

**PENGEMBANGAN MEDIA *AUGMENTED REALITY* (AR)
MELALUI ASSEMBLR STUDIO
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA
PADA MATERI DAUR BIOGEOKIMIA
KELAS X DI MAN 3 BANYUWANGI
TAHUN AJARAN 2024/2025**



**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R**

oleh:

Agustina Fajriatin Haizatul Muna
NIM : 212101080031

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ JEMBER
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN
JUNI 2025**

**PENGEMBANGAN MEDIA *AUGMENTED REALITY* (AR)
MELALUI ASSEMBLR STUDIO
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA
PADA MATERI DAUR BIOGEOKIMIA
KELAS X DI MAN 3 BANYUWANGI
TAHUN AJARAN 2024/2025**

SKRIPSI

diajukan kepada Universitas Islam Negeri
Kiai Haji Achmad Siddiq Jember
untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)
Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Jurusan Pendidikan Sains
Program Studi Tadris Biologi



oleh:

Agustina Fajriatin Haizatul Muna
NIM : 212101080031

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ JEMBER
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN
JUNI 2025**

**PENGEMBANGAN MEDIA *AUGMENTED REALITY* (AR)
MELALUI ASSEMBLR STUDIO
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA
PADA MATERI DAUR BIOGEOKIMIA
KELAS X DI MAN 3 BANYUWANGI
TAHUN AJARAN 2024/2025**



SKRIPSI

diajukan kepada Universitas Islam Negeri
Kiai Haji Achmad Siddiq Jember
untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)
Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Jurusan Pendidikan Sains
Program Studi Tadris Biologi

oleh:

Agustina Fajriatin Haizatul Muna
NIM: 212101080031

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

Disetujui Pembimbing

Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd.
NIP. 199210312019031006

**PENGEMBANGAN MEDIA *AUGMENTED REALITY* (AR)
MELALUI ASSEMBLR STUDIO
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA
PADA MATERI DAUR BIOGEOKIMIA
KELAS X DI MAN 3 BANYUWANGI
TAHUN AJARAN 2024/2025**

SKRIPSI

telah diuji dan diterima untuk memenuhi salah satu
persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Program Studi Tadris Biologi

Hari: Selasa
Tanggal: 24 Juni 2025

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

Dr. Indah Wahyuni, M.Pd
NIP.198003062011012009

Dr. Abdillah Fathul Wahab, M.Kes.
NIP.198912212023211019

Anggota :

1. Dr. Hj. Umi Fariyah, M.M, M.Pd

2. Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd.

Menyetujui

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan



Dr. H. Abdul Mu'ls, S.Ag. M.Si.
NIP. 197304242000031005

MOTTO

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَالْفَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْرُؤٍ ۝١٩

Artinya; “Dan kami telah menghamparkan bumi, memancangkan padanya gunung-gunung, dan menumbuhkan di sana segala sesuatu menurut ukuran (-nya). (QS. Al-Hijr [15]:19).”¹



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

* Departemen Agama Republik Indonesia, *Mushaf Aisyah Al-Qur'an Terjemah Dan Tafsir Untuk Wanita* (Bandung;Jabal, 2010). 226

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini penulis persembahkan kepada.

1. Teruntuk kedua orang tua tersayang, bapak Abdul Wahid dan ibu Siti Munawaroh yang senantiasa mendo'akan dan memberikan dukungan setiap langkah baik yang diambil, penulis persembahkan gelar sarjana ini sebagai bukti atas perjuangan yang tak kenal lelah semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan
2. Adik tercinta Moh. Firman Syifaul Jannan dan Alesha Kamila Azzahra yang telah memberikan warna dan semangat dalam proses studi penulis.
3. Nenek Janipah, Paman dan kakak perempuan dari ibu yang sudah seperti orang tua bagi penulis, kakak sepupu Dian Warda dan Ikbal yang terus memberikan dukungan dan do'a dalam menyelesaikan studi penulis.

ABSTRAK

Agustina Fajriatin Haizatun Muna, 2025: *Pengembangan Media Augmented Reality (AR) melalui Assembler Studio untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Daur Biogeokimia Kelas X di MAN 3 Banyuwangi Tahun Ajaran 2024/2025.*

Kata kunci: *Augmented Reality*, Kemampuan Berpikir Kritis, Daur Biogeokimia

Kemampuan berpikir kritis peserta didik MAN 3 Banyuwangi masih tergolong rendah sebagaimana hasil penelitian awal yang dilakukan peneliti terindikasi bahwa sebanyak 25% peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis yang rendah dan sebanyak 41,7% peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis cukup. Selain itu, media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran sebagian besar hanya berupa teks dengan beberapa video pembelajaran. Belum ditemukan penggunaan media pembelajaran yang variatif untuk mendukung peserta didik dalam memberdayakan kemampuan berpikir kritisnya terutama pada materi pembelajaran yang bersifat abstrak seperti materi daur biogeokimia. Pengembangan media *Augmented reality* dapat menjadi usulan solusi dari permasalahan ini, mengingat teknologi ini memiliki kemampuan memberikan pengalaman untuk mengamati objek virtual yang diproyeksikan pada dunia nyata. Sebanyak 83% peserta didik mendukung dikembangkannya media *Augmented reality* untuk membantu pembelajaran Daur Biogeokimia mereka.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah (i) bagaimana tingkat kevalidan, (ii) respon peserta didik, dan (iii) keefektivan dari media *Augmented reality* pada materi daur biogeokimia melalui *Assembler studio* yang dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik di MAN 3 Banyuwangi.

Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Model penelitian pengembangan yang digunakan adalah Model ADDIE, yang terdiri dari 5 tahapan yaitu *Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation*. Tekni pengumpulan data yang dilakukan antara lain wawancara, pemberian angket, dan pemberian tes. Instrumen pengumpulan data berupa lembar pedoman wawancara, angket validasi ahli, angket uji coba produk, dan lembar tes kemampuan berpikir kritis yaitu soal *pretest-posttest*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (i) produk yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat valid. Hal ini dibuktikan oleh hasil uji validitas dari ahli materi sebesar 88%, ahli media sebesar 95%, dan ahli evaluasi sebesar 96%. Semua hasil validasi tersebut dikategorikan sangat valid. (ii) Produk yang dikembangkan juga terkategori sangat menarik. Hal ini terbukti melalui hasil uji coba kelompok kecil yang mendapatkan respons peserta didik sebesar 94,25% dengan kategori sangat menarik, dan hasil uji coba kelompok besar sebesar 93,33%. (iii) hasil uji efektivitas menggunakan uji *N-Gain* memperoleh nilai 0,75, dengan kriteria $\geq 0,70$ yang masuk kategori tinggi. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran *Augmented Reality* cukup efektif diterapkan dalam pembelajaran.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segenap puji syukur penulis sampaikan kepada Allah karena atas Rahmat dan Karunia-Nya, perencanaan, pelaksanaan, dan penyelesaian skripsi sebagai salah satu syarat menyelesaikan program sarjana dapat terselesaikan dengan lancar. Keberhasilan ini dapat penulis peroleh dari dukungan beberapa pihak, oleh karena itu, penulis menyadari dan menyampaikan terimakasih sedalam-dalamnya kepada.

1. Bapak Prof. Dr. H. Hefni S.Ag., M.M. selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Kiai Haji Achmad Siddiq Jember yang telah menerima penulis sebagai mahasiswa di UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember.
2. Bapak Dr. Abd. Muis, S.Ag., M.Si. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Universitas Islam Negeri (UIN) Kiai Haji Achmad Siddiq Jember yang telah membimbing dalam proses perkuliahan.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd. Ketua Jurusan Pendidikan Sains Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Universitas Islam Negeri (UIN) Kiai Haji Achmad Siddiq Jember yang telah membimbing dalam proses perkuliahan.
4. Ibu Dr. Wiwin Maisyaroh, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Tadris Biologi Universitas Islam Negeri (UIN) Kiai Haji Achmad Siddiq Jember yang telah memberikan waktunya untuk membimbing dalam memberikan persetujuan skripsi.
5. Bapak Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis dalam proses penyusunan skripsi yang sekaligus menjadi

Dosen Pembimbing Akademik.

