essay berpikir kritis.

b. Revisi Media Pembelajaran

Revisi media pembelajaran *e-magazine* dilakukan berdasarkan masukan para ahli, dilakukan untuk membuat *e-magazine* sesuai dengan

kebutuhan sehingga akan efektif dan berkualitas untuk dapat digunakan dalam kegiatan belajar mengajar.

c. Validasi Materi

Validitas materi biogeokimia berbasis SETS dilakukan untuk memastikan bahwa isi materi pembelajaran sudah sesuai dengan kurikulum, akurat secara ilmiah, relevan dengan kebutuhan siswa, dan layak digunakan dalam proses pembelajaran.

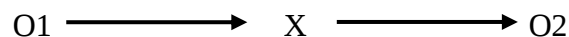
d. Revisi Materi

Revisi materi pembelajaran biogeokimia berbasis SETS dilakukan berdasarkan masukan para ahli, dilakukan untuk membuat e-magazine sesuai dengan kebutuhan sehingga akan layak untuk digunakan dalam kegiatan belajar mengajar biologi pada materi biogeokimia.

4. Implementasi (*implementation*)

Setelah produk yaitu *E-magazine* melakukan validasi ahli maka tahap selanjutnya yaitu produk diimplementasikan pada proses pembelajaran dengan model pembelajaran *Numbered Head Together* (NHT). Pada tahapan ini dilakukan uji coba terbatas pada *e-magazine* dibantu dengan instrumen pre-test dan post-test untuk mendapatkan nilai n-gain untuk mengetahui tingkat efektifitas produk dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Rancangan uji coba dilakukan sebagai berikut :



Gambar 8 Desain *One group pretest-posttest*

Keterangan :

O1 : nilai pre-test

O2 : nilai post-test

X : treatment (konseling kelompok)

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh media pembelajaran yang telah dibuat yaitu *e-magazine* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Tes dilakukan pada sekelompok siswa yang belajar menggunakan media *e-magazine*, dimana tes yang digunakan berupa tes essay kemudian

data hasil tes dianalisis dengan skor tes tersebut dan diinterpretasikan berdasarkan kriteria kemampuan berpikir kritis siswa.

5. Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap terakhir adalah evaluasi yang dimana pada tahap ini peserta didik diberikan angket untuk mengetahui tanggapan peserta didik pada media pembelajaran yang telah dibuat yaitu *e-magazine* yang telah digunakan. Hasil angket guru dan siswa sebagai masukan untuk perbaikan media pembelajaran kedepannya dan sebagai data pelengkap untuk menjawab rumusan masalah.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data terdiri dari instrumen wawancara, instrumen kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran, validasi ahli, instrumen kelayakan media *e-magazine*, respon guru dan siswa.

Tabel 4 Teknik Pengumpulan Data

No	Jenis Data	Teknik	Instrumen
1	Pengumpulan data	Wawancara & angket	Pedoman wawancara & kuisioner
2	Instrumen kelayakan	Angket Validasi	Lembar validasi ahli media dan ahli materi
3	Instrumen keefektifan	Tes tulis dalam bentuk soal essay, dilakukan pre-test dan post-test sebelum dan sesudah diberi perlakuan dalam materi biogeokimia	Tes essay
4	Instrumen kepraktisan	Pengisian angket respon setelah penggunaan media <i>e-magazine</i>	Angket respon guru dan siswa

1. Pedoman wawancara

Wawancara dilakukan kepada guru mata pelajaran biologi di sekolah dengan mengajukan beberapa pertanyaan terkait dengan materi pembelajaran, media pembelajaran, hingga proses kegiatan belajar mengajar di kelas pada mata pelajaran biologi. Wawancara yang dilakukan menjadi salah satu sumber informasi peneliti untuk menganalisis sebuah masalah dan menjadi sumber informasi.

2. Pedoman Kuesioner

Kuesioner dilakukan kepada siswa di sekolah dengan memberikan beberapa pertanyaan untuk memberikan gambaran terkait dengan keterampilan berpikir kritis siswa serta mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan individu dalam aspek-aspek keterampilan berpikir kritis.

3. Lembar Penilaian Tim Ahli

Lembar penilaian berisi kelayakan dari media *e-magazine*. Isi lembar uji meliputi penilaian media, konten materi, terhadap *e-magazine* sebagai media pembelajaran di kelas.

4. Tes Essay

Tes essay digunakan pada soal pre-test dan post-test yang disusun untuk menilai kemampuan berpikir kritis siswa setelah pembelajaran yang mengacu pada materi ekologi; biogeokimia dan pengaplikasiannya dalam SETS.

5. Anget respon guru dan siswa

Angket dibuat untuk mengetahui kesesuaian indikator ketercapaian dengan tujuan pembelajaran, instrumen validasi, instrumen kelayakan media dan instrumen kepraktisan media pembelajaran *e-magazine*.

E. Instrumen Penelitian

Intrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa wawancara, validitas *e-magazine*, tes tulis dan penyebaran angket untuk pengumpulan data.

1. Instrumen pedoman wawancara

Pedoman wawancara adalah instrumen yang digunakan untuk menganalisis suatu masalah dan kebutuhan siswa serta guru dalam kegiatan belajar mengajar biologi di kelas 10. Data diambil melalui metode wawancara dengan kisi-kisi pedoman wawancara sebagai berikut:

Tabel 5 kisi-kisi wawancara

No	Komponen
1	Mengetahui kurikulum yang digunakan
2	Mengetahui materi yang sulit untuk siswa pahami
3	Mengetahui media pembelajaran yang digunakan untuk pembelajaran biologi

No	Komponen
4	Mengetahui model pembelajaran yang biasa digunakan dalam kegiatan belajar mengajar
5	Mengetahui sejauh mana tingkat berpikir kritis siswa
6	Mengetahui respon pendidik terhadap media <i>e-magazine</i>

2. Instrumen pedoman kuesioner

Pedoman kuesioner ini adalah instrumen yang digunakan untuk menganalisis dan memberigambaran tingkat keterampilan berpikir kritis siswa. berikut kisi-kisi kuesioner:

Tabel 6 kisi-kisi kuesioner

No	Komponen
1	Kemampuan memahami dan memberi makna terhadap informasi atau pernyataan
2	Kemampuan membedakan antara fakta dan opini serta menelaah alasan suatu pendapat
3	Kemampuan menyimpulkan dan memprediksi berdasarkan data atau bukti yang tersedia
4	Kemampuan menilai kualitas informasi dan argumrn yang disampaikan
5	Kemampuan menjelaskan proses berpikir dan alasan dalam mengambil keputusan

3. Lembar Penilaian Tim Ahli

Lembar penilaian berisi kriteria aspek kelayakan yang akan diberikan kepada tim ahli media, tim ahli materi, instrumen berpikir kritis, angket respon guru dan siswa.

Tabel 7 Kisi-kisi Instrumen Validasi Ahli Media

Kriteria	Indikator	Nomor Soal
Kelayakan	Ukuran komponen	1 s.d. 3
Kegrafikan	Desain sampul <i>e-magazine</i>	4 s.d. 8
	Desain isi <i>e-magazine</i>	9 s.d. 15
Kelayakan Bahasa	Aspek bahasa	16 s.d. 20

Tabel 8 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Hali Materi

Kriteria	Indikator	Nomor Soal
Kelayakan Isi	Kesesuaian materi dengan KD	1 s.d. 3
	Akurasi materi	4 s.d. 13
	Merangsang Keingintahuan	14 s.d. 16
Kelayakan Penyajian	Kemuktahiran Materi	17 s.d 20

4. Lembar penilaian berpikir kritis

Instrumen soal berpikir kritis bertujuan untuk mengukur kemampuan siswa dalam memahami, menganalisis, mengevaluasi dan memecahkan masalah dalam suatu konteks tertentu.

Tabel 9 Kis-Kisi Soal Kemampuan Berpikir Kritis

Variabel	Indikator	Indikator soal	Nomor soal
Berpikir kritis	Interpretasi: kemampuan untuk memahami dan menjelaskan makna dari informasi, data maupun pertanyaan yang diberikan	Siswa dapat menghubungkan peningkatan NO ₂ dengan siklus nitrogen dan dampaknya	2
		Siswa diharapkan dapat mengidentifikasi perubahan wujud air yang terjadi meskipun tanpa adanya hujan, serta menjelaskan keterkaitan antara kondisi lingkungan (seperti suhu dan kelembapan) dengan terjadinya proses-proses dalam daur air.	5
	Eksplanasi: kemampuan untuk menjelaskan proses atau alasan dibalik suatu fenomena atau hasil	Siswa dapat menjelaskan mekanisme peran bakteri dalam siklus nitrogen dan teknologi biofertilizer.	1
	Analisis: kemampuan memecah informasi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil untuk memahami struktur dan hubungan antara bagian	Siswa dapat menguraikan hubungan antara deforestasi, siklus karbon, dan dampaknya.	3
		Siswa mampu menganalisis peran plankton dalam daur karbon serta dampaknya terhadap ekosistem, lingkungan, dan masyarakat, serta menyimpulkan pentingnya menjaga keseimbangan daur karbon bagi kelangsungan hidup di Bumi.	6

Variabel	Indikator	Indikator soal	Nomor soal
	Inferensi: kemampuan untuk menarik kesimpulan yang logis berdasarkan informasi yang ada mencakup pengambilan keputusan atau dugaan yang logis dari data yang ada	Siswa dapat menyimpulkan akibat dari gangguan siklus fosfor terhadap ekosistem dan masyarakat.	4
	Evaluasi: kemampuan untuk dapat menilai dan menyimpulkan dari persepsi dan opini serta nilai argumen dan bukti yang disajikan	Siswa diharapkan mampu membandingkan teknologi ini dengan solusi lain seperti reforestasi atau pengurangan emisi dari sumber utama, serta memberikan penilaian yang logis berdasarkan kelebihan, kekurangan, dan dampak jangka panjangnya terhadap lingkungan dan masyarakat.	7
		Peerta didik dapat menjelaskan kebijakan pengurangan emisi karbon dan siswa dapat menyimpulkan efektivitas kebijakan berdasarkan analisis yang dilakukan.	8

5. Lembar penilaian respon guru dan siswa

Instrumen ini untuk mengetahui respon guru dan siswa dalam menggunakan media pembelajaran *e-magazine* dalam kegiatan belajar mengajar di kelas dalam materi biogeokimia.

Tabel 10 Kisi-Kisi Intrumen Respon Guru Dan Siswa

Kriteria	Indikator	Nomor Soal
Kualitas Desain Visual	Keterbacaan teks, kesesuaian warna dan tata letak, kejelasan gambar.	1 s.d. 5
Daya Tarik	Daya tarik <i>e-magazine</i> terhadap minat belajar, peningkatan motivasi belajar, dan partisipasi aktif peserta didik	6 s.d.. 10

Kriteria	Indikator	Nomor Soal
Efektivitas Pembelajaran	Kemampuan e-mgazine untuk membantu memahami siklus biogeokimia, meningkatkan keterampilan berpikir kritis	11 s.d. 15
Kelayakan Penggunaan	Kemudahan akses e-magazine di berbagai perangkat elektronik	16 s.d. 20

F. Teknik Analisis Data

Data yang dihasilkan dalam penelitian merupakan data kualitatif jenis analisis. Data kualitatif dalam penelitian ini yaitu berupa data hasil validasi ahli, data tanggapan guru serta tanggapan siswa terhadap media pembelajaran yang telah dibuat yaitu berupa *e-magazine* yang akan dinyatakan dalam presentase untuk dideskripsikan.