6. Kepada seluruh dosen Universitas Islam Negeri (UIN) Kiai Haji Achmad Siddiq Jember yang telah memberikan ilmu kepada penulis dengan sabar dan Ikhlas selama penulis berada dalam bangku perkuliahan.
7. Kepada Ibu Ira Nurmawati, M.Pd. yang sudah bersedia menjadi dosen validator ahli evaluasi, Kepada Bapak Dr. Husni Mubarak, S.Pd., M.Pd yang sudah bersedia menjadi ahli validator media. Kepada Bapak Bayu Sandika, S.Si., M.Si yang sudah bersedia menjadi validator nateri.
8. Kepada Bapak Drs. Ahmad Suyuti, M.Pd.I Kepala Sekolah MAN 3 Banyuwangi yang telah berkenan menerima dan memberikan kesempatan dan kemudahan kepada penulis untuk melaksanakan kegiatan penelitian.
9. Kepada seluruh anggota dewan guru SMA Plus Al-Hasan yang telah mengizinkan penulis untuk penelitian di sekolah tersebut.
10. Seluruh peserta didik kelas X6 MAN 3 Banyuwangi angkatan 2024 yang telah membantu dalam penelitian.
11. Seluruh keluarga terimakasih sudah mendukung dan mendoakan penulis.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dalam skripsi ini. Dengan rendah hati, penulis sangat menghargai dan menerima kritik serta saran yang membangun demi tercapainya perbaikan di kemudian hari. Tidak ada kata lain yang dapat terucap selain do'a dan ucapan terima kasih yang tulus atas segala jasa yang telah diberikan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan balasan kebaikan, Amin ya Rabbal Alamin.

Jember, 24 Juni 2025

DAFTAR ISI

	Hal.
COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian dan Pengembangan	7
D. Spesifikasi Produk yang Diharapkan	8
E. Pentingnya Penelitian dan Pengembangan.....	9
F. Asumsi dan Keterbatasan Penelitian dan Pengembangan.....	11
G. Definisi Istilah atau Definisi Operasional.....	12
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	14

A. Penelitian Terdahulu	14
B. Kajian Teori	19
BAB III METODE PENELITIAN	51
A. Model Penelitian dan Pengembangan	51
B. Prosedur Penelitian dan Pengembangan	52
C. Uji Coba Produk.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	77
A. Penyajian Data Uji Coba.....	77
B. Analisis Data	104
C. Revisi Produk.....	110
BAB V KAJIAN DAN SARAN.....	116
A. Kajian Produk yang Telah direvisi.....	116
DAFTAR PUSTAKA.....	120
LAMPIRAN-LAMPIRAN	125

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

DAFTAR TABEL

No. Isi	Hal.
Tabel 2. 1 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu	17
Tabel 2. 2 Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	22
Tabel 3. 1 Storyboard.....	56
Tabel 3. 2 Uji Validitas	60
Tabel 3. 3 Skala Likert.....	60
Tabel 3. 4 Kisi-Kisi Angket Kebutuhan Siswa	62
Tabel 3. 5 Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Materi	63
Tabel 3. 6 Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Media	64
Tabel 3. 7 Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Evaluasi	65
Tabel 3. 8 Kisi-Kisi Angket Respon Peserta Didik	66
Tabel 3. 9 Kisi-Kisi Soal Essai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	66
Tabel 3. 10 Kriteria Respon Siswa.....	69
Tabel 3. 11 <i>One Group Pretest Posttest Design</i>	69
Tabel 3. 12 Kategori Persentase Aktivitas Siswa.....	70
Tabel 3. 13 Kategori Skor <i>N-Gain</i>	75
Tabel 3. 14 Kriteria Penentuan Keefektifan <i>N-Gain</i>	76
Tabel 4. 1 Hasil Wawancara	78
Tabel 4. 2 Analisis Sub Konsep	80
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Tujuan Pembelajaran	81
Tabel 4. 4 Rancangan Desain pada Media <i>Augmented reality</i>	83
Tabel 4. 5 Validasi Ahli Materi	91

Tabel 4. 6 Validasi Ahli Media	92
Tabel 4. 7 Validasi Ahli Evaluasi	94
Tabel 4. 8 Hasil Uji Skala Kecil.....	95
Tabel 4. 9 Hasil Uji Skala Besar	96
Tabel 4. 10 Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	98
Tabel 4. 11 Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk	99
Tabel 4. 12 Hasil Uji Wilcoxon	100
Tabel 4. 13 Hasil Uji Statistik.....	101
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Uji <i>N-Gain</i>	101
Tabel 4. 15 Deskriptif Statistik	102
Tabel 4. 16 Komentar dan Saran Para Ahli.....	103
Tabel 4. 17 Komentar dan Saran Ahli Materi	103
Tabel 4. 18 Komentar dan Saran Ahli Media	103
Tabel 4. 19 Komentar dan Saran Ahli Evaluasi.....	104
Tabel 4. 20 Hasil Revisi Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) Berdasarkan Saran dan Komentar Dari Validator Materi.....	112
Tabel 4. 21 Hasil Revisi Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) Berdasarkan Saran dan Komentar Dari Validator Media	113
Tabel 4. 22 Hasil Revisi Media Pembelajaran <i>Augmented Reality</i> (AR) Berdasarkan Saran dan Komentar Dari Validator Evaluasi.....	118

DAFTAR GAMBAR

No. Isi	Hal.
Gambar 2. 1 Logo Assemblr Studio.....	35
Gambar 2. 2 Daur Air Sumber: Gramedia.com	42
Gambar 2. 3 Daur Nitrogen (Sumber : Campbell et al., 2012)	44
Gambar 2. 4 Daur Karbon.....	45
Gambar 2. 5 Daur Fosfor (Sumber: Campbell et al., 2012).....	47
Gambar 2. 6 Daur sulfur Sumber: Sains.geoklik.	49
Gambar 3. 1 Diagram ADDIE (Branch)	51
Gambar 3. 2 Diagram ADDIE	52
Gambar 4. 1 Barcode produk Augmented reality	77
Gambar 4. 2 Cover Media.....	83
Gambar 4. 3 Menu Utama.....	84
Gambar 4. 4 Petunjuk Penggunaan Media.....	85
Gambar 4. 5 Menu Utama.....	85
Gambar 4. 6 Pengaturan Scale	86
Gambar 4. 7 Penambahan Narasi Teks	86
Gambar 4. 8 Penambahan Interaktivitas	87
Gambar 4. 9 Impor Media AR	87
Gambar 4. 10 Daur Hidrologi	88
Gambar 4. 11 Daur Sulfur.....	89
Gambar 4. 12 Daur Nitrogen.....	89
Gambar 4. 13 Daur Karbon.....	90
Gambar 4. 14 Daur Fosfor	90

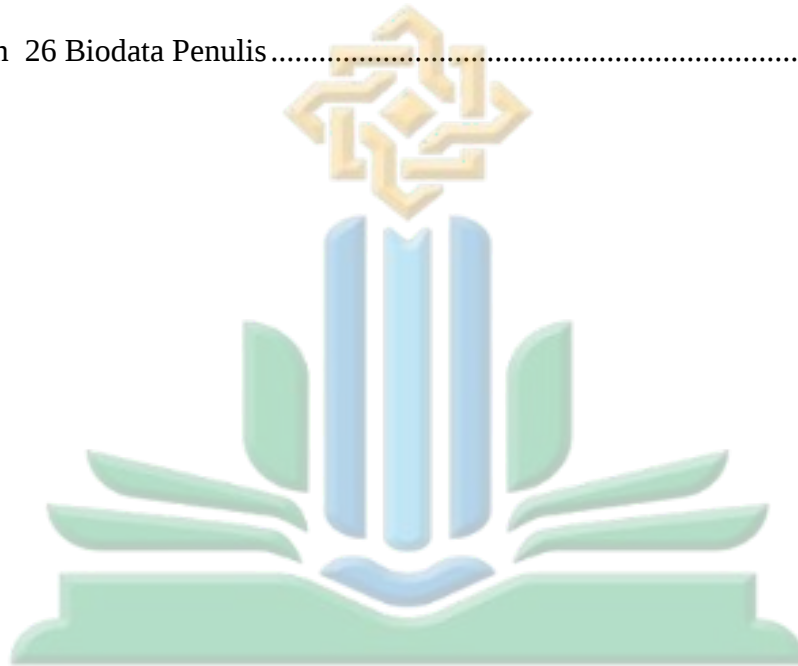
Gambar 4. 15 Peserta Didik Sedang Menggunakan Media AR.....	106
---	-----