1. Analisis Kelayakan *E-magazine*

Berdasarkan hasil skor nantinya maka akan kemudian dihitung indeks Aiken nya untuk menentukan validitas isi instrumen, dalam membuktikan validitas isi butir instrumen menggunakan indeks aiken sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum x}{\sum X} \times 100\%$$

Keterangan :

P : Persentase Kelayakan

X : Jumlah Jawaban Skor Validitas

X_i : Jumlah Jawaban Skor Maksimum

Hasil data validasi kemudian dianalisis Berdasarkan hasil perhitungan nantinya akan diinterpretasikan berikut:

Tabel 11 Kriteria Uji Validasi

Persentase Skor (%)	Kriteria
82 – 100	Sangat valid
63 – 81	Valid
44 – 62	Kurang valid
25 – 43	Tidak valid

(Febriarti & rahayu, 2022.)

2. Analisis Respon Guru dan Siswa

Analisis respon guru dan siswa dilakukan untuk mengetahui tanggapan guru dan siswa tentang kegiatan pembelajaran menggunakan media *e-magazine* berbasis SETS. Hasil tanggapan diambil melalui angket yang dapat dianalisis dengan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan yang didapat kemudian dikualifikasikan pada tabel berikut ini menurut Arikunto, (2015) dalam Dewi *et al.*, (2018)

Tabel 12 Kriteria Respon Guru Dan Siswa

Presentase	Kriteria
80-100%	Sangat Baik
66-79%	Baik
56-65%	Cukup Baik
41-55%	Kurang Baik
<40%	Tidak Baik

(Modifikasi: Arikunto, 2015)

3. Analisis Keterampilan Berpikir Kritis

Dilakukan tes keterampilan berpikir kritis untuk menganalisis tingkat keterampilan berpikir kritis siswa. Analisis dilakukan dari hasil penelitian yang diperoleh siswa dengan mengisi soal uraian biogeokimia dengan indikator keterampilan berpikir kritis. Tes keterampilan berpikir kritis siswa dilakukan dengan menggunakan rumus menurut Shahfria dkk, (2015) dalam Arina *et al.*, (2019) berikut ini:

$$(\%) = \frac{\text{Jumlah skor jawaban}}{\text{Skor maksimum}} \times 100$$

Kriteria presentase keterampilan berpikir kritis menurut Riduwan., (2013) dalam Arina *et al.*, (2019) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13 Kriteria Keterampilan Berpikir Kritis

Interpretasi (%)	Kategori Berpikir Kritis
$80\% < X \leq 100\%$	Sangat tinggi
$60\% < X \leq 80\%$	Tinggi
$40\% < X \leq 60\%$	Sedang
$20\% < X \leq 40\%$	Rendah
$0\% < X \leq 20\%$	Sangat Rendah

4. Analisis Keefektifan Media *E-magazine*

a. Uji N-Gain Score

Kemampuan berpikir kritis siswa diukur menggunakan tes essay yang telah dibuat sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis. Peningkatan keterampilan berpikir siswa diketahui dengan menggunakan analisis statistika inferensial melalui analisis N-gain score sebagai berikut:

$$N - \text{Gain} = \frac{\text{Skor postes} - \text{skor pretes}}{\text{Skor maks} - \text{skor pretes}} \times 100\%$$

Nilai n-gain yang didapat nantinya di kualifikasikan dalam tabel kriteria N-gain yang dikemukakan oleh Yusuf (2018) sebagai berikut:

Tabel 14 Kriteria N-Gain Berdasarkan Presentase

Nilai Gain	Kategori Kemampuan Berpikir Kritis
Nilai N-gain $> 0,70$	Tinggi
Nilai $0,30 \leq \text{Nilai N-gain} \leq 0,70$	Sedang
Nilai N-gain $0,30$	Rendah

b. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data hasil *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis siswa berdistribusi normal. Dalam penelitian ini, uji normalitas digunakan menggunakan uji Shapiro-Wilk karena jumlah sampel kurang dari 50. Uji dilakukan terhadap data *pretest* dan *posttest*.

$$W = (\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2 / \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Keterangan:

W: adalah nilai statistik Shapiro-Wilk.
 n: adalah jumlah sampel.
 x_i : adalah nilai observasi ke-i.

$\bar{x}$: adalah rata-rata sampel.
 a_i : adalah koefisien yang diperoleh dari tabel Shapiro-Wilk, bergantung pada ukuran sampel (n).

Kriteria:

Sig. > 0,05 → Data berdistribusi normal

Sig. ≤ 0,05 → Data tidak berdistribusi normal

c. Uji Lanjutan

Setelah data dinyatakan **data berdistribusi normal** berdasarkan uji Shapiro-Wilk, maka uji hipotesis dilanjutkan menggunakan **uji paired sample t-Test** untuk mengetahui perbedaan antara skor pretest dan posttest keterampilan berpikir kritis. Jika **data tidak normal**, maka digunakan **uji Wilcoxon Signed-Rank Test**.

- Jika nilai Sig. (p) < 0,05, maka H_0 ditolak, artinya terdapat perbedaan signifikan.
- Jika nilai Sig. ≥ 0,05, maka H_0 diterima, artinya tidak terdapat perbedaan signifikan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian

Pengembangan media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) dan mengetahui efektivitas dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian ini mengacu pada model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate*). Adapun hasil dari tahap ADDIE pada penelitian ini, yaitu:

1. Tahap *Analyze* (Analisis)

Tahap analisis bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan siswa dan guru terhadap media pembelajaran yang relevan, terutama pada materi yang dinilai sulit dipahami oleh peserta didik. Analisis pendahuluan dilakukan di SMA Negeri 1 Ciawi melalui uji awal berupa wawancara guru dan angket kepada siswa.

a. Hasil wawancara dengan guru

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru mata pelajaran Biologi, diperoleh informasi sebagai berikut:

- 1) Pembelajaran Biologi di sekolah menggunakan Kurikulum Merdeka dengan KKTP sebesar 80.
- 2) Siswa mengalami kesulitan memahami materi bab *Ekosistem*, khususnya subbab Biogeokimia. Kesulitan ini disebabkan oleh kompleksitas materi yang memuat keterkaitan antara bidang Biologi, Kimia, dan Geografi. Materi mencakup senyawa-senyawa kimia dan proses yang terjadi tidak hanya di atmosfer, tetapi juga di hidrosfer, litosfer, dan biosfer. Serta bagaimana proses biogeokimia ini walaupun tidak dapat dilihat tetapi proses biogeokimia ini sangat berdampak bagi kehidupan di bumi.
- 3) Proses-proses biogeokimia bersifat abstrak karena tidak dapat diamati secara langsung, meskipun memiliki pengaruh besar bagi kehidupan di bumi.

- 4) Metode pembelajaran yang digunakan guru meliputi ceramah dan pembelajaran kooperatif. Media pembelajaran yang digunakan adalah buku paket dan *PowerPoint*, sedangkan untuk materi anatomi digunakan replika patung tulang atau organ manusia.
- 5) Secara umum, pembelajaran masih didominasi metode ceramah dengan media buku atau *PowerPoint*.
- 6) Keterampilan berpikir kritis siswa masih rendah. Hal ini terlihat ketika guru memberikan soal kategori HOTS; siswa kesulitan menjawab tanpa bantuan sumber informasi, namun memperoleh nilai lebih baik jika diperbolehkan membuka buku atau sumber lain.

b. Hasil kuesioner siswa

Hasil pengisian kuesioner keterampilan berpikir kritis pada 31 siswa kelas X menunjukkan bahwa:

- 1) 61% siswa berada pada kategori sedang dalam keterampilan berpikir kritis.
- 2) Temuan ini mendukung hasil wawancara guru yang menyatakan bahwa siswa belum optimal dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, terutama ketika dihadapkan pada soal yang menuntut analisis, evaluasi, dan sintesis informasi.

Berdasarkan hasil wawancara dan angket, dapat disimpulkan bahwa diperlukan inovasi media pembelajaran yang lebih kontekstual dan interaktif untuk membantu siswa memahami materi biogeokimia dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, dikembangkan e-magazine berbasis SETS sebagai solusi alternatif media pembelajaran.

2. Tahap *Design* (Desain)

Tahap desain dilakukan berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang menunjukkan perlunya media pembelajaran yang bersifat interaktif,

kontekstual dan mampu mendorong keterampilan berpikir kritis siswa, khususnya dalam memahami materi biogeokimia yang dianggap kompleks.

Produk dikembangkan dalam bentuk *e-magazine* digital (flipbook) menggunakan aplikasi heyzone. Proses desain diawali dengan merancang struktur dan konten *e-magazine* yang berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*). Integrasi pendekatan SETS dilakukan secara menyeluruh pada setiap siklus biogeokimia (karbon, nitrogen, air, fosfor dan sulfur).

Adapun rancangan konten berdasarkan aspek SETS adalah sebagai berikut:

a. *Science*

Pada pendekatan ini, disajikan penjelasan ilmiah mengenai bagaimana siklus biogeokimia berlangsung dalam atmosfer, hidrosfer dan biosfer. Materi dilengkapi dengan fitur audio untuk membantu siswa belajar secara mandiri dan memahami proses terjadinya setiap siklus secara menyeluruh.

b. *Environment*

Konten magazine menampilkan ilustrasi dan video yang menggambarkan pentingnya siklus biogeokimia bagi keberlangsungan kehidupan di bumi serta dampak yang akan ditimbulkan akibat ketidakseimbangan dalam siklus biogeokimia.

c. *Technology*

Pada aspek ini disajikan gambar dan video mengenai teknologi modern yang digunakan untuk mengurangi atau mengatasi ketidakseimbangan senyawa dalam siklus biogeokimia. Hal ini bertujuan untuk memberikan wawasan mengenai peran teknologi dalam menjaga keseimbangan lingkungan.

d. *Society*

Disediakan ilustrasi atau video yang menampilkan dampak perubahan siklus biogeokimia terhadap kehidupan masyarakat. Hal ini bertujuan

menumbuhkan kesadaran sosial tentang tanggung jawab untuk menjaga lingkungan.

Untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, produk ini dilengkapi pertanyaan-pertanyaan pemantik yang mendorong siswa untuk berdiskusi dan menganalisis berbagai isu terkait dengan siklus biogeokimia. Selain itu, disediakan QR code yang terhubung ke kumpulan soal uraian dan pilihan ganda yang dirancang berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis. Soal-soal ini dapat digunakan guru sebagai bahan evaluasi pembelajaran.

3. Tahap *Develop* (Pengembangan)

Media pembelajaran *e-magazine* dikembangkan menggunakan platform Canva dan Heyzine, dengan format interaktif. Hasil pengembangan kemudian divalidasi oleh ahli materi, ahli media serta guru mata pelajaran biologi.

Desain *e-magazine* meliputi:

- a. Tampilan cover depan dan cover belakang *magazine* biogeokimia berbasis SETS
- b. Pendahuluan mengenai pengertian dari SETS
- c. Integrasi Pendekatan SETS pada *e-magazine*. Setiap siklus yang terdapat pada materi biogeokimia dirancang dengan mengintegrasikan kepada aspek sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat. Hal ini bertujuan untuk membantu siswa memahami relevansi materi dengan kehidupan nyata serta kesadaran kritis terhadap isu-isu lingkungan. Selain itu, guru dapat memberikan materi secara terkonsep dan terstruktur dan memberikan pengetahuan yang lebih bagi siswa. Pada setiap materi biogeokimia akan disajikan beberapa video dan audio terkait dengan siklus ataupun fenomena alam yang terjadi yang berhubungan dengan siklus biogeokimia serta teknologi dan dampaknya pada masyarakat.

- d. Disajikan pertanyaan pada beberapa halamn untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa. serta terdapat QR code quiz yang di dalamnya terdapat pertanyaan essay serta pilihan ganda sebagai bahan evaluasi untuk guru dalam kegiatan pembelajaran dan dapat melatih keterampilan berpikir kritis siswa sesuai dengan indikator berpikir kritis.

Pada tahap pengembangan, bahan ajar *e-magazine* yang telah dirancang selanjutnya divalidasi dengan beberapa tenaga ahli yang berpengalaman untuk validasi media pembelajaran yang telah dibuat. Uji validasi media pembelajaran dilakukan oleh ahli yang terbagi menjadi dua ahli yaitu ahli media sebanyak satu orang dan validasi materi oleh dua orang ahli materi.

Desain media pembelajaran *e-magazine* berbasis SETS yang telah direvisi oleh tim ahli selanjutnya penelitian melakukan revisis pada desain produk, dan instrumen berpikir kritis yang telah dibuat. Pada tahap ini saran dan perbaikan dari para ahli sangat diperlukan untuk mengetahui kekurangan dan produk yang telah dibuat.

Hasil dari saran perbaikan akan dibuat agar menghasilkan produk yang lebih efektif, mudah dipergunakan, berkualitas dan juga dapat, meningkatkan ketrampilan berpiir kritis. Berikut ini hasil validasi oleh ahli media dan materi:

Tabel 15 Hasil Validasi Konten Materi

Aspek yang dinilai	Validator ke-	
	1	2
Cakupan Materi	15	15
Akurasi Materi	50	49
Kemuktahiran Materi	13	14
Merangsang keingintahuan	18	20
Taotal Maksimal	100	100
Total diperoleh	96	95
Presentase (%)	96%	95%
Kriteria	Sangat layak	Sangat layak
Nilai keseluruhan	$\frac{191}{200} \times 100\% = 95\%$	
Kriteria	Sangakt layak	

Tabel 16 Hasil Validasi Konten Media

Aspek yang dinilai	Validator ke-
Ukuran Komponen	15
Desain Sampul <i>E-magazine</i>	24
Desain Isi <i>E-magazine</i>	28
Aspek Bahasa	23
Taotal Maksimal	100
Total diperoleh	90
Presentase (%)	$\frac{90}{100} \times 100\% = 90\%$
Kriteria	Sangakt layak

Berdasarkan tabel 12 diatas, hasil validasi ahli materi 1 dan 2 masing masing memperoleh presentase 96% dan 95% yang termasuk dala kategori “sangat layak”. Sementara itu, hasil dari ahli media menunjukkan presentaase 90%, yang juga berada dalam kategori “sangat layak”. Hal ini menunjukkan bahwa secara isi dan desain *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS untuk meningkatkan keterampilan berpikir keritis dinilai telah memenuhi standar kelayakan sebagai media pembelajaran biologi. Dari hasil validasi ahli media dan materi dilakukan perbaikan produk sesuai dengan catatan dan saran yang diberikan oleh validasi ahli. Berikut catatan dan saran validasi ahli media dan materi terhadap *e-magazine*:

Tabel 17 Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah Revisi

No	Komentar Dan Saran	Tindakan Perbaikan	<i>E-Magazine</i> Sebelum Revisi	<i>E-Magazine</i> Setelah Revisi
1	Cover belum mencerminka n tampilan <i>magazine</i> karena tampilan seperti cover buku dengan adanya jenjang pendidikan dan <i>font</i> judul	Cover diubah menjadi tampilan <i>magazine</i> dengan mengubah tataletak elemen, <i>font</i> dan judul menghapus jenjang pendidikan		

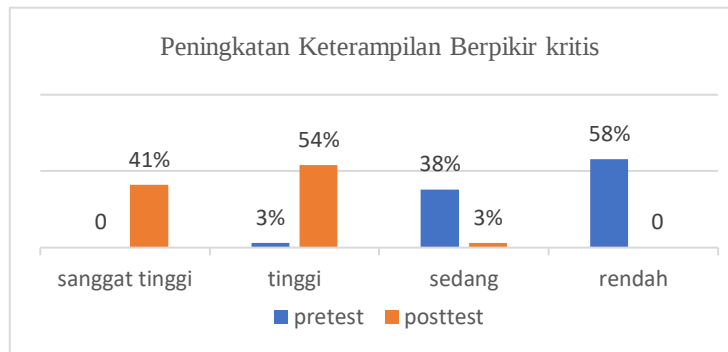
No .	Komentar dan Saran Ahli Materi	Tindakan Perbaikan	E-Magazine Sebelum Revisi	E-Magazine Setelah Revisi
2	kata “daftar isi” tidak terlihat jelas dan kata “for your” tidak perlu ditampilkan	Pengubahan tampilan kata “daftar isi” menjadi lebih tebal dengan warna yang lebih gelap sehingga dapat terlihat dengan jelas dan menghapus kata “for your”		
3	kata “Prakata” tidak terlihat jelas	Pengubahan tampilan kata “Prakata” menjadi lebih tebal dengan warna yang lebih gelap sehingga dapat terlihat dengan jelas		
4	- Tambahkan petunjuk penggunaan <i>magazine</i> dan icon pada <i>e-magazine</i> - Membuat tampilan pembeda antara setiap bagian siklus biogeokimia pada peta konsep	- Menambahkan petunjuk penggunaan <i>magazine</i> dan icon pada <i>e-magazine</i> - Mengubah tampilan dalam setiap siklus dengan ciri warna yang sesuai pada peta konsep		
5	Belum adanya proses kodensasi pada siklus biogeokimia	Ditambahkan proses kondensasi		

No	Komentar dan Saran Ahli Materi	Tindakan Perbaikan	E-Magazine Sebelum Revisi	E-Magazine Setelah Revisi
6	Pada prakata kata “saya” diubah menjadi “peneliti”	Mengubah kata “saya” menjadi “peneliti”		
7	Ditambahkan lagi kegiatan untuk evaluasi untuk siswa seperti quiziz	Menambahkan QR yang berisi kumpulan aktivitas siswa seperti quiziz dan juga pertanyaan-pertanyaan urain yang dapat menjadi kegiatan evaluasi siswa	-	

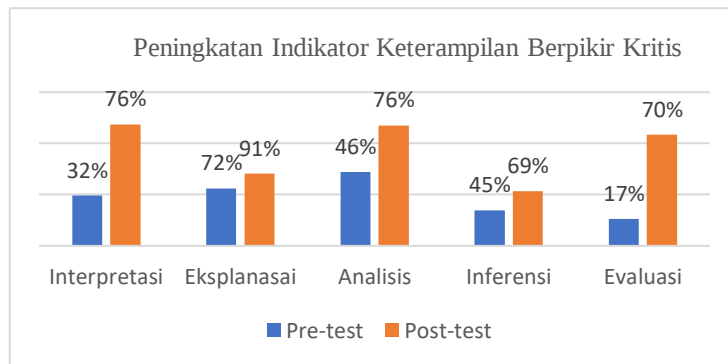
4. Tahap *Implement* (Implementasi)

Pada tahap ini dilakukan ujicoba terbatas terhadap media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang sebelumnya sudah dikembangkan dan tentunya sudah melalui proses validasi ahli dan revisi tim ahli. Pada tahap ini, media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS diimplementasikan kepada siswa sebagai uji coba terbatas untuk mengetahui efektifitas media dalam proses kegiatan belajar mengajar. Sasaran dari penggunaan media pembelajaran ini adalah siswa SMA Negeri 1 Ciawi, yang berjumlah 31 siswa dalam satu kelas. Proses pembelajaran dilakukan sebanyak dua kali pertemuan dengan model pembelajaran *Numbered Head Together* (NHT) dimana diawali dengan melakukan pretest terlebih dahulu, lalu dilanjutkan dengan siswa membentuk kelompok sebanyak lima kelompok yang masing-masing kelompok memiliki nama salah satu dari siklus yang ada pada biogeokimia,

lalu kegiatan pembelajaran dilanjutkan dengan siswa membaca materi, melihat video hingga mendengarkan audio dan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang ada di dalam *e-magazine* dengan melakukan diskusi kelompok, setelah itu kegiatan ditutup dengan siswa mengisi *post-test* berupa soal uraian sebanyak delapan soal.



Gambar 9 Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa



Gambar 10 peningkatan pada setiap indikator berpikir kritis

Selain itu pada gambar 10 grafik menunjukkan adanya peningkatan pada setiap indikator berpikir kritis setelah menggunakan media *e-magazine*. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator evaluasi sebesar 53%, disusul oleh interpretasi (44%), analisis (30%), inferensi (24%), dan eksplanasi (19%). Rata-rata peningkatan seluruh indikator berpikir kritis mencapai 34%. Hal ini menunjukkan bahwa *e-magazine* berbasis SETS efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa.

a. Uji N-Gain

Hasil pretest dan posttest yang telah dilakukan siswa dianalisis menggunakan rumus N-Gain 26 menggunakan SPSS untuk mengetahui adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dilakukan analisis peningkatan hasil belajar menggunakan rumus N-Gain. Analisis dibuat dilakukan dengan membandingkan skor pretest dan posttest yang diberikan sebelum dan sesudah penggunaan *e-magazine*. Hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 18 Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah Revisi

No	Kriteria Implementasi	pre-test	post-test.
1	Jumlah siswa	31	31
2	Total Nilai	1190	2343
3	Nilai Minimal	20	53
4	Nilai Maksimal	70	93
5	Rata-Rata	38	76

Berdasarkan tabel diatas perbandingan hasil pre-test post-test menunjukkan adanya peningkatan pada kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS. Nilai rata-rata pre-test adalah 38, sedangkan rata-rata post-test meningkat menjadi 76. peningkatan ini menunjukkan bahwa media *e-magazine* yang digunakan mampu memberikan pengaruh yang baik terhadap pemahaman konsep dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Tabel 19 Hasil N-Gain

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev
N-gain_scor	31	0.24	0.88	0.6088	0.13605
N-gain_persen	31	24.19	88.33	60.8787	13.60536
Valid N (listwise)	31				

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh rata rata nilai N-Gain yaitu 0,60 yang termasuk dalam kategori sedang. Dengan nilai N-Gain pada

kategori sedang dapat disimpulkan bahwa penggunaan *e-magazine* memiliki pengaruh terhadap proses pembelajaran biogeokimia.

b. Uji Normalitas

Uji normalitas dari perhitungan pretest-posttest menggunakan uji shapiro-Wilk untuk mengetahui nilai berdistribusi normal atau tidak dengan menggunakan SPSS 26 dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 20 Hasil Uji Normalitas

	df	Sig. (Hapiro-Wilk)	Kriteria
Pretest	31	0.26	Berdistribusi Normal
Posttest	31	0.41	Berdistribusi Normal

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa data *pretest* dan *posttest* memiliki 0,26 dan 0,41 yang secara praktis dapat dianggap berdistribusi normal.

c. Uji t-Test

Setelah dilakukan uji normalitas, langkah selanjutnya adalah melakukan uji Paired Sample t-Test untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan *e-magazine*. Hasil uji t disajikan pada tabel berikut:

Tabel 21 Uji t-Test

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Pretest & Posttest	31	0.534	0 .002

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,002, yang lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest siswa. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS berpengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa.

5. Tahap *Evaluate* (Evaluasi)

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengukur keefektivitas media pembelajaran yang telah dikembangkan dan diimplementasikan. Pengujian dilakukan pada satu kelas yang terdiri dari 31 orang siswa di SMA Negeri 1 Ciawi. Media pembelajaran yang diuji berupa *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS, yang dirancang untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa media pembelajaran ini memiliki nilai N-Gain sebesar 0,60 yang termasuk dalam kategori sedang atau cukup efektif. Besarnya keefektifan modul pembelajaran (faktor g) berdasarkan kriteria N-gain (Meltzer, 2002) adalah: $0,7 \leq \text{N-gain} \leq 1$ (Tinggi); $0,3 \leq \text{N-gain} < 0,7$ (Sedang); $\text{N-gain} < 0,3$ (Rendah) (Ramadhani & Amudi, 2020). Selain itu, berdasarkan uji distribusi, data hasil *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis siswa menunjukkan nilai signifikan sebesar 0,41 yang berarti data berdistribusi normal.

Untuk mengetahui tanggapan pengguna terhadap *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS yang telah dikembangkan, dilakukan uji respon kepada guru mata pelajaran Biologi dan siswa sebagai pengguna langsung media.