DAFTAR LAMPIRAN

Isi	Hal.
Lampiran 1 Surat Pernyataan Tulisan	125
Lampiran 2 Surat Keterangan Penelitian	126
Lampiran 3 Surat Keterangan Selesai Penelitian	127
Lampiran 4 Jurnal Penelitian	128
Lampiran 5 Pedoman Wawancara	129
Lampiran 6 Hasil Wawancara	130
Lampiran 7 Angket Kebutuhan Siswa	131
Lampiran 8 Hasil Angket Analisis Kebutuhan Siswa	132
Lampiran 9 Dokumentasi Wawancara	133
Lampiran 10 Validasi Ahli Materi	134
Lampiran 11 Hasil Validasi Ahli Materi	138
Lampiran 12 Validasi Ahli Media	142
Lampiran 13 Hasil Validasi Ahli Media	146
Lampiran 14 Validasi Ahli Evaluasi	151
Lampiran 15 Hasil Validasi Ahli Evaluasi	155
Lampiran 16 Angket Peserta Didik	158
Lampiran 17 Hasil Angket Peserta Didik	161
Lampiran 18 Rekapitulasi Hasil Uji Coba Respon Peserta Didik Skala Kecil ..	164
Lampiran 19 Rekapitulasi Hasil Uji Coba Respon Peserta Didik Skala Besar .	165
Lampiran 20 Rekapitulasi Penskoran Hasil <i>Pretest</i>	166
Lampiran 21 Rekapitulasi Penskoran Hasil <i>Posttest</i>	167

Lampiran 22 Perangkat Pembelajaran	168
Lampiran 23 Hasil Pretest- Posttest	199
Lampiran 24 Media Augmented Reality	206
Lampiran 25 Dokumentasi	207
Lampiran 26 Biodata Penulis	210



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan pada dasarnya bersifat reaktif, karena teknologi baru dikembangkan di industri lain dan kemudian diterapkan pada budaya dan sistem pendidikan saat ini. Pendidikan 4.0 memainkan peran utama dalam paradigma pendidikan yang sedang berkembang dengan menerapkan keterampilan yang relevan.¹ Teknologi digital telah merevolusi dunia pendidikan untuk memenuhi kebutuhan belajar yang semakin bervariasi.² Perkembangan digitalisasi dalam bidang pendidikan merupakan wujud dari pemanfaatan teknologi untuk memenuhi kebutuhan, kelangsungan, dan peningkatan kualitas dalam berbagai disiplin ilmu. Hal tersebut telah diatur dalam Undang-Undang (UU) Nomor 11 Tahun 2019 Tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.³ Integrasi teknologi dalam pendidikan merupakan upaya sistematis dalam menggabungkan berbagai perangkat, aplikasi, dan sumber daya digital, untuk memenuhi kebutuhan belajar siswa. Kombinasi tersebut menjadi agen perubahan sistem pendidikan pada abad 21 terutama di Indonesia sejak penerapan kurikulum merdeka tahun 2021.⁴

¹ Knqi Wang et al., "Evaluate the Drivers for Digital Transformation in Higher Education Institutions in the Era of Industry 4.0 Based on Decision-Making Method," *Journal of Innovation & Knowledge* 8, no. 3 (July 2023): 100364, <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100364>. *Jurnal of Innovation & Knowledge*, no. 8 (2023):2, <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100364>.

² Miasri et al., "Teknologi Pendidikan Sebagai Jembatan Reformasi Pembelajaran Di Indonesia Lebih Maju." Wang et al. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, no. 1 (2022):53-54, <http://dx.doi.org/10.31602/jmpd.v2i1.6390>.

³ Undang-Undang (UU) Nomor 11 Tahun 2019 tentang sistem nasional ilmu pengetahuan dan teknologi, Pub. L. No. 11 (2024), <https://peraturan.bpk.go.id/Details/117023/UU-No-11-Tahun-2019>.

⁴ Mulik Cholilah et al., "Pengembangan Kurikulum Merdeka Dalam Satuan Pendidikan

Pendidikan berperan penting untuk menyiapkan generasi yang unggul serta mampu menghadapi tantangan dan perubahan dalam perkembangan zaman.

Pendidikan abad 21 lebih menekankan pada aktivitas untuk melatih keterampilan siswa atau lebih dikenal dengan istilah 4C (*Creativity, Critical Thinking, Communication, Collaboration*) dalam kegiatan pembelajaran.⁵ Terdapat sepuluh keterampilan teratas yang paling dibutuhkan dimasa depan salah satunya adalah keterampilan berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis merupakan suatu keterampilan berpikir yang rasional dan reflektif, dengan berfokus pada keyakinan serta pengambilan keputusan, kemampuan ini melibatkan akses analisis dan sintesis terhadap pengetahuan yang telah dipelajari, dilatih dan dikuasai. Penguasaan keterampilan ini penting dijadikan dasar atas keberhasilan yang semakin berkembang dan dinamis pada masa yang akan datang.⁶ Keterampilan peserta didik merupakan sebuah jenis *softskills* yang dapat bermanfaat dan dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari selain *hardskills* yang dimilikinya. Dengan mampu menguasai dan menerapkan kemampuan berpikir kritis maka peserta didik telah mengembangkan kompetensi dalam memperoleh informasi dan gagasan serta dapat menyelesaikan masalah secara lebih efektif dan membuat keputusan

Serta Implementasi Kurikulum Merdeka Pada Pembelajaran Abad 21,” *Sanskara Pendidikan Dan Pengajaran* 1, no. 02 (May 31, 2023): 56–67, <https://doi.org/10.58812/spp.v1i02.110>. *Sanskara Pendidikan dan Pengajaran*, 01, no. 02 (2023):57-66, <https://doi.org/10.58812/spp.v1i02.110>.

⁵ Ryan Gabriel Siringoringo and Muhamad Yanuar Alfaridzi, “Pengaruh Integrasi Teknologi Pembelajaran terhadap Efektivitas dan Transformasi Paradigma Pendidikan Era Digital,” *Jurnal Yudistira : Publikasi Riset Ilmu Pendidikan dan Bahasa* 2, no. 3 (May 27, 2024): 66–76, <https://doi.org/10.61132/yudistira.v2i3.854>. *Jurnal Yudistira* 2, no. 3 (2024):67-68, <https://doi.org/10.61132/yudistira.v2i3.854>.

⁶ Weni Febrianti, Zulyusri Zulyusri, and Lufri Lufri, “Meta Analisis: Pengembangan Soal Hots Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik,” *Bioilmi: Jurnal Pendidikan* 7, no. 1 (January 1, 2021): 39–45, <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v7i1.9506>.

yang tepat.

Dalam menghadapi pesatnya perkembangan pendidikan tingkat kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia masih tergolong rendah hal tersebut diketahui dari meningkatnya ranking siswa pada PISA dan TIMSS yang menunjukkan Indoneasia menempati peringkat ke-64 dari 72 negara yang berpartisipasi pada PISA, dan menempati peringkat ke-45 dari 48 negara yang berpartisipasi pada TIMSS.⁷ Rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa diperkuat oleh hasil analisis kebutuhan terhadap peserta didik kelas X MAN 3 Banyuwangi yang belum maksimal dikembangkan. Hal tersebut dibuktikan dari hasil angket kebutuhan siswa sebanyak 25% peserta didik belum sama sekali meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan sebanyak 41,7% siswa menjawab kadang-kadang yang berarti belum maksimal dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Data tersebut diperoleh dari 12 responden yang menjawab pertanyaan melalui *Google form* pada tanggal 25 November 2024. Data tersebut diperkuat dari hasil wawancara pada tanggal 12 November 2024 dengan narasumber Ibu Wilis seorang guru biologi di MAN 3 Banyuwangi yang menyebutkan bahwa kemampuan berpikir kritis tidak pernah diukur secara spesifik sehingga dapat diasusikan peserta didik di MAN 3 Banyuwangi tergolong rendah karena belum optimal diberdayakan.