Tabel 22 Respon Guru

Aspek yang dinilai	Validator ke-	
	1	2
Kualitas Desain Visual	24	25
Daya Tarik	22	25
Efektivitas Pembelajaran	25	25
Kelayakan Penggunaan	25	25
Skor maksimal	100	100
Skor diperoleh	96	100
Total skor	196	
Nilai keseluruhan	$\frac{196}{200} \times 100\% = 98\%$	
Kriteria	Sangat baik	

Tabel 23 Respon Siswa

Aspek yang dinilai	Total skor
Kualitas Desain Visual	667
Daya Tarik	665
Efektivitas Pembelajaran	642
Kelayakan Penggunaan	644
Total skor diperoleh	2618
Atotal skor maksimal	3100
Nilai keseluruhan	$\frac{2618}{3100} \times 100\% = 84\%$
Kriteria	Sangat Baik

Dari hasil angket respon guru dan siswa media ini juga memperoleh penilaian yang sangat baik, respon siswa terhadap media pembelajaran presentase sebesar 84%, sementara respon guru mencapai presesntase 98%. Berdasarkan hasil tersebut, maka media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS ini dapat dikategorikan sebagai sangat layak dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran di kelas sebagai media untuk mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa.

B. Pembahasan

Tahap analisis merupakan tahap pertama dalam pengembangan *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS. Di tahapan ini, pengumpulan data dan identifikasi kebutuhan yang dilakukan untuk memperoleh gambaran nyata yang terkait dengan kondisi belajar di lapangan, terutama pada materi biogeokimia kelas X. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru biologi di SMA Negeri 1 Ciawi serta penyebaran angket kepada siswa, ditemukan bahwa pembelajaran masih didominasi oleh metode ceramah dan penggunaan media konvensional seperti buku paket atau presentasi *PowerPoint*. Hal ini menyebabkan siswa kurang terlibat aktif dalam pembelajaran dan mengalami kesulitan memahami konsep siklus biogeokimia, yang sifatnya abstrak, kompleks, dan melibatkan lintas disiplin ilmu seperti biologi, kimia, dan geografi.

Selain itu, materi biogeokimia belum sepenuhnya dikaitkan dengan fenomena kehidupan nyata atau isu-isu lingkungan yang sedang terjadi. Padahal, keterkaitan antara ilmu pengetahuan dengan kehidupan sehari-hari merupakan inti dari pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*), yang terbukti efektif dalam menumbuhkan keterampilan berpikir kritis siswa. Kurangnya media pembelajaran yang mampu menghadirkan konten secara kontekstual, interaktif, dan mendorong daya nalar siswa menjadi salah satu faktor rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa, terutama dalam aspek interpretasi, analisis, dan evaluasi informasi.

Analisis kebutuhan juga melibatkan telaah terhadap kurikulum, termasuk kompetensi dasar yang harus dicapai dalam pembelajaran materi ekosistem dan biogeokimia. Dari analisis tersebut, diketahui bahwa pengembangan media *e-magazine* yang memuat integrasi unsur SETS sangat relevan dan dibutuhkan untuk mendukung pencapaian tujuan pembelajaran. Selain itu, kondisi sarana dan prasarana sekolah yang cukup memadai, seperti ketersediaan perangkat digital (HP dan laptop) serta koneksi internet, mendukung pengembangan media digital seperti *e-magazine*.

Dengan demikian, tahap analisis ini memberikan landasan yang kuat untuk merancang media pembelajaran yang tidak hanya sesuai dengan kebutuhan siswa dan guru, tetapi juga sejalan dengan tantangan pembelajaran abad ke-21. Data yang diperoleh dari tahap ini menjadi dasar dalam merancang *e-magazine* yang mampu memfasilitasi pembelajaran bermakna, melibatkan siswa secara aktif, serta meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui pendekatan SETS.

Tahap perancangan merupakan fase penting dalam pengembangan media pembelajaran karena menjadi dasar terbentuknya struktur, isi, dan tampilan dari *e-magazine* yang dikembangkan. Dalam penelitian ini, perancangan *e-magazine* biogeokimia dilakukan berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep siklus biogeokimia yang bersifat kompleks dan abstrak.

Menurut Rahmawati *et al.*, (2023), siswa mengalami kesulitan memahami materi daur biogeokimia, yang merupakan bagian tersulit dalam ekosistem. Guru juga mengalami kesulitan dalam menyampaikan materi ini, karena pengajaran konvensional dinilai kurang efektif untuk menjelaskan konsep yang abstrak dan kompleks, sehingga siswa kesulitan membayangkan dan memvisualisasikan proses-proses yang terjadi.

Oleh karena itu, diperlukan media yang mampu menyajikan materi secara kontekstual, interaktif, dan menyenangkan untuk memfasilitasi pemahaman siswa serta menumbuhkan keterampilan berpikir kritis mereka. Penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis visualisasi dan integrasi isu lingkungan mampu membantu siswa memahami konsep ekologi yang abstrak (Wardani & Miftakhi, 2021). Selain itu, hasil penelitian lainnya juga menegaskan bahwa penyajian materi berbasis multimedia dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan mengurangi miskonsepsi dalam materi biologi yang kompleks (Roihanah *et al.*, 2022). Pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) dipilih sebagai dasar integrasi dalam materi agar siswa dapat mengaitkan ilmu pengetahuan dengan isu-isu nyata di sekitar mereka. Penelitian Sudrajat, (2023) menunjukkan bahwa integrasi SETS dalam pembelajaran biologi efektif menghubungkan konsep sains dengan permasalahan nyata sehingga mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Perancangan *e-magazine* dimulai dengan menyusun peta materi dan indikator pembelajaran berdasarkan kurikulum yang berlaku. Selanjutnya, konten *e-magazine* disusun secara sistematis dengan lima siklus utama dalam biogeokimia, yaitu siklus karbon, nitrogen, air, fosfor, dan sulfur. Setiap siklus dikembangkan dengan integrasi keempat aspek SETS: aspek *science* menampilkan penjelasan proses ilmiah dari masing-masing siklus; aspek *environment* mengungkap dampak siklus terhadap lingkungan; aspek *technology* menunjukkan peran teknologi dalam menjaga keseimbangan atau memulihkan gangguan siklus; dan aspek *society* mengajak siswa menganalisis

pengaruh siklus terhadap kehidupan sosial serta peran masyarakat dalam menjaga kelestarian lingkungan. Pengintegrasian keempat unsur SETS sangat penting untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa karena memberikan gambaran komprehensif dan terpadu mengenai interaksi antara ilmu pengetahuan, lingkungan, teknologi, dan masyarakat (Yendrita *et al.*, 2023). Pendekatan ini tidak hanya memperkaya pembelajaran teoritis, tetapi juga menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, analitis, serta pemecahan masalah secara kontekstual dan aplikatif, sehingga siswa lebih peduli dan bertanggung jawab terhadap isu sosial dan ekologis (Rohmatun & Rasyid, 2022).

Selain itu, desain visual *e-magazine* dirancang menarik dengan tampilan yang dominan infografis, warna yang harmonis, serta dilengkapi fitur interaktif seperti audio penjelasan, video edukatif, ilustrasi fenomena, dan QR code yang terhubung dengan soal latihan serta evaluasi. *E-magazine* ini juga dilengkapi dengan petunjuk penggunaan, peta konsep, dan rubrik aktivitas siswa untuk mendukung proses pembelajaran secara mandiri maupun kelompok. Media digital yang interaktif, yang mengemas materi, video, audio visual, dan kuis berisi contoh soal, terbukti dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa (Endaryati *et al.*, 2021) dan meningkatkan motivasi belajar serta penguasaan konsep (Handika *et al.*, 2021).

Untuk mendorong keterampilan berpikir kritis siswa, disisipkan pertanyaan-pertanyaan pemantik yang mengacu pada indikator berpikir kritis seperti interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Pertanyaan ini disesuaikan dengan konteks kehidupan nyata yang berkaitan dengan siklus biogeokimia. Perancangan ini bertujuan agar siswa tidak hanya memahami materi, tetapi juga mampu menalar, menyimpulkan, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah yang disajikan melalui *e-magazine*.

Dengan pendekatan desain yang sistematis, integratif, dan berbasis kebutuhan, *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS ini diharapkan mampu menjadi media pembelajaran yang tidak hanya efektif dalam menyampaikan

materi, tetapi juga inovatif dalam membangun pola pikir kritis serta kesadaran lingkungan siswa di era pendidikan abad 21.

Tahap pengembangan merupakan kelanjutan dari tahap desain, di mana konsep *e-magazine* yang telah dirancang kemudian diwujudkan menjadi produk nyata. Pada tahap ini, media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS dikembangkan menggunakan platform Canva untuk desain grafis dan Heyzine sebagai platform pembuatan majalah digital interaktif. Pemanfaatan teknologi digital seperti Canva dan flipbook interaktif terbukti dapat menghasilkan media pembelajaran yang menarik, mudah diakses, dan memfasilitasi pembelajaran mandiri siswa (Handika *et al.*, 2021). *E-magazine* disusun dalam bentuk flipbook interaktif yang memuat konten pembelajaran mengenai lima siklus utama dalam biogeokimia, yaitu karbon, nitrogen, air, fosfor, dan sulfur.

Setiap siklus disajikan dalam format yang menarik dan terintegrasi dengan pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*), serta dilengkapi dengan fitur pendukung seperti audio penjelasan, video pembelajaran, ilustrasi, dan QR code yang mengarahkan siswa ke soal berpikir kritis. Penelitian Sudrajat, (2023) menunjukkan bahwa integrasi SETS dalam media pembelajaran mampu mengaitkan konsep sains dengan isu-isu nyata, sekaligus mendorong kemampuan berpikir kritis siswa.

Soal-soal yang terintegrasi dengan indikator keterampilan berpikir kritis dapat merangsang siswa dalam melakukan interpretasi, eksplanasi, analisis, inferensi, dan evaluasi. Soal HOTS yang sesuai dengan indikator berpikir kritis, seperti menganalisis dan menarik kesimpulan, dapat membantu siswa untuk berpikir lebih kritis. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian yang mengungkapkan bahwa latihan soal berbasis HOTS dalam media digital mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa secara signifikan (Agus & Ristiana, 2022). Dengan soal-soal tersebut, siswa akan lebih terlatih dalam menganalisis informasi, mengevaluasi sumber, dan membuat keputusan sehingga kemampuan berpikir kritis mereka dapat meningkat ('Aisy, 2023).

Setelah pengembangan awal selesai, produk *e-magazine* divalidasi oleh dua ahli materi dan satu ahli media. Validasi ini bertujuan untuk menilai kualitas isi, kesesuaian dengan kurikulum, kelayakan tampilan, serta efektivitas media sebagai sarana peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Proses validasi ahli dalam pengembangan media pembelajaran merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa produk memenuhi standar isi, bahasa, dan penyajian (Aulia, R. R., 2024).

Berdasarkan hasil validasi ahli materi, diperoleh persentase kelayakan sebesar 96% dan 95%, yang termasuk dalam kategori “sangat layak”. Penilaian mencakup aspek cakupan materi, akurasi isi, kemutakhiran informasi, dan daya rangsang terhadap rasa ingin tahu siswa. Validasi oleh ahli media juga menunjukkan hasil sangat baik dengan persentase kelayakan sebesar 90%, mencakup aspek grafis, tata letak, desain sampul, desain isi, serta kejelasan bahasa yang digunakan. Hasil ini sejalan dengan temuan Handika *et al.*, (2021) bahwa media pembelajaran yang divalidasi dengan kategori sangat layak cenderung efektif meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep siswa.

Revisi dilakukan secara menyeluruh untuk meningkatkan kualitas tampilan maupun isi media. Hasil revisi menunjukkan bahwa *e-magazine* menjadi lebih layak untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran di kelas maupun secara mandiri. Integrasi elemen SETS pada setiap siklus biogeokimia juga menjadi lebih jelas dan kontekstual, memberikan pemahaman yang lebih utuh kepada siswa tentang keterkaitan ilmu sains dengan lingkungan, teknologi, dan kehidupan masyarakat. Dengan demikian, tahap pengembangan ini berhasil menghasilkan media *e-magazine* yang interaktif, menarik, dan mampu mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sesuai dengan tujuan awal pengembangan.