Untuk mengatasi rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa di MAN 3 Banyuwangi maka dilakukan upaya pengembangan media pembelajaran terutama pada materi daur biogeokimia yang tergolong abstrak dan tidak dapat

⁷ Weni Febrianti, Zulyusri Zulyusri, and Lufri Lufri, "Meta Analisis: Pengembangan Soal Hots Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik," 41

diamati secara langsung. Melalui visualisasi objek secara *real-time* untuk menangkap informasi tentang materi daur biogeokimia dengan objek atau lingkungan untuk mengenali pola-pola visual yang sesuai dengan materi tersebut, sehingga media pembelajaran berbasis *Augmented reality* berpotensi untuk lebih mengasah kemampuan berpikir kritis. Siswa dapat berinteraksi dengan objek virtual dalam lingkungan yang menyerupai dunia nyata menggunakan media *Augmented reality*. Media pembelajaran merupakan alat yang digunakan oleh pengajar (dalam hal ini guru) untuk menyampaikan materi kepada siswa. Penggunaan media pembelajaran berperan penting dalam meningkatkan pemahaman konsep biologi siswa sehingga mampu memahami materi dengan lebih menyeluruh dan efektif.⁸ Hal tersebut dijelaskan dalam Al-Quran Surah An-Nahl ayat 44⁹ sebagai berikut :

بِالْبَيِّنَاتِ وَالزُّبُرِ ۖ وَأَنْزَلْنَا إِلَيْكَ الذِّكْرَ لِتُبَيِّنَ لِلنَّاسِ مَا نُزِّلَ إِلَيْهِمْ وَلَعَلَّهُمْ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٤٤﴾

Artinya:“(Kami mengutus mereka) dengan (membawa) bukti-bukti yang jelas (mukjizat) dan kitab-kitab. Kami turunkan Az-Zikr (Al-Qur'an) kepadamu agar engkau menerangkan kepada manusia apa yang telah diturunkan kepada mereka agar mereka memikirkan”. (Q.S. An-Nahl [16]:44).

Pada penelitian ini peneliti telah mengembangkan media *Augmented reality* (AR) melalui *Assemblr studio* untuk melatih kemampuan berpikir kritis siswa. Melalui visualisasi objek secara *real-time* dengan mengeksplor keterlibatan siswa terhadap objek dan informasi yang disajikan, sebagaimana fitur *Augmented reality* yang mampu menyampaikan pengetahuan yang

⁸ Nurul Azizah, Imaniah Bazlina Wardani, and Ilham Saiful Fauzi, “The Development of Biology Practicum Guidebook Using Scientific Approach Based on Guided Inquiry for Senior High School Students,” *Journal of Science and Technological Education* 3, no. 1 (2024): 2–4.

⁹ Departemen Agama Republik Indonesia, *Mushaf Aisyah Al-Qur'an Terjemah Dan Tafsir Untuk Wanita* (Bandung:Jabal, 2010). 315

bersifat abstrak ke konteks yang dapat dipahami dengan baik serta media pembelajara *Augmented reality* didesain untuk mengasah kemampuan berpikir kritis. Dengan adanya pengembangan media AR dapat membantu peserta didik untuk aktif bertanya, menyampaikan pendapat, menyimpulkan pembelajaran dan terlibat langsung dalam pembelajaran sehingga dapat memicu siswa untuk mampu berpikir secara kritis. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dini yang menyebutkan bahwa dengan menerapkan media *Augmented Reality*, peserta didik dapat meningkatkan keterampilan intelektual dalam membangun dan memahami makna dari gambar yang ditampilkan, merupakan bentuk dari proses berpikir kritis.¹⁰ Selain itu juga dapat merangsang pola pikir berpikir kritis terhadap suatu permasalahan dan peristiwa yang terjadi pada kehidupan sehari-hari serta daya imajinatif dan keaktifan dalam mengikuti pembelajaran.

Dari hasil observasi awal yang dilakukan peneliti di MAN 3 Banyuwangi belum terdapat pengembangan media berbasis teknologi terbaru yang lebih variatif terutama untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Sejalan dengan temuan ini Ibu Wilis guru biologi di MAN 3 Banyuwangi menyatakan ketertarikan inovasi media pembelajaran *Augmented reality* untuk menunjang pembelajaran pada materi yang bersifat abstrak. Didukung dengan hasil analisis kebutuhan siswa yang memberikan tanggapan positif terhadap media *Augmented reality*, sehingga pengembangan media ini memiliki potensi sebagai media pembelajran yang inovatif pada materi daur

¹⁰ Dini Ashari, "Analisis Pemanfaatan Media Pembelajaran Augmented Reality (Ar) Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis," *Khazanah Pendidikan* 17, no. 1 (April 5, 2023): 176 <https://doi.org/10.30595/jkp.v17i1.16040>.

biogeokimia yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Saat ini, berbagai media pembelajaran berbasis teknologi telah banyak diterapkan, terutama dalam pembelajaran biologi. Beberapa di antaranya meliputi media pembelajaran 3D, video interaktif, laboratorium virtual, aplikasi pembelajaran misalnya Assemblr studio, media pembelajaran berbasis web serta masih banyak media lainnya.¹¹ Diantara media pembelajaran tersebut Assembler merupakan Salah satu aplikasi yang mendukung perkembangan *Augmented Reality*. Dengan teknologi *Augmented reality* yang diusungnya, aplikasi ini membuat proses pembelajaran menjadi lebih interaktif bagi para siswa. Sejalan dengan penelitian Laili *Assemblr studio* memungkinkan dapat membuat media pembelajaran interaktif yang sehingga mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar.¹² Dalam penelitiannya Siti Aisyah berhasil membuktikan bahwasannya penggunaan pengembangan assemblr studio dalam kegiatan pembelajaran terbukti dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik, dengan nilai N-gain sebesar 0,75 yang termasuk dalam kategori tinggi.¹³

Berdasarkan kajian tersebut maka perlu dilakukan penelitian terkait “Pengembangan *Augmented Reality* (AR) Melalui Assembler Studio Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Daur Biogeokimia Di

¹¹ Ghina Rohmatulloh, Najihah Fakhirah Siregar, and Riandi Ari Widodo, “Inovasi Media Pembelajaran 3 Dimensi Berbasis Teknologi Pada Pembelajaran Biologi,” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi* 08, no. 04 (2022): 139–46, <https://doi.org/https://doi.org/10.22437/bio.v8i4.19114>.

¹² Laili Maghfirotul Hamidah et al., “Pemanfaatan Media Digital Berbasis Web Assemblr Studio Sebagai Inovasi Pembelajaran Di Era Merdeka Belajar,” *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series* 7, no. 3 (August 18, 2024), <https://doi.org/10.20961/shes.v7i3.91782>.

¹³ Siti Aisyah Resliani Hanifah, “Pengembangan Modul Elektronik Berbasis Canva Dan Assemblr Studio Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Materi Fluida Statis” (Bandung., UIN Sunan Gunung Djati, 2024), 65

MAN 3 Banyuwangi Kelas X”. Hadirnya pengembangan media pembelajaran menggunakan ini diharapkan dapat menjadi inovasi media pembelajaran biologi khususnya materi Daur Biogeokimia dan solusi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam menghadapi perkembangan teknologi.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kevalidan media pembelajaran *Augmented reality* (AR) melalui Assemblr Studio yang dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi daur biogeokimia kelas X MAN 3 Banyuwangi tahun ajaran 2024/2025?
2. Bagaimana respon peserta didik media pembelajaran *Augmented reality* (AR) melalui Assemblr Studio untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi daur biogeokimia kelas X MAN 3 Banyuwangi tahun ajaran 2024/2025 ?
3. Bagaimana efektivitas media pembelajaran *Augmented reality* (AR) melalui Assemblr Studio yang dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi daur biogeokimia pada kelas X MAN 3 Banyuwangi tahun ajaran 2024/2025?

C. Tujuan Penelitian dan Pengembangan

1. Mendeskripsikan kevalidan media pembelajaran *Augmented reality* (AR) melalui Assemblr Studio yang dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi daur biogeokimia kelas X MAN 3 Banyuwangi tahun ajaran 2024/2025.
2. Mendeskripsikan respon peserta didik media pembelajaran *Augmented*

reality (AR) melalui Assemblr Studio untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi daur biogeokimia kelas X MAN 3 Banyuwangi tahun ajaran 2024/2025.

3. Mendeskripsikan efektivitas media pembelajaran *Augmented reality* (AR) melalui Assemblr Studio yang dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi daur biogeokimia pada kelas X MAN 3 Banyuwangi tahun ajaran 2024/2025.