Tahap implementasi dilakukan setelah produk *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS selesai divalidasi dan direvisi berdasarkan masukan dari para ahli. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui efektivitas *e-magazine* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui uji coba

terbatas. Implementasi dilakukan di kelas X-10 IPA SMA Negeri 1 Ciawi yang terdiri dari 31 siswa. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan dalam dua pertemuan menggunakan media *e-magazine* sebagai alat bantu utama.

Pada tahap implementasi, digunakan model pembelajaran Cooperative Learning dengan teknik Numbered Heads Together (NHT) yang dipadukan dengan media pembelajaran interaktif *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS. Pemilihan model ini didasarkan pada kemampuannya dalam melatih keterampilan berpikir kritis siswa melalui diskusi aktif, kolaboratif, dan partisipasi menyeluruh seluruh anggota kelompok.

Model NHT dirancang untuk mendorong setiap siswa berperan aktif dalam pembelajaran. Melalui pemberian nomor pada setiap anggota kelompok, guru dapat memastikan partisipasi yang merata, karena setiap siswa memiliki peluang yang sama untuk menjawab dan terlibat dalam diskusi (Amni & Hadi, 2023). Proses pembelajaran dimulai dengan pemberian masalah atau pertanyaan yang menantang, kemudian siswa berdiskusi dalam kelompok untuk mengidentifikasi masalah, memahami konsep, menghubungkan ide, serta menarik kesimpulan bersama (Agustin *et al.*, 2024).

Kombinasi NHT dan *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif. *E-magazine* interaktif sebagai media pembelajaran biologi dikembangkan dengan berbagai fitur multimedia seperti gambar, animasi, dan video instruksional yang dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang abstrak, seperti konsep bioteknologi. Media ini mampu menciptakan suasana belajar yang menarik dan memfasilitasi keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran (Hardiansyah *et al.*, 2025).

Kegiatan pembelajaran diawali dengan pembukaan oleh guru, yang meliputi presensi siswa dan mengulas kembali materi pembelajaran sebelumnya. Kegiatan ini bertujuan untuk membangun keterkaitan antara pengetahuan awal siswa dengan materi baru yang akan dipelajari. Setelah itu, siswa diberikan pretest sebagai instrumen untuk mengetahui pemahaman awal

dan keterampilan berpikir kritis sebelum mengikuti pembelajaran inti. Setelah pretest, guru membagi siswa ke dalam lima kelompok secara heterogen yang telah disusun sebelumnya. Setiap kelompok dinamai berdasarkan siklus dalam biogeokimia, yaitu karbon, nitrogen, air, sulfat, dan sulfur. Strategi pemberian nama ini tidak hanya menciptakan suasana belajar yang menyenangkan, tetapi juga membantu membangun asosiasi konseptual yang lebih kuat terhadap materi yang dipelajari. Setiap anggota kelompok diberikan nametag yang berisi nama kelompok dan nomor urut anggota (1–7). Penomoran ini merupakan elemen penting dalam teknik NHT karena memungkinkan seluruh siswa untuk terlibat secara aktif dan bertanggung jawab terhadap hasil diskusi kelompok.

Proses pembelajaran inti dilakukan dengan menggunakan e-magazine biogeokimia sebagai media utama. Guru membimbing siswa untuk membaca, mengeksplorasi, dan mendiskusikan materi setiap siklus biogeokimia yang terdapat dalam e-magazine. Pada bagian tertentu dalam e-magazine terdapat pertanyaan-pertanyaan berbasis keterampilan berpikir kritis yang harus didiskusikan oleh setiap kelompok. Setiap kelompok diberikan waktu 3 menit untuk berdiskusi, kemudian guru secara acak menyebutkan nama kelompok dan nomor anggota untuk menjawab pertanyaan yang telah dibahas. Teknik ini mendorong setiap anggota untuk aktif dan siap menjawab, karena siapa pun bisa terpilih untuk mewakili kelompoknya. Dengan sistem penilaian poin antar kelompok, muncul suasana kompetisi sehat yang semakin meningkatkan motivasi belajar siswa.

Seluruh tahapan pembelajaran, mulai dari penyampaian materi hingga sesi tanya jawab, dilakukan dengan memanfaatkan fitur interaktif yang tersedia dalam e-magazine, seperti teks, ilustrasi, dan animasi yang relevan. Hal ini memberikan pengalaman belajar multimodal yang mendukung pemahaman konsep yang kompleks, seperti siklus-siklus biogeokimia. Setelah seluruh siklus selesai dipelajari dan didiskusikan, siswa diberikan posttest. Tes ini bertujuan untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis dan

pemahaman konsep setelah mengikuti pembelajaran berbasis NHT dengan bantuan e-magazine.

Setelah proses implementasi selesai, dilakukan analisis terhadap hasil *pretest* dan *posttest* untuk mengukur efektivitas media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hasil penelitian serupa menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis SETS dapat secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui pembelajaran yang kontekstual dan terintegrasi dengan permasalahan nyata (Yendrita *et al.*, 2023).

Pada Gambar 9, peningkatan keterampilan berpikir kritis ditunjukkan oleh satu kelas dengan 31 siswa. Hasil *pretest* menunjukkan bahwa 58% siswa berada dalam kategori rendah, 38% dalam kategori sedang, dan hanya 3% dalam kategori tinggi. Setelah pembelajaran menggunakan media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS, hasil *posttest* menunjukkan peningkatan signifikan, dengan 54% siswa berada pada kategori tinggi dan 41% berada pada kategori sangat tinggi. Rata-rata kenaikan keterampilan berpikir kritis dari *pretest* ke *posttest* mencapai 47%, menunjukkan adanya pergeseran kemampuan berpikir kritis ke arah kategori yang lebih tinggi. Peningkatan serupa juga dilaporkan dalam penelitian Aulia, R. R., (2024) yang menemukan bahwa media *e-magazine* interaktif mampu meningkatkan capaian kognitif dan keterampilan analitis siswa.

Selain itu, pada Gambar 10, grafik menunjukkan adanya peningkatan pada setiap indikator keterampilan berpikir kritis setelah penggunaan media *e-magazine*. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator evaluasi sebesar 53%, disusul oleh interpretasi (44%), analisis (30%), inferensi (24%), dan eksplanasi (19%). Rata-rata peningkatan seluruh indikator berpikir kritis mencapai 34%. Penelitian Handika *et al.*, (2021) mendukung temuan ini, bahwa media pembelajaran interaktif yang memadukan teks, gambar, dan multimedia mampu meningkatkan keterampilan analisis, evaluasi, dan interpretasi siswa secara signifikan.

Hal ini menunjukkan bahwa *e-magazine* berbasis SETS efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa secara menyeluruh, baik dari aspek kemampuan menganalisis, mengevaluasi, menjelaskan, hingga menyimpulkan informasi secara logis dan terarah. Penelitian Mariska Chairani (2020) juga memperkuat temuan ini, bahwa media pembelajaran yang interaktif dan terintegrasi dengan pendekatan kontekstual dapat meningkatkan kemampuan analitis dan evaluatif siswa.

Lalu dilakukan analisis dengan menggunakan rumus N-Gain, dan hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai rata-rata N-Gain yang diperoleh siswa sebesar 0,60, yang masuk dalam kategori sedang (Yusuf 2018). Temuan ini mengindikasikan bahwa seberapa besar pengaruh media *e-magazine* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa setelah mengikuti pembelajaran. Meskipun begitu capaian kategori sedang menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa belum sepenuhnya optimal, dan masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Beberapa faktor dapat mempengaruhi hasil ini. Pertama, siswa masih berada pada tahap awal pembiasaan berpikir kritis khususnya ketika dihadapkan pada materi biogeokimia yang bersifat kompleks dan cenderung abstrak. Kedua, aspek waktu juga berpengaruh dalam proses pembelajaran. Arina *et al.*, (2019) menyatakan bahwa waktu yang cukup dalam penerapan pembelajaran interaktif sangat berpengaruh terhadap efektivitas pembelajaran. Waktu yang terbatas membuat siswa kurang memiliki kesempatan untuk melakukan refleksi dan diskusi mendalam, sehingga peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui N-Gain tetap berada pada kategori sedang. Untuk mencapai peningkatan yang lebih tinggi, keterampilan berpikir kritis siswa perlu dikembangkan melalui proses pembelajaran yang dilakukan secara berkelanjutan dan konsisten. Hal ini mencakup latihan rutin pembiasaan berpikir mendalam, serta penerapan strategi pembelajaran yang berulang dan terstruktur dalam setiap bab dan sub bab materi pembelajaran. Sesuai dengan pendapat (Changwong *et al.*, 2018) Pengembangan keterampilan berpikir kritis memerlukan paparan yang

sistematis berulang, serta latihan yang konsisten. Proses tersebut melibatkan tahapan-tahapan seperti mendeskripsikan, merfleksi, menganalisis mengkritisi bernalar, dan mengevaluasi, yang harus dilakukan secara bertahap dan reflektif agar keterampilan berpikir kritis dapat berkembang secara optimal.

Selanjutnya dilakukan uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk dengan bantuan SPSS 26 untuk mengetahui apakah data pretest dan posttest berdistribusi normal. Hasil uji menunjukkan bahwa data *pretest* dan *posttest* memiliki nilai signifikansi 0,26 (Sig. > 0,05) yang berarti data berdistribusi normal, dan data posttest memiliki nilai signifikansi 0,41, yang berarti data tersebut berdistribusi normal. Hasil *pretest posttest* berdistribusi normal, maka dalam penelitian ini dilakukan uji t (Paired Sample t-Test) sebagai uji lanjut untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest. Hasil uji t menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,002 (Sig. < 0,05), yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah menggunakan *e-magazine*.

Selain itu peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah pembelajaran menggunakan *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS ditunjukkan melalui hasil analisis garafik pada gambar 3, yang mencakup lima indikator berpikir kritis yaitu interpretasi, analisis, inferensi, eksplanasi dan evaluasi. Peningkatan ini dapat dikaitkan secara langsung dengan butir-butir soal dalam *pretest-posttest* yang dirancang untuk mengukur masing-masing indikator berpikir kritis tersebut. Indikator interpretasi menunjukkan peningkatan tinggi. Siswa sudah dapat mengkaitkan fenomena nyata seperti peningkatan nitrogen serta sulfur di atmosfer dan peristiwa embun pada jendela dengan proses dalam siklus biogeokimia pada soal nomor dua. Siswa sudah mampu menginterpretasikan fenomena tersebut sebagai akibat dari aktivitas manusia dan kondisi lingkungan, serta menjelaskan keterkaitannya secara logis dengan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Selanjutnya indikator analisis mengalami peningkatan signifikan yang dapat terlihat dari siswa dapat mengisi soal nomor tiga dan enam. Dalam soal nomor tiga, siswa diminta menganalisis dampak deforestasi akibat kebakaran hutan terhadap siklus karbon dan ekosistem global. Sementara pada soal nomor enam, siswa menganalisis peran penting plankton dalam menjaga keseimbangan daur karbon. Peningkatan skor pada indikator ini menunjukkan bahwa siswa mampu mengikn hubungan sebab akibat antara unsur biotik dan abuitik dalam konteks global secara lebih dalam dan kritis. Peningkatan juga terjadi pada indikator inferensi, yang terlihat pada soal nomor empat mengenai dampak limbah fosfat terhadap siklus fosfor. Siswa dituntut untuk dapat menyimpulkan secara logis bahwa gangguan pada siklus fosfor dapat memicu eutrofikasi yang dapat mempengaruhi ekosistem perairan dan masyarakat. Indikator eksplanasi diuji melalui soal nomor satu, dimana siswa harus menjelaskan peran bakteri dalam siklus nitrogen dan peran teknologi biofertilizer dalam menjaga keseimbangannya. Peningkatan yang terjadi pada indikator ini menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami proses-proses ilmiah, tetapi juga mampu mengkomunikasikannya secara sistematis. Sementara itu, peningkatan pada indikator evaluasi dapat dilihat pada soal nomor tujuh dan delapan, yang mengharuskan siswa mengevaluasi efektivitas teknologi DAC (*Direct Air Capture*) dan kebijakan emisi karbon dengan mempertimbangkan pendekatan SETS (*Science, Technology, Society*). Siswa mampu memberikan argumen logis dengan mempertimbangkan kelebihan, kekurangan serta dampak dari berbagai solusi terhadap perubahan iklim dan keseimbangan lingkungan. Secara keseluruhan, peningkatan keterampilan berpikir kritis yang ditunjukkan melalui instrumen soal tersebut mengindikasikan bahwa *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS mampu menstimulasi siswa dalam memahami konsep secara mendalam, berpikir reflektif, serta menyusun argumen yang ilmiah dalam menyelesaikan permasalahan lingkungan berbasis biogeokimia.

Tahap evaluasi merupakan langkah akhir dalam proses pengembangan media *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menilai efektivitas dan kelayakan media yang telah dikembangkan berdasarkan respon langsung dari pengguna, yaitu guru dan siswa. Evaluasi dilakukan setelah media diimplementasikan dalam proses pembelajaran dan siswa menyelesaikan pembelajaran menggunakan *e-magazine*. Teknik evaluasi yang digunakan adalah angket respon, yang dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui kualitas media dari segi desain visual, daya tarik, efektivitas pembelajaran, dan kelayakan penggunaan.

Respon guru diperoleh dari dua orang guru mata pelajaran biologi di SMA Negeri 1 Ciawi. Berdasarkan hasil angket, diperoleh nilai rata-rata total sebesar 196 dari skor maksimal 200, dengan persentase kelayakan mencapai 98%. Guru memberikan penilaian “sangat baik” terhadap seluruh aspek media, terutama pada desain visual yang menarik, isi yang terstruktur, serta integrasi pendekatan SETS yang membantu siswa memahami keterkaitan antara konsep sains dan kehidupan nyata. Guru juga menyatakan bahwa media ini sangat mendukung pembelajaran kontekstual dan dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang efektif, terutama untuk topik kompleks seperti biogeokimia.

Sementara itu, respon dari siswa diperoleh dari 31 siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan *e-magazine*. Berdasarkan hasil angket, total skor yang diperoleh adalah 2.618 dari skor maksimal 3.100, dengan persentase sebesar 84%, yang masuk dalam kategori “Sangat baik”. Siswa menilai bahwa *e-magazine* memiliki tampilan yang menarik dan mudah digunakan. Mereka merasa terbantu dalam memahami materi biogeokimia karena media ini menyajikan ilustrasi, audio, dan video visualisasi proses siklus dengan jelas. Penelitian Handika *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif yang memadukan teks, gambar, dan multimedia dapat meningkatkan keterlibatan siswa serta mempermudah pemahaman konsep.

Selain itu, keberadaan soal-soal membantu mereka untuk dapat melatih keterampilan berpikir kritis. Siswa juga menyatakan bahwa media ini membuat

pembelajaran menjadi lebih menyenangkan dan tidak membosankan. Hal ini sejalan dengan penelitian Aulia, R. R., (2024) yang menyatakan bahwa *e-magazine* interaktif mendorong pembelajaran aktif dan memotivasi siswa untuk berpikir kritis melalui penyajian materi yang kontekstual dan menarik. Penggunaan teknologi dan integrasi pendekatan SETS mendorong mereka untuk berpikir lebih dalam dan mengaitkan konsep biologi dengan permasalahan lingkungan yang nyata. Hasil ini sejalan dengan temuan (Maimunah, 2016) yang melaporkan bahwa penerapan media pembelajaran berbasis teknologi interaktif meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa, serta mendukung keterampilan berpikir kritis melalui pengalaman belajar yang menarik.

Evaluasi ini menunjukkan bahwa media *e-magazine* tidak hanya layak dari segi isi dan desain, tetapi juga disukai oleh siswa dan didukung oleh guru sebagai media pembelajaran inovatif yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran abad 21. Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian Yendrita *et al.*, (2023) yang membuktikan bahwa media berbasis SETS layak digunakan karena meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemahaman konsep, dan kepedulian siswa terhadap isu lingkungan.

Dengan demikian, hasil evaluasi membuktikan bahwa *e-magazine* biogeokimia berbasis SETS sangat layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Media ini berhasil memenuhi kriteria kelayakan baik secara subjektif melalui respon pengguna, maupun secara objektif berdasarkan hasil peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Evaluasi ini sekaligus menegaskan bahwa pengembangan media yang kontekstual, interaktif, dan terintegrasi dengan isu lingkungan dapat menjadi solusi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi di tingkat SMA (Sudrajat, 2023; Aulia, R. R., 2024).

C. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi perhatian untuk pengembangan lebih lanjut di masa mendatang. Pertama, uji coba implementasi *e-magazine* hanya dilakukan pada satu kelas di satu sekolah, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi untuk seluruh populasi siswa di tingkat SMA dengan karakteristik dan kondisi yang beragam. Selain itu, produk berbasis digital dan mengandalkan platform online, belum bisa diakses secara offline, sehingga penggunaannya sangat bergantung pada ketersediaan jaringan internet dan kuatnya sinyal di lingkungan sekolah dan rumah siswa. Hal tersebut menjadi hambatan secara khusus bagi sekolah-sekolah di daerah dengan infrastruktur digital yang belum merata, di mana siswa mungkin akan kesulitan untuk mengakses konten dengan mudah.

BAB V

KESIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI

A. Kesimpulan

1. E-magazine biogeokimia dirancang menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahap: analisis kebutuhan siswa dan guru, perancangan isi yang terintegrasi unsur SETS (Science, Environment, Technology, Society), pengembangan media interaktif, implementasi terbatas di kelas X IPA SMA Negeri 1 Ciawi, dan evaluasi akhir. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa guru dan siswa memerlukan media yang menarik, kontekstual, dan mendukung pengembangan berpikir kritis. E-magazine ini dikembangkan untuk menjawab kebutuhan tersebut, dengan menyajikan materi siklus biogeokimia melalui tampilan visual menarik, interaktif, dan kontekstual. Respon guru terhadap desain e-magazine mencapai 98% (kategori sangat baik), sedangkan respon siswa terhadap isi dan tampilan media mencapai 84% (kategori sangat baik). Hal ini menunjukkan bahwa desain media sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran.
2. Hasil validasi menunjukkan bahwa media ini sangat layak digunakan dalam pembelajaran. Validasi oleh dua ahli materi memperoleh skor 96% dan 95%, sedangkan ahli media memberikan skor sebesar 90%, semuanya dalam kategori sangat layak. Revisi dilakukan berdasarkan masukan dari para validator untuk menyempurnakan desain dan isi e-magazine sebelum implementasi di kelas.
3. Media ini terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Berdasarkan analisis N-Gain, nilai rata-rata peningkatan keterampilan berpikir kritis mencapai 0,60 (kategori sedang). Hasil uji paired sample t-test menunjukkan nilai signifikansi 0,002 ($<0,05$) yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest. Dengan demikian, e-magazine ini mampu menstimulasi siswa untuk berpikir lebih

kritis, menghubungkan konsep dengan realita, serta aktif dalam mengeksplorasi materi biogeokimia secara lebih mendalam.

B. Saran

Media *e-magazine* ini dapat digunakan sebagai alternatif sumber belajar untuk materi biogeokimia maupun topik-topik lain yang memerlukan pendekatan kontekstual dan keterampilan berpikir kritis. Guru juga diharapkan dapat memaksimalkan penggunaan fitur interaktif dan pertanyaan pemantik yang tersedia dalam *e-magazine* untuk membangun diskusi bermakna di kelas. Selain guru siswapun diharapkan dapat menggunakan *e-magazine* bukan hanya sebagai sumber pembelajaran dalam kelas, tetapi juga sebagai sumber belajar mandiri yang mendorong pemahaman yang lebih mendalam dan kritis atas fenomena lingkungan.

C. Rekomendasi

Pengembangan lebih lanjut terhadap *e-magazine* perlu diarahkan pada versi yang dapat diakses secara offline. Hal ini didasarkan pada temuan selama implementasi bahwa media *e-magazine* yang dikembangkan menggunakan platform daring tidak dapat dibuka tanpa koneksi internet, karena konten tersimpan secara online dan mengandalkan QR code serta tautan eksternal. Di beberapa sekolah, khususnya yang berada di daerah dengan keterbatasan infrastruktur digital, kondisi sinyal yang tidak stabil atau bahkan tidak tersedia menjadi kendala utama dalam mengakses materi secara lancar.

Oleh karena itu, direkomendasikan agar pengembangan *e-magazine* selanjutnya mempertimbangkan konversi ke format offline, seperti melalui aplikasi desktop, format PDF interaktif, atau versi yang dapat diinstal langsung ke perangkat siswa. Dengan adanya versi offline, siswa tetap dapat mengakses seluruh materi, ilustrasi, video, dan soal evaluasi tanpa ketergantungan pada internet, sehingga jangkauan dan efektivitas media akan lebih merata di berbagai kondisi sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- 'Aisy, S. R. (2023). Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI IPA SMA PGRI 1 Jombang pada Materi Asam Basa Ditinjau dari Perbedaan Gender. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 7(2), 17–26. <https://doi.org/10.23887/jjpk.v7i2.67356>
- Afrina, A., Abbas, E. W., & Susanto, H. (2021). The Role of Historical Science in Social Studies Learning Materials for Increasing Values of Student's Nationalism. *The Innovation of Social Studies Journal*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.20527/iis.v3i1.3769>
- Aulia, R. R. *Pengembangan Media Pembelajaran Majalah Elektronik dengan Pendekatan SETS (Science, Environment, Technology, Society) pada Materi Koloid* (Bachelor's thesis, Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Agus, M. A. K., & Ristiana, E. (2022). the Influence of Sets (Science, Environment, Technology and Society) Based Ipa Learning on Critical Thinking Ability of Students in Class V Elementary School. *Klasikal: Journal of Education, Language Teaching and Science*, 4(2), 317–326.
- Agustin, G. P., Afrizal, A., & Irwanto, I. (2024). Analysis of Students' Critical Thinking Abilities Through the Numbered Heads Together (NHT) Cooperative Learning Model on the Topic of Buffer Solutions. *Journal of Research in Education and Pedagogy*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.70232/zfd29e68>
- Amanda, S., Muharrami, L. K., Rosidi, I., & Ahied, M. (2018). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran Ipa Menggunakan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Yang Berbasis Sets. *Natural Science Education Research*, 1(1), 57–64. <https://doi.org/10.21107/nser.v1i1.4199>
- Amni, Z., & Hadi, S. (2023). The Implementation of the Numbered Head Together Cooperative Learning Model to Improve Students Mathematics Learning Outcomes on Linear Equation Material at SMPN 2 Sakra. *ASIAN: Indonesian Journal of Learning Development and Innovation*, 1(1), 21–25.