D. Spesifikasi Produk yang Diharapkan

Produk yang akan dikembangkan berupa konten 3D melalui Assemblr Studio berbasis *Augmented reality*. Aplikasi ini dirancang sebagai media pembelajaran yang dapat digunakan oleh guru dan siswa, baik dalam kelas maupun di luar ruangan. Proses pengembangan Assemblr mencakup detail ilustrasi visual dan 3D interaktif, dan materi pembelajaran. Produk ini diharapkan memberikan keunggulan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Assemblr studio berbasis *Augmented reality* memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan objek 3D yang dirancang khusus untuk membantu peserta didik lebih mudah memahami materi yang diajarkan. Pengembangan Assemblr Studio ini dipaparkan sebagai berikut:

1. Assemblr studio materi Daur Biogeokimia dirancang untuk digunakan secara kelompok maupun individu oleh siswa dengan memanfaatkan akses internet.
2. Assemblr studio materi Daur Biogeokimia dirancang menggunakan teknologi digital supaya mudah diakses dimana saja dan kapan saja.

3. Assemblr studio dilengkapi dengan gambar gambar 3D, objek realistis, animasi, video dan media pendukung lainnya yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.
4. Assemblr studio dibuat semaksimal mungkin menggunakan teknologi *Augmented reality* atau 3D.

E. Pentingnya Penelitian dan Pengembangan

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendorong perkembangan integrasi teknologi di bidang ilmu pengetahuan sebagai media pembelajaran yang relevan. Serta memberikan pengalaman baru dalam melatih kemampuan berpikir kritis untuk menghadapi perkembangan teknologi lainnya seperti penggunaan kecerdasan buatan atau dikenal dengan *Artificial Intelligence* (AI). Memberikan kontribusi dan dasar pengembangan penelitian terbaru, terutama berkaitan dengan materi yang sulit divisualisasikan dalam bentuk 2D.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Universitas

Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan berkomitmen untuk terus menghadirkan inovasi dalam penggunaan media pembelajaran yang lebih menarik, interaktif dan efisien terutama dalam bidang ilmu biologi. Penggunaan teknologi AR melalui aplikasi Assemblr memiliki peluang besar untuk meningkatkan kualitas para lulusannya seiring perkembangan

teknologi yang semakin luas termasuk dalam menguasai keterampilan yang relevan dengan abad ke-21.

b. Bagi Sekolah

Penggunaan AR melalui Assemblr studio di sekolah memiliki peluang besar dalam meningkatkan mutu pendidikan. Dengan menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif, AR dapat memfasilitasi pemahaman siswa terhadap konsep yang kompleks, mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, serta mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan di masa depan.

c. Bagi Guru

Hasil penelitian ini dapat dijadikan alternatif media pembelajaran untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif, menarik, dan efisien. Dengan visualisasi 3D secara mendalam dan simulasi yang realistis, Assemblr memudahkan siswa untuk memahami konsep-konsep sulit dengan lebih cepat dan mudah.

d. Bagi Peserta Didik

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membuat proses belajar siswa lebih interaktif, menyenangkan sehingga dapat termotivasi dalam mempelajari konsep materi yang sulit dibayangkan sehingga mudah dipahami. Melalui visualisasi 3D dan simulasi yang nyata, siswa dapat mengeksplorasi dunia pengetahuan dengan pendekatan yang baru.

e. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menerapkan teori-teori yang telah dipelajari selama perkuliahan dan menambah wawasan peneliti. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memperdalam pemahaman peneliti mengenai pengembangan *Augmented reality* melalui aplikasi Assemblr, khususnya pada materi jaringan tumbuhan. Serta membantu mengembangkan keterampilan digital sekaligus bekal untuk menghadapi perkembangan teknologi yang semakin pesat.

F. Asumsi dan Keterbatasan Penelitian dan Pengembangan

Adapun asumsi keterbatasan penelitian dan pengembangan diantaranya sebagai berikut:

1. Asumsi penelitian dan pengembangan
 - a. *Media Augmented reality* melalui Assemblr studio pada materi *Daur Biogeokimia* diharapkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang efektif dan mudah dipahami.
 - b. Assemblr studio dapat digunakan secara online sehingga peserta didik dapat dengan mudah mengakses dan belajar di situasi dan kondisi apapun.
 - c. Dipadukan dengan kemampuan berpikir kritis dalam proses pembelajaran maka dapat melatih peserta didik dalam menggunakan teknologi yang semakin pesat perkembangannya.
2. Keterbatasan penelitian dan pengembangan
 - a. Assemblr studio menggunakan teknologi *Augmented reality* hanya

diuji coba pada siswa kelas X MAN 3 Banyuwangi.

- b. Assemblr studio menggunakan teknologi *Augmented reality* hanya dikembangkan dalam satu materi pembelajaran yaitu materi daur biogeokimia.
- c. Assemblr studio menggunakan teknologi *Augmented reality* hanya dapat diakses melalui aplikasi *mobile* maupun *browser* dengan jaringan yang stabil.
- d. Assemblr studio menggunakan teknologi *Augmented reality* hanya didukung pada perangkat android dengan RAM 6GB dan perangkat iOS dengan RAM 4GB.

G. Definisi Istilah atau Definisi Operasional

Beberapa istilah penting yang digunakan dalam pengembangan Assembler menggunakan teknologi *Augmented reality* meliputi:

1. Kemampuan Berpikir Kritis

Berpikir kritis adalah proses yang melibatkan pengolahan informasi yang kompleks, yang mencakup penalaran, imajinasi, serta kegiatan pemecahan masalah. Lima aspek dalam berpikir kritis memberikan klarifikasi, mengembangkan keterampilan dasar, menarik kesimpulan, memperluas penjelasan, serta mengelola strategi dan taktik.

2. Assemblr Studio

Assembler didefinisikan sebagai perangkat lunak yang dapat memungkinkan pengguna untuk menganalisis konsep daur biogeokimia melalui model tiga dimensi (3D) dari suatu ekosistem dan komponen-komponennya yang terlibat. Assemblr menyediakan dua platform yaitu Assembler Studio dan Assemblr EDU yang dapat digunakan untuk membuat konten berbasis *Augmented reality*. Assemblr Studio dapat diartikan sebuah platform web untuk membuat media pembelajaran interaktif yang dapat dipertimbangkan untuk menunjang proses belajar mengajar di era Merdeka Belajar. Konten dibuat menggunakan Assembler studio yang telah dirancang untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

3. Augmented Reality

Augmented reality didefinisikan sebuah teknologi yang mampu memberikan pengalaman belajar untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui lingkungan secara nyata yang dipadukan dengan objek virtual. Teknologi ini dapat melatih siswa untuk menganalisis maupun memecahkan konsep abstrak dalam materi daur biogeokimia. Melalui visualisasi teknologi *Augmented reality* mampu menggambarkan fenomena alam yang saling berhubungan dan berinteraksi

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan yang berkaitan dengan penelitian yang hendak dilakukan. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian *“Pengembangan Augmented Reality (AR) Melalui Assembler Studio Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Daur Biogeokimia Kelas X Tahun Ajaran 2024/2025”* :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Sandi Mahdias Aziz 2022 dengan judul *“Pengembangan Flash Card Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (AR) Pada Mata Pelajaran Biologi Materi Sistem Gerak Kelas XI MIPA Di SMAN 1 Krembung Kabupaten Sidoarjo.”*¹⁵ Penelitian ini menggunakan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*). Hasil uji validitas menggunakan angket menunjukkan persentase rata-rata 91,25%, pada aspek kelayakan isi, skor yang diperoleh sebesar 93% pada aspek penilaian bahasa, dan 100% untuk aspek kelayakan penyajian serta keterlaksanaan. Sehingga pengembangan *Flash Card* dikategorikan sangat valid dan layak untuk digunakan. Sementara itu, ahli media memberikan persentase rata-rata 86,25% dalam aspek kelayakan kegrafikan dan 83% pada aspek keterlaksanaan, yang juga

¹⁵ andi Mahdias Aziz, “Pengembangan Flash Card Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (AR) Pada Mata Pelajaran Biologi Materi Sistem Gerak Kelas XI MIPA Di SMAN 1 Krembung Kabupaten Sidoarjo” (Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, 2021), 70-77.

termasuk dalam kategori sangat valid dan layak pakai. Selain itu, ahli praktisi memberikan nilai rata-rata 95,4%, yang dikategorikan sangat valid dan sesuai untuk diterapkan dalam pembelajaran materi sistem gerak.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Musliadi dan Firdaus Daud 2022 dengan judul “Pengembangan Media Berbasis *Augmented Reality* (AR) Pada Pembelajaran Biologi Kelas XI SMA Negeri 13 Pangkep.”¹⁶ Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh rata-rata skor sebesar 4,8 dengan kategori valid, memiliki nilai kepraktisan dengan rata-rata tanggapan guru mencapai 96,08% (sangat positif) dan respons peserta didik sebesar 83,25% (sangat positif). Media AR ini juga terbukti efektif, dengan persentase ketuntasan belajar peserta didik sebesar 83,73% (tinggi).
3. Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Farhan Sagara 2022 dengan judul “Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* Versi Android Pada Materi Virus.”¹⁷ Penelitian ini menggunakan model desain instruksional 4D. Data diperoleh dari tahap Define yang menghasilkan analisis kebutuhan media, Design diperoleh hasil perancangan media dari analisis materi. Develop diperoleh hasil validasi ahli materi dan media, kemudian diujicobakan kepada guru biologi dan 35 peserta didik SMA kelas X MIPA, lalu disebarkan secara terbatas. Hasil develop diperoleh bahwa: 1) Media AR Virus dinilai sangat layak berdasarkan hasil validasi ahli materi 80% dan ahli media 82%.

¹⁶ Musliadi and Firdaus Daud, “Pengembangan Media Berbasis *Augmented Reality* (AR) Pada Pembelajaran Biologi Kelas XI SMA Negeri 13 Pangkep,” *UNM Journal of Biological Education* 5, no. 2 (2022): 83–94, <https://doi.org/10.35580/ujbe.v5i2.34184>.

¹⁷ Ahmad Farhan Sagara, “Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* Versi Android Pada Materi Virus” (Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2022).36-40

4. Penelitian dilakukan oleh Azhar Mada Raharja dan Yusuf Suharto 2024 dengan judul “Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* Pada Pembelajaran Geografi Materi Siklus Hidrologi Kelas X SMA”.¹⁸ Model desain penelitian yang digunakan yaitu ADDIE dengan hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata efektivitas penggunaan media pembelajaran berbasis *Augmented reality* menurut validator ahli materi yaitu sebesar 95% dan ahli media sebesar 87%, selanjutnya juga dari responden peserta didik yaitu sebesar 91,36%, dan responden guru sebesar 89,4% dari 4 penilaian tersebut termasuk dalam kriteria sangat tinggi.
5. Penelitian yang dilakukan Haliza Shalsabillah 2024 dengan judul “Pengaruh Media Pembelajaran *Augmented reality* (AR) Pada Materi Virus Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa.”¹⁹ Penelitian ini menggunakan metode quasi-experimental design, dengan desain non-equivalent control group pretest-posttest. Sampel dipilih melalui teknik *purposive sampling*, dan instrumen yang digunakan terdiri dari 14 soal uraian yang valid. Analisis data dilakukan dengan uji normalitas dan homogenitas menggunakan *IBM SPSS Versi 26*. Hasil uji t independen menunjukkan rata-rata nilai posttest untuk kelas eksperimen adalah 30,06, sedangkan kelas kontrol adalah 24,09. Uji hipotesis menghasilkan nilai

¹⁸ Azhar Mada Raharja and Yusuf Suharto, “Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Pada Pembelajaran Geografi Materi Siklus Hidrologi Kelas X SMA,” *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan* 7, no. 3 (August 7, 2024): 227–44, <https://doi.org/10.37329/cetta.v7i3.3500>.

¹⁹ Haliza Shalsabillah, “Pengaruh Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) Pada Virus Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa (Studi Eksperimen Di Kelas X SMA Negeri Sumber Kabupaten Cirebon Tahun Ajaran 2023/2024)” (Universitas Siliwangi, n.d.).

Sig. (2-tailed) sebesar $0,000 \leq 0,05$. Dengan demikian, penggunaan teknologi *Augmented reality* sebagai media pembelajaran memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

Tabel 2. 1
Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	Nama, Judul, dan Tahun	Persamaan	Perbedaan	Orisinalitas
1.	Sandi Mahdias Aziz (2022) Pengembangan Flash Card Sebagai Media Pembelajaran Berbasis <i>Augmented Reality</i> (AR) Pada Mata Pelajaran Biologi Materi Sistem Gerak Kelas XI MIPA Di SMAN 1 Krembung Kabupaten Sidoarjo	a. Media yang dikembangkan sama berupa <i>augmented reality</i> b. Analisis data menggunakan pendekatan (kualitatif dan kuantitatif) c. Tingkat penelitian ini melibatkan siswa SMA/MA.	a. Berfokus pada materi sistem gerak b. Mengikuti model pengembangan 4-D c. Penelitian dilakukan hanya sampai tahap pengembangan d. Menggunakan media berupa flash card	a. Menggunakan model pengembangan ADDIE b. Berfokus pada materi biogeokimia c. Mengkolaborasi dengan aplikasi Assembler studio Variabel yang digunakan berupa kemampuan berpikir kritis siswa
2.	Musliadi, Firdaus Daud (2022) Pengembangan Media Berbasis <i>Augmented Reality</i> (AR) Pada Pembelajaran Biologi Kelas XI SMA Negeri 13 Pangkep	a. Menggunakan teknologi <i>Augmented reality</i> (AR) sebagai media pembelajaran b. Menampilkan objek 3D c. Model pengembangan yang digunakan berupa ADDIE d. Tingkat penelitian ini	a. Difokuskan pada materi sistem peredaran darah b. Variable terikat berupa hasil belajar c. Menggunakan teknik analisis data kualitatif	d. Analisis data menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif e. Metode yang digunakan berupa <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> f. Menggunakan uji validitas, uji normalitas

		melibatkan siswa SMA/MA		dan uji N-Gain
3.	Ahmad Farhan Sagara (2022) Pengembangan Media Pembelajaran <i>Augmented Reality</i> Versi Android Pada Materi Virus	a. Menggunakan media <i>Augmented reality</i> (AR) b. Subjek uji coba penelitian diantaranya ahli materi ahli media dan ahli pengguna (Guru dan siswa) c. Instrumen yang digunakan berupa angket (kuesioner) d. Teknik analisis data kategori kelayakan media menggunakan <i>rating scale</i>	a. Difokuskan pada materi virus b. Model pengembangan 4-D	
4.	Azhar Mada Raharja dan Yusuf Suharto (2024) Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis <i>Augmented Reality</i> Pada Pembelajaran Geografi Materi Siklus Hidrologi Kelas X SMA	a. Model Pengembangan yang digunakan ADDIE b. Alat pengumpulan data yang digunakan berupa kuesioner terbuka dan tertutup c. Menggunakan analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif	a. Pelaksanaan hanya dilakukan pada tahap implementasi b. Menggunakan dua validator ahli media dan materi c. Subjek yang dilakukan menggunakan 2 kelas d. Menggunakan uji kelayakan produk	

5.	Haliza Shalsabillah (2024) Pengaruh Media Pembelajaran <i>Augmented Reality</i> (AR) Pada Materi Virus Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa	a. Variabel bebas yang digunakan berupa media <i>Augmented Reality</i> b. Variabel terikat yang digunakan berupa kemampuan berpikir kritis c. Mengkolaborasi dengan aplikasi Assemblr Edu	a. Difokuskan pada materi virus b. Menggunakan metode penelitian <i>Quasi Experimental Design</i> Instrumen yang digunakan berupa tes	
----	---	---	--	--

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *Augmented Reality* (AR) dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang menjanjikan, terutama di tingkat SMA. Hampir semua penelitian menunjukkan bahwa media AR yang dikembangkan dinilai sangat baik oleh para ahli dan guru, serta praktis untuk digunakan dalam pembelajaran. Secara khusus penelitian ini mengkaji bagaimana penggunaan Assembler Studio dalam pengembangan AR dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Sehingga penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam memahami potensi aplikasi pengembangan AR terhadap keterampilan berpikir kritis siswa.

B. Kajian Teori

1. Kemampuan Berfikir Kritis

a. Pengertian Kemampuan Berfikir Kritis

Berpikir kritis (*critical thinking*) adalah proses mental untuk menganalisis atau mengevaluasi informasi. Untuk memahami informasi secara mendalam dapat membentuk sebuah keyakinan kebenaran

informasi yang didapat atau pendapat yang disampaikan. Proses aktif menunjukkan keinginan atau motivasi untuk menemukan jawaban dan pencapaian pemahaman.²⁰ Menurut Walker Berpikir kritis sebagai proses cepat dalam mengkonstruksi suatu konsep, menerapkan itu, menganalisisnya, mensintesisnya dan mengevaluasi informasi yang diperoleh dari pengamatan, pengalaman dan refleksi.²¹ Menurut Siegel, H kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi argumen-argumen secara kritis, mengambil keputusan yang berdasarkan bukti dan rasional, serta memecahkan masalah secara efektif dengan cara proses mental yang sistematis dan logis.

Berpikir kritis bisa disebut keterampilan berpikir secara reflektif guna menentukan keputusan/tindakan dimana kemampuan

berpikir kritis tentu berbeda antara peserta didik satu dengan yang lain. Dengan melatih kemampuan berpikir kritis siswa akan menjadikannya mampu mengkaji setiap masalah kehidupannya dan mampu membuat peserta didik lebih peka terhadap keadaan, sehingga peserta didik mampu memilah informasi yang diterima.²²

²⁰ Wira Suciono, *Berpikir Kritis (Tinjauan Kemandirian Belajar, Kemampuan Akademik Dan Efikasi Diri)* (Jawa Barat: Adab, 2021), 17-20.

²¹ Nanda Eska Anugrah Nasution et al., "Relationship between Critical and Creative Thinking Skills and Learning Achievement in Biology with Reference to Educational Level and Gender," *Journal of Turkish Science Education*, no. 1 (March 31, 2023):66 <https://doi.org/10.36681/tused.2023.005>.

²² "Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMK Kelas Kekomposisi fungsi ditinjau dari Gaya Kognitif," *Journal Mathematics Education Sigma [JMES]*, August 2, 2024, <https://doi.org/10.30596/jmes.v5i2.20785>.

Berpikir kritis juga memiliki arti yang sama dengan tingkat berpikir yang lebih tinggi, terutama pada “evaluasi”. Dalam taksonomi menurut Bloom berpikir kritis memiliki tingkatan dari yang paling sederhana hingga yang paling kompleks.²³ Menurut Erni memaparkan bahwa tiga tingkatan terakhir dalam taksonomi Bloom yaitu menganalisis, mengevaluasi dan mencipta termasuk dalam kategori kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Berdasarkan beberapa pengertian berpikir kritis dari para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa kemampuan berpikir kritis dapat diartikan sebagai suatu kemampuan yang mampu melatih cara berpikir seseorang untuk terus berkembang dan mampu menganalisis suatu argumen, mengidentifikasi suatu permasalahan, dan memecahkan masalah secara efektif sehingga suatu informasi dapat diterima dan dipahami berdasarkan bukti yang nyata.

b. Manfaat Kemampuan Berfikir Kritis

Berpikir kritis menurut Kurniawati²⁴ memiliki beberapa manfaat dalam pembelajaran yaitu:

- 1) Dapat meningkatkan kreativitas siswa
- 2) Mudah dalam memecahkan kasus dan mengambil keputusan yang tepat

²³ Imas Cintamulya, “Analisis Kemapuan Berpikir Kritis Siswa SMP berbasis Gaya Kognitif melaui Pembelajaran TPS (Think Pairs Share) dengan Media Poster” 12, no. 1 (n.d.): 8–14.

²⁴ Nurul Rahmaini and Salsabila Ogylva Chandra, “Pentingnya Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Matematika,” *Griya Journal of Mathematics Education and Application* 4, no. 1 (March 29, 2024): 1–8, <https://doi.org/10.29303/griya.v4i1.420>.

- 3) Dapat mengetahui dan menilai kemampuan dan potensi yang dimiliki
 - 4) Lebih siap jika dihadapkan dengan tantangan
 - 5) Melihat suatu permasalahan dari berbagai sudut pandang
 - 6) Membentuk rasa percaya diri dan kemandirian
- c. Indikator Kemampuan Berfikir Kritis

Menurut Ennis²⁵ mengemukakan bahwa terdapat enam indikator kemampuan berpikir kritis berikut:

Tabel 2. 2
Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

Langkah	Indikator Kemampuan Berpikir	Sub Indikator
1	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	1. Memfokuskan pertanyaan
		2. Menganalisis argumen
		3. Bertanya dan menjawab pertanyaan
2	Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	4. Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak
		5. Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi
3	Menyimpulkan (<i>inferensi</i>)	6. Membuat deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi
		7. Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi
		8. Membuat dan mempertimbangkan definisi
4	Membuat penjelasan lanjut (<i>advanced</i>)	9. Mengidentifikasi istilah dan mempertimbangkan definisi

²⁵ Samin, *Berpikir Kritis Dengan Game Edukasi* (Sumedang: CV. Mega Press Nusantara, 2023).

Langkah	Indikator Kemampuan Berpikir	Sub Indikator
	<i>clarification</i>)	10. Mengidentifikasi asumsi
5	Strategi dan taktik (<i>strategies and tactics</i>)	11. Menentukan tindakan
		12. Berinteraksi dengan orang lain

Adapun indikator yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga indikator yakni memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*), membuat penjelasan lanjut (*advanced clarification*), strategi dan taktik (*strategies and tactics*). Kemampuan berpikir kritis seseorang akan muncul ketika sedang berada dalam keadaan kritis yang diharuskan mampu memecahkan masalah yang rumit dan memerlukan cara-cara penyelesaian yang tidak biasa. Misalnya, ketika seorang peserta didik diharuskan untuk menghasilkan gagasan dalam upaya penyelesaian

d. Cara Mengukur Kemampuan Berpikir Kritis

Cara untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa dapat dilakukan melalui tes yang mengacu pada aspek dan indikator agar keterampilan berpikir siswa dapat meningkat. Diantara tes tersebut berupa soal-soal *essay* dan *multiple representation test* untuk mengukur kemampuan berpikir kritis. Pada penelitian ini tes yang digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa menggunakan *pretest* dan *posttest*.

e. Cara Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis

Secara umum ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis:²⁶

- 1) Seseorang dapat mempelajari teknik berpikir kritis, seperti mengidentifikasi kesalahan dalam berpikir, menghilangkan informasi, dan menganalisis argumen.
- 2) Seseorang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui latihan, seperti membaca dan menulis secara kritis, serta berpartisipasi dalam diskusi dan debat.
- 3) Meningkatkan keterampilan membaca juga dapat membantu meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Upaya meningkatkan kemampuan berpikir kritis yang paling baik yang dapat dilakukan yaitu dengan mengaitkan materi pembelajaran dengan pengalaman nyata peserta didik di lingkungan sehari-hari.

f. Langkah-langkah Berpikir Kritis

Proses berpikir kritis dapat dikelompokkan menjadi tiga langkah menurut Kneedler²⁷:

1. Mengenali masalah (*Defining and clarifying problem*)
2. Menilai informasi yang relevan
3. Pemecahan masalah atau penarikan kesimpulan

²⁶ Salsa Novianti Ariadila et al., “Analisis Pentingnya Keterampilan Berpikir Kritis Terhadap Pembelajaran Bagi Siswa,” *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* 9, no. 20 (2023): 664–69, <https://doi.org/10.5281/zenodo.8436970>.

²⁷ Miftahul Ulum and Nur Kholik, *Berpikir Kritis Dalam Konteks Pembelajaran Di Sekolah/Madrasah*.82

Dari uraian diatas diketahui bahwa keterlibatan siswa secara aktif dapat terlihat mulai dari tahap pertama sampai tahap akhir pembelajaran akan memberi peluang kepada peserta didik untuk lebih mempertajam gagasan dan guru akan mengetahui kemungkinan gagasan siswa yang salah sehingga guru dapat memperbaiki kesalahannya.