- Anggraini, V., Priyanto, A., & Yeni, I. (2022). Inovasi Media E- Magazine untuk Stimulasi Kemampuan Sains Anak Usia Dini. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 11530–11537.
- Arina, H. A., Munawaroh, F., Rosidi, I., & Hidayati, Y. (2019). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Pendekatan Pembelajaran Berbasis Riset. *Natural Science Education Research*, 2(1), 17–24. <https://doi.org/10.21107/nser.v2i1.4280>
- Changwong, K., Sukkamart, A., & Sisan, B. (2018). Critical thinking skill development: Analysis of a new learning management model for Thai high schools. *Journal of International Studies*, 11(2), 37–48. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2018/11-2/3>
- Endaryati, S. A., Atmojo, I. R. W., Slamet, S. Y., & Suryandari, K. C. (2021). Analisis E-Modul Flipbook Berbasis Problem Based Learning untuk Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis Pembelajaran IPA Sekolah Dasar. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 5(2), 300. <https://doi.org/10.20961/jdc.v5i2.56190>
- Hafidah, S. N., Biru, L. T., & Nestiadi, A. (2025). Pengembangan E-Magazine Ipa Pada Materi Ekosistem Untuk Memfasilitasi Motivasi Belajar Siswa Smp Kelas Vii. *EDUPROXIMA: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 7(2), 753–762. <https://doi.org/10.29100/.v7i2.6772>
- Handika, R., Syafii, W., & Mahadi, I. (2021). *Pengembangan Majalah Elektronik Biologi Berbasis Multimedia Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Dan Penguasaan Konsep The Development Of Multimedia-Based Electronic Biology Magazine To Increase Learning Motivation And Concept Mastery Pendahuluan Organisas*. 560–574.
- Hardiansyah, D., Training, T., & Info, A. (2025). *Development of an Interactive E-Magazine as a Biology Learning Media to Improve Grade X Students ' Understanding of Biotechnology at SMAS Al Ma ' shum Kisaran BRT*. 23(02),

197–205. <https://doi.org/10.19184/bioedu.v23i2.53718>

- Imaduddin, M., & Hidayah, F. F. (2019). Redesigning laboratories for pre-service chemistry teachers: From cookbook experiments to inquiry-based science, environment, technology, and society approach. *Journal of Turkish Science Education*, 16(4), 489–507. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.3>
- Jariati, E., & Yenti, E. (2020). Pengembangan E-Magazine Berbasis Multipel Representasi untuk Pembelajaran Kimia di SMA pada Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit. *Journal of Natural Science and Integration*, 3(2), 138. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v3i2.10131>
- Keislaman, K. (2022). The Concept of Research in Education. *Routledge Library Editions: Philosophy of Education: 21 Volume Set*, 21(1989), 137–153. <https://doi.org/10.4324/9780367352035-10>
- Khasanah, N. (2015). SETS (Science, Environmental, Technology and Society) sebagai Pendekatan Pembelajaran IPA Modern pada Kurikulum 2013. *Seminar Nasional Konservasi Dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*, 270–277.
- Kusmianty, D., Widiyanto, B., & Kusuma, M. (2020). Efektivitas Model Pembelajaran Sets Metode Praktikum Pada Materi Pemanasan Global Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Cakrawala: Jurnal Pendidikan*, 14(1), 41–51. <https://doi.org/10.24905/cakrawala.v14i1.218>
- Lestari, W. D., Yuhanna, W. L., & Lukitasari, M. (2020). Pengembangan Media Bio Pop-Up Book Terintegrasi Science, Environment, Technology, And Society (SETS) Pada Pembelajaran Biologi Materi Daur Biogeokimia. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 8(2), 130. <https://doi.org/10.25273/jems.v8i2.7442>
- Lulu Sopanda, Utin Desy Susiaty, & Hartono Hartono. (2023). Desain Media E-Booklet Terintegrasi Video Pembelajaran Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Materi Relasi Dan Fungsi. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(1), 188–201. <https://doi.org/10.55606/jurrimipa.v2i1.778>

- Ma'rifah, U. (2017). Pengembangan E-Magazine Berbasis Website Sebagai Media Pembelajaran IPA Biologi Untuk Memberdayakan Kemampuan Berpikir Kritis. (Skripsi). (*Doctoral Dissertation, UIN Raden Intan Lampung*, 1–140.
- Maimunah, M. (2016). Penggunaan Model Pembelajaran Science Environment Technology and Society (Sets) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Sikap Ilmiah. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 6(2), 134–140. <https://doi.org/10.30998/formatif.v6i2.947>
- Mayasari, A., Asrizal, A., & Usmeldi, U. (2023). The Effect Size Pengaruh Pembelajaran Berbasis Sets Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Siswa. *Lensa (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 67–76. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i1.301>
- Misrom, N. S., Abdurrahman, M. S., Abdullah, A. H., Osman, S., Hamzah, M. H., & Fauzan, A. (2020). Enhancing students' higher-order thinking skills (HOTS) through an inductive reasoning strategy using geogebra. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(3), 156–179. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i03.9839>
- Nuraida, N., Susanti, T., & Jailani, M. S. (2022). Desain E-Magazine Pada Mata Pelajaran Biologi Bermuatan High Order Thingking Skill (HOTS) Untuk Siswa SMA/MA. *Jurnal Biotek*, 10(1), 83–101. <https://doi.org/10.24252/jb.v10i1.26052>
- Pratiwi, K., Lukitasari, M., Yuhanna, W. L., Studi, P., & Biologi, P. (2020). Pengembangan lks berbasis high order thinking skills (hots) dengan jumping task (jt) pada materi daur biogeokimia sma kelas x. *Prosiding Seminar Nasional SIMBIOSIS*, 5(2013), 48–56.
- Rahmaniati, R., & Supramono, D. A. N. (2015). 1) 1) 2). 14, 194–200.
- Rahmawati, L. H., & Wiharto, M. (2023). Pengembangan Media Pop Up Book Berbasis Video Animasi 3D Materi Daur Biogiokimia Kelas X SMA. *Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA UNM: Inovasi Sains Dan Pembelajarannya:*

- Tantangan Dan Peluang*, 11(1), 608–619.
<https://journal.unm.ac.id/index.php/semnasbio/article/view/1048>
- Ramadhani, R., & Amudi, A. (2020). Efektifitas Penggunaan Modul Matematika Dasar Pada Materi Bilangan Terhadap Hasil Belajar. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(1), 64. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i1.2443>
- Ramli, I. U., Kurniasih, S., & Herawati, D. (2023). Pengembangan e-magazine untuk meningkatkan keterampilan argumentasi siswa pada materi pembelajaran virus. *Jurnal Edukasi Dan Sains Biologi*, 5(1), 8–12.
<https://doi.org/10.37301/esabi.v5i1.38>
- Rika Widianita, D. (2023). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam*, VIII(I), 1–19.
- RISKAYANTI, Y. (2021). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis, Komunikasi, Kolaborasi Dan Kreativitas Melalui Model Pembelajaran Project Based Learning Di Sma Negeri 1 Seteluk. *SECONDARY: Jurnal Inovasi Pendidikan Menengah*, 1(2), 19–26. <https://doi.org/10.51878/secondary.v1i2.117>
- Riyan Afriany. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Pada Sub Materi Daur Biogeokimia Di Kelas X SMA Negeri 1 Darangdan. *Inspirasi Dunia: Jurnal Riset Pendidikan Dan Bahasa*, 3(2), 129–139. <https://doi.org/10.58192/insdun.v3i2.2093>
- Rohmatun, H., & Rasyid, A. (2022). Model Pembelajaran SETS (Science, Environment, Teknologi, Society) Berbantuan Media Video Terhadap Pemahaman Konsep Siswa. *Seminar Nasional Pendidikan*, 118–125.
<https://prosiding.unma.ac.id/index.php/semnasfkip/article/view/789>
- Roihanah, S., Salsabilla, S., Saiful, M. M., Firmandani, T. G., Ratna, Y., Listiawati, S. I., & Husamah, H. (2022). Proyek “Merawat daur biogeokimia bumi” sebagai penguatan profil pelajar pancasila. *Jurnal Pendidikan Profesi Guru*, 3(3), 86–99.

<https://doi.org/10.22219/jppg.v3i3.24009>

Saleh & Syahrudin, D. (2023). *Media Pembelajaran*. 1–77.
<https://repository.penerbiteureka.com/publications/563021/media-pembelajaran>

Sudrajat, W. S. (2023). Skripsi: Pengembangan E-Modul Berbasis SETS (Science, Environment, Technology, Society) Integrasi Keislaman Pada Materi Ekologi. *Repository.Uinjkt.Ac.Id*.

<https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/75764>

Susilawati, E., Agustinasari, A., Samsudin, A., & Siahaan, P. (2020). Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(1), 11–16. <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1453>

Wardani, E. F., & Miftakhi, D. R. (2021). Pengembangan E-Bahan Ajar Berbasis SETS (Science, Environment, Technology and Society) Terintegrasi Potensi Lokal pada Pendidikan Lingkungan Hidup. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 4(2), 372–385. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v4i2.2943>

Wijaya, W. S., Feronika, T., & Fairusi, D. (2018). Penerapan Problem Based Learning Berpendekatan Sets Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 3(1), 94–103. <https://doi.org/10.15575/jtk.v3i1.2338>

Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>

Yendrita, Y., Nengsi, S., & LR, I. (2023). Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berbasis Sets (Science, Environment, Teknologi And Society) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Menara Ilmu*, 17(1), 53–60. <https://doi.org/10.31869/mi.v17i1.4747>

Yusuf, M. (2018). Efektivitas Perangkat Pembelajaran Berbasis Keterampilan Proses untuk Meningkatkan dari Kemampuan Akademik. *Pedagogia : Jurnal Pendidikan*, 3833, 1–15. <http://ojs.umsida.ac.id/index.php/pedagogia/index>

Zahroh, D. A., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan e-LKPD Berbasis Literasi Sains untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 605–616. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p605-616>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keputusan Dosen Pembimbing

 YAYASAN PAKUAN SILIWANGI UNIVERSITAS PAKUAN FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN <i>Bermitu, Mandiri dan Berkepribadian</i> Jalan Pakuan Kota Pos 412, E-mail: kep@upk.ac.id, Telpom (021) 4975608 Bogor									
SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS PAKUAN Nomor : 39/1056/DPK/06/2024									
TENTANG PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS PAKUAN DEKAN FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN									
Menyisilang :	1. bahwa demi kepentingan peningkatan akademik, perlu adanya bimbingan terhadap mahasiswa dalam menyusun skripsi sesuai dengan peraturan yang berlaku. 2. bahwa perlu menetapkan pengangkatan pembimbing skripsi bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pakuan. 3. Skripsi merupakan syarat mutlak bagi mahasiswa untuk menyelesaikan ujian Sarjana. 4. Ujian Sarjana harus diselenggarakan dengan baik.								
Mengingat :	1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional. 2. Peraturan Pemerintah Nomor 32 Tahun 2013 Mengaplikasikan Perubahan dari Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005, tentang Standar Nasional Pendidikan. 3. Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 2010, tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan. 4. Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002, tentang Pendidikan Tinggi. 5. Keputusan Rektor Universitas Pakuan Nomor 150/KEP/REK/06/2021, tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Antar Waktu Dosen Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pakuan Masa Bakti 2021-2025.								
Memperhatikan :	Laporan dan pemantauan Ketua Program Studi Pendidikan Biologi dalam rapat staf pimpinan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pakuan.								
KEPUTUSAN									
Menetapkan Pertama :	Mengangkat Saudara <table border="0"> <tr> <td>Prof. Dr. Nito Retnowati, M. S.</td> <td style="vertical-align: top;">Pembimbing Utama</td> </tr> <tr> <td>Dina Dyah Saput, M. Si</td> <td style="vertical-align: top;">Pembimbing Pendamping</td> </tr> </table>	Prof. Dr. Nito Retnowati, M. S.	Pembimbing Utama	Dina Dyah Saput, M. Si	Pembimbing Pendamping				
Prof. Dr. Nito Retnowati, M. S.	Pembimbing Utama								
Dina Dyah Saput, M. Si	Pembimbing Pendamping								
	<table border="0"> <tr> <td>Nama</td> <td style="vertical-align: top;">NAURA RAHMAMA</td> </tr> <tr> <td>NPM</td> <td style="vertical-align: top;">036521610</td> </tr> <tr> <td>Program Studi</td> <td style="vertical-align: top;">PENDIDIKAN BIOLOGI</td> </tr> <tr> <td>Judul Skripsi</td> <td style="vertical-align: top;">PENGEMBANGAN E-MAGAZINE BIOGEOKIMIA BERBASIS SETS UNTUK MEMBUDIDHAKEAN BERPIKIR KRITIS</td> </tr> </table>	Nama	NAURA RAHMAMA	NPM	036521610	Program Studi	PENDIDIKAN BIOLOGI	Judul Skripsi	PENGEMBANGAN E-MAGAZINE BIOGEOKIMIA BERBASIS SETS UNTUK MEMBUDIDHAKEAN BERPIKIR KRITIS
Nama	NAURA RAHMAMA								
NPM	036521610								
Program Studi	PENDIDIKAN BIOLOGI								
Judul Skripsi	PENGEMBANGAN E-MAGAZINE BIOGEOKIMIA BERBASIS SETS UNTUK MEMBUDIDHAKEAN BERPIKIR KRITIS								
Kedua :	Kapada yang bersangkutan diberikan hak dan tanggung jawab serta kewajiban sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Pakuan.								
Ketiga :	Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan selama 1 (satu) tahun, dan apabila di kemudian hari ternyata terdapat inkonsistensi dalam keputusan ini akan diadakan perbaikan seperlunya.								
 Dekan di Bogor pada tanggal 26 November 2024 Dr. Retnowati, M.Si NPM 1.0094.021.005									
Tembusan : 1. Rektor Universitas Pakuan 2. Wakil Rektor I, II, dan III Universitas Pakuan									