2. Media Pembelajaran

a. Pengertian Media Pembelajaran

Menurut Arief S. Sadiman media merupakan segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, minat, serta perhatian siswa sedemikian rupa sehingga proses belajar terjadi.²⁸

Hakekat pembelajaran merupakan proses komunikasi yang intensif dan didalamnya terjadi proses penyampaian pesan dari seseorang (sumber pesan) kepada seseorang atau sekelompok orang (penerima pesan).

Menurut Kustandi dan Stjicpto media pembelajaran adalah alat yang membantu proses belajar mengajar sehingga dapat mencapai tujuan pembelajaran dengan baik.²⁹ Media dapat diartikan sebagai alat yang berfungsi sebagai sarana untuk menyampaikan pesan dari sumber informasi kepada penerima informasi. Sedangkan istilah

²⁸ Susanti et al., "Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dalam Menggunakan Multimedia Interaktiif." 37-39.

²⁹ Hamdan Husein Batubara, *Media Pembelajaran Efektif* (Semarang: Fatawa Publishing, 2020). 3

pembelajaran digunakan untuk menunjukan usaha Pendidikan yang dilaksanakan secara sengaja, dengan tujuan yang ditetapkan terlebih dahulu sebelum proses dilaksanakan, serta pelaksanaannya terkendali.³⁰

b. Jenis - Jenis Media Pembelajaran

Jenis-jenis media pembelajaran merupakan ragam atau macam media yang digunakan oleh pengajar untuk bisa menciptakan suasana yang nyaman dan menyenangkan sehingga dapat menarik minat dan mengaktifkan siswa untuk mengikuti pelajaran baik secara mandiri maupun kelompok. Menurut Azhar³¹ mengelompokkan media pembelajaran menjadi beberapa jenis, yaitu:

- 1) Media visual yaitu jenis media yang digunakan hanya mengandalkan indra penglihatan misalnya media cetak seperti buku, jurnal, peta, gambar, dan lain sebagainya.
- 2) Media audio adalah jenis media yang digunakan hanya mengandalkan pendengaran saja, contohnya tape recorder, dan radio.
- 3) Media audio visual adalah film, video, program TV, dan lain sebagainya.
- 4) Multimedia yaitu media yang melibatkan beberapa jenis media dan peralatan secara terintegrasi dalam suatu proses atau kegiatan pembelajaran

³⁰ Achmad Muafi As'ad and Aziz Abdullah, "Konsep Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi," *AL-MIKRAJ Jurnal Studi Islam dan Humaniora* 2, no. 2 (2021): 72–83

³¹ Hamzah Pagarra et al., *MEDIA PEMBELAJARAN*, vol. 5 (Makassar: Badan Penerbit UNM, 2022).25-26

c. Manfaat Media Pembelajaran

Media pembelajaran memberikan banyak manfaat baik bagi pendidik maupun peserta didik terutama bagi kelancaran dalam mencapai tujuan pembelajaran. Manfaat media pembelajaran menurut Suwarna³² meliputi empat macam:

- 1) Media pembelajaran dapat memperjelas dalam menyampaikan pesan dan informasi
- 2) Proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan interaktif
- 3) Media dapat menyampaikan linformasi yang dapat didengar (audio) dan dapat dilihat (visual), sehingga dapat mendeskripsikan suatu konsep
- 4) Media pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan indera, ruang dan waktu.
- 5) Media pembelajaran dapat memberikan kesempatan pengalaman belajar

d. Memilih dan Menggunakan Media yang Benar

Menurut Bahri³³ langkah-langkah pemilihan media pembelajaran, yaitu³²:

- 1) Merumuskan tujuan pembelajaran
- 2) Memilih dan menggunakan media yang benar

³² Aisyah Fadilah et al., "Pengertian Media, Tujuan, Fungsi, Manfaat dan Urgensi Media Pembelajaran," *Journal of Student Research (JSR)* 1, no. 2 (2023): 01–17, <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i2.938>.

³³ Mohamad Miftah and Nur Rokhman, "Kriteria pemilihan dan prinsip pemanfaatan media pembelajaran berbasis TIK sesuai kebutuhan peserta didik," *Jurnal Ilmiah Pendidikan* 1, no. 4 (2022): 412–21, <https://doi.org/10.55904/educenter.v1i9.92>.

- 3) Memilih peristiwa-peristiwa pengajaran yang akan berlangsung
- 4) Menentukan tipe perangsang untuk tiap peristiwa
- 5) Mempertimbangkan nilai kegunaan media yang dipakai
- 6) Menentukan dan memilih media yang tepat
- 7) Menulus rasional (penalaran) memilih media tersebut
- 8) Menuliskan tata cara penggunaan media
- 9) Menuliskan script pembicaraan dalam penggunaan media

Dalam pemilihan dan penggunaan media pembelajaran merupakan suatu proses yang sistematis dan memerlukan pertimbangan secara mendalam. Tujuan utamanya yaitu untuk menciptakan proses pembelajaran yang efektif, lebih menarik dan bermakna bagi siswa.

Media dapat didefinisikan sebagai alat yang berfungsi sebagai sarana untuk menyampaikan informasi dari sumber kepada penerima.

Sementara itu, pembelajaran adalah proses pendidikan yang direncanakan dan dilaksanakan dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya, serta prosesnya diawasi dan dikendalikan.³⁴ Dalam konteks pembelajaran, media diartikan sebagai segala sesuatu yang memungkinkan peserta didik memperoleh pengetahuan dan keterampilan, baik berupa manusia, benda, maupun peristiwa.³⁵ Prinsip penggunaan media pembelajaran memiliki

³⁴ Achmad Muafi As'ad and Aziz Abdullah, "Konsep Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi," *AL-MIKRAJ Jurnal Studi Islam dan Humaniora* 2, no. 2 (2021): 78.

³⁵ Syahrudin Mahmud et al., *MEDIA PEMBELAJARAN* (Cirebon: LOVRINZ

dasar dalam hukum belajar, penetapan tujuan, pemilihan materi pelajaran, pengembangan sikap, idealisme, minat, bakat, dan pengajaran ilmu pengetahuan.³⁶ Fungsi media pembelajaran yaitu *attention function*, *affective function*, *cognitive function* dan *compensatory function*.

Tujuan utama dari penggunaan media pembelajaran adalah untuk membuat proses belajar mengajar lebih menarik dan interaktif bagi peserta didik, sehingga mereka lebih termotivasi untuk belajar dan memahami materi yang disampaikan. Selain itu, media pembelajaran juga memungkinkan guru untuk menggunakan berbagai metode pengajaran yang inovatif, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih variatif dan efektif.³⁷

3. Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR)

a. Pengertian Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR)

Augmented reality adalah salah satu teknologi yang bisa kita manfaatkan menjadi media pembelajaran inovatif. Teknologi ini jika digunakan sebagai media dalam proses pembelajaran maka peserta didik akan diajak untuk berpikir secara jelas dan nyata, dengan melihat visual dari alat praktik yang digunakan. Menurut Afifah et al.,³⁸ menyatakan bahwa media *Augmented reality* merupakan media

PUBLISHING, 2023).3-4

³⁶ Norbertus Tri Suswanto Saptadi, "Media Pembelajaran," in *Prosedur Pemilihan Dan Prinsip Penggunaan Media* (Serang Banten: PT SADA KURNIA PUSTAKA, n.d.), vii, 166.

³⁷ Titin Titin et al., "Memahami Media Untuk Efektifitas Pembelajaran," *JUTECH: Journal Education and Technology* 4, no. 2 (December 20, 2023): 111–23, <https://doi.org/10.31932/jutech.v4i2.2907>.

³⁸ Alan Setyo Bawono And Galih Mahardika Christian Putra, "N IPS KELAS V SD,"

pembelajaran yang mampu memproyeksikan dan memvisualisasikan secara nyata suatu objek baik objek dua atau tiga dimensi yang berbentuk benda maya melalui sebuah teknologi. Media pembelajaran *Augmented reality* adalah sebuah teknologi yang membangun benda maya dua dimensi atau tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi, lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata, tetapi sistem ini lebih dekat dengan lingkungan nyata.³⁹

b. Ciri-ciri Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR)

Media pembelajaran *Augmented Reality* memiliki ciri-ciri sebagai berikut:⁴⁰

- 1) Mengkombinasikan kenyataan dan objek virtual di lingkungan nyata
- 2) Bersifat interaktif
- 3) *Real time* (waktu nyata)
- 4) Menyelaraskan kenyataan
- 5) Objek virtual satu dengan