Lampiran 2 Surat Pendahuluan Penelitian



YAYASAN PAKUAN SILIWANGI
UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Bermutu, Mandiri dan Berkypribadian
Jalan Pakuan Kota Pos. 452, E-mail: kip@unpak.ac.id, Telepon (0251) 8379608 Bogor

Nomor : 8821/WADEK/IFKIP/XII/2024

09 Oktober 2024

Perihal : Prapenelitian

Yth. SMAN 1 Cisarai
di
Tempat

Dalam rangka penyusunan skripsi, dengan ini kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk memberikan izin kepada mahasiswa:

Nama : NAURA RAIHANA
NPM : 036121019
Program Studi : PENDIDIKAN BIOLOGI

melakukan prapenelitian di lingkungan instansi yang Bapak/Ibu pimpin.

Atas perhatian dan bantuan Bapak/Ibu, kami mengucapkan terima kasih.

an Dekan
Wakil Dekan
Bidang Akademik dan kemahasiswaan

Dr. Sandi Budiana, M.Pd.
NIK. 11006025469

Lampiran 3 Surat Keterangan Selesai Penelitian

	PEMERINTAH PROVINSI JAWA BARAT SMA NEGERI 1 CIAWI KABUPATEN BOGOR Jalan Veteran III Ciawi, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16720 Telp. (0251) 8240444 www.sman1ciawibogor.sch.id e-mail: sman1ciawi_bogor@yahoo.com																	
<u>SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN</u> Nomor : 303/TU.01.02/SMAN/V/2025																		
Yang bertanda tangan dibawah ini : <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Nama</td> <td>: Fitriyani, S.Si.,M.Pd.</td> </tr> <tr> <td>NIP</td> <td>: 198208082009022001</td> </tr> <tr> <td>Jabatan</td> <td>: Plt. Kepala Sekolah</td> </tr> <tr> <td>Instansi</td> <td>: SMA Negeri 1 Ciawi Kabupaten Bogor</td> </tr> </table> Dengan ini menerangkan bahwa mahasiswa/i yang beridentitas : <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Nama</td> <td>: Naura Raihana</td> </tr> <tr> <td>NPM</td> <td>: 036121019</td> </tr> <tr> <td>Program Studi</td> <td>: Pendidikan Biologi</td> </tr> <tr> <td>Penguruan Tinggi</td> <td>: Universitas Pakuan</td> </tr> </table> Telah selesai melaksanakan penelitian di SMA Negeri 1 Ciawi Kabupaten Bogor selama 4 (empat) bulan terhitung mulai Februari 2025 sampai dengan Mei 2025 mengenai <i>PENGEMBANGAN E-MAGAZINE BIOGEOKIMIA BERBASIS SETS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS</i> Demikian surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.  23 Mei 2025 Plt. Kepala Sekolah <i>Fitriyani</i> Fitriyani, S.Si., M.Pd NIP. 198208082009022001			Nama	: Fitriyani, S.Si.,M.Pd.	NIP	: 198208082009022001	Jabatan	: Plt. Kepala Sekolah	Instansi	: SMA Negeri 1 Ciawi Kabupaten Bogor	Nama	: Naura Raihana	NPM	: 036121019	Program Studi	: Pendidikan Biologi	Penguruan Tinggi	: Universitas Pakuan
Nama	: Fitriyani, S.Si.,M.Pd.																	
NIP	: 198208082009022001																	
Jabatan	: Plt. Kepala Sekolah																	
Instansi	: SMA Negeri 1 Ciawi Kabupaten Bogor																	
Nama	: Naura Raihana																	
NPM	: 036121019																	
Program Studi	: Pendidikan Biologi																	
Penguruan Tinggi	: Universitas Pakuan																	

Lampiran 4 Hasil Wawancara

Pertanyaan	Jawaban
Di sekolah ini memakai kurikulum apa	Di SMAN 1 Ciawi dari kelas X sampai kelas XII sudah menggunakan kurikulum merdeka belajar
Bagaimana proses KBM di sini terutama cara ibu mengajar di kelas	Karena sudah menggunakan kurikulum merdeka belajar jadi siswa dituntut aktif, kegiatan belajar tidak selalu berpusat pada guru tetapi siswa juga berperan aktif untuk mencari tahu tentang materi. Jadi terkadang siswa membuat bahan prsentasi untuk materi-materi yang akan pelajari nantinya. Karena menggunakan kurikulum merdeka siswa memiliki hari yang telah ditentukan yang dimana siswa membuat sebuah tugas proyek seperti membuat rangka hewan yang nantinya akan digunakan sebagai media pembelajaran.
Pada pembelajaran biologi materi apa yang sulit untuk dipahami oleh siswa	Untuk materi yang sulit di kelas X itu dimateri ekosistem dimana ada sub bab biogeokimia. Sub bab biogeokimia sulit untuk siswa dapat memahami siklus-siklus terjadi.
Pada materi biogeokimia tersebut faktor apa yang menjadi hambatan untuk siswa dapat memahami materi tersebut	Dalam biogeokimia ini mencakup lima siklus yaitu siklus karbon, Nitrogen, air, fosfor, sulfur. Dimana siklus yang terjadi begitu kompleks karena dalam satu siklus mencakup beberapa disiplin ilmu yaitu biologi, kimia, dan geografis terlebih lagi dengan keterlibatan beberapa senyawa yang sulit untuk dihafalkan, sehingga siswa terhambat untuk memahami siklus-siklus yang ada.
Pada materi biogeokimia tersebut biasanya kegiatan belajar mengajar menggunakan apa	Untuk kegiatan belajar menggunakan PPT, melakukan kegiatan diskusi. Karena untuk materi biogeokimia ataupun ekosistem belum ada media pembelajaran mengenai materi ini karena materi ini terbilang cukup aptrak tetapi jika untuk materi laian seperti organ tubuh dan lainnya di sekolah ini sudah lengkap untuk siswa dapat melihat langsung dan memegangnya.

Apakah ibu pernah melakukan penilaian tentang tingkat berpikir kritis siswa	Untuk penilaian berpikir siswa sudah pernah dilakukan karena untuk kurikulum sudah merdeka belajar dan juga disekolah sudah terintegrasi pada P5 (projek penguatan profil pelajar pancasila) dimana P5 ini memiliki enam dimensi utama yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berakhlak mulia, 2) Berkebinekaan global, 3) bergotong royong, 4) mandiri, 5) bernalar kritis, 6) kreatif. Biasanya siswa diberikan soal soal uraian HOTS.
Bagaimana nilai yang diperoleh dari soal HOTS yang diberikan	Untuk nilai yang dihasilkan jika siswa mengerjakan soal tanpa adanya sumber informasi yang dapat mereka gunakan seperti Hp dan buku nilai yang diperoleh cenderung kecil tetapi jika siswa dapat mencari informasi jawaban dari Hp dan buku nilai cenderung tinggi.

Lampiran 5 kuosioner

No	Pertanyaan	Skor				
		1	2	3	4	5
1	Saya selalu menganalisis kebenaran dari suatu argumen atau suatu permasalahan					
2	Saya mampu memahami maksud dari pertanyaan atau pernyataan dalam soal yang kompleks.					
3	Saya sering mengamati dan menelaah alasan di balik suatu pendapat sebelum menerimanya.					
4	Saya dapat menarik kesimpulan logis dari informasi yang tersedia.					
5	Saya dapat menarik kesimpulan logis dari informasi yang tersedia.					
6	Saya membutuhkan bimbingan untuk mengembangkan cara berpikir yang logis dan analitis.					
7	Saya mampu mengevaluasi kekuatan atau kelemahan suatu argumen dalam diskusi kelas.					
8	Saya mampu menjelaskan langkah-langkah pemikiran saya dalam menyelesaikan suatu masalah.					
9	Berpikir kritis penting untuk memecahkan masalah dalam pelajaran.					
10	Saya mengerjakan soal yang membutuhkan penalaran, bukan hanya hafalan.					

Lampiran 6 Surat Validator



UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Bermutu, Mandiri dan Berkepribadian

Nomor : 533/WADEK I/FKIP/IV/2025
 Perihal : Permohonan Validator Data

24 April 2025

Yth. Bapak Lufty Hari Susanto, M.Pd.
 Dosen FKIP Universitas Pakuan
 Bogor

Dengan hormat,

Sehubungan dengan permohonan mahasiswa dengan identitas sebagai berikut:

Nama : Naura Raihana
 NPM : 036121019
 Program Studi : Pendidikan Biologi

kami mohon kesediaan Bapak untuk menjadi validator data yang diperlukan oleh mahasiswa tersebut dalam penyusunan skripsi.

Demikian permohonan ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak, kami ucapkan terima kasih.

Wakil Dekan
 Bidang Akademik dan Kemahasiswaan,



Desandi Budiana, M.Pd.
 NIK 1.1006 025 469



UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Bermutu, Mandiri dan Berkepribadian

Nomor : 533/WADEK I/FKIP/IV/2025
 Perihal : Permohonan Validator Data

24 April 2025

Yth. Ibu Dr. Rita Istiana, M.Pd.
 Dosen FKIP Universitas Pakuan
 Bogor

Dengan hormat,

Sehubungan dengan permohonan mahasiswa dengan identitas sebagai berikut:

Nama : Naura Raihana
 NPM : 036121019
 Program Studi : Pendidikan Biologi

kami mohon kesediaan Ibu untuk menjadi validator data yang diperlukan oleh mahasiswa tersebut dalam penyusunan skripsi.

Demikian permohonan ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Wakil Dekan
 Bidang Akademik dan Kemahasiswaan,



Dr. Saldi Budiana, M.Pd.
 NIK 1.1006 025 469



UNIVERSITAS PAKUAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Bermutu, Mandiri dan Berkepribadian

Nomor : 533/WADEK/IFKIP/IV/2025
 Perihal : Permohonan Validator Data

24 April 2025

Yth. Bapak Dr. Dadang Jaenudin, M.Si.
 Dosen FKIP Universitas Pakuan
 Bogor

Dengan hormat,

Sehubungan dengan permohonan mahasiswa dengan identitas sebagai berikut:

Nama : Naura Raihana
 NPM : 036121019
 Program Studi : Pendidikan Biologi

kami mohon kesediaan Bapak untuk menjadi validator data yang diperlukan oleh mahasiswa tersebut dalam penyusunan skripsi.

Demikian permohonan ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak, kami ucapkan terima kasih.

Wakil Dekan
 Bidang Akademik dan Kemahasiswaan,



Dr. Sandi Budiana, M.Pd.
 NIK. 1.1006 025 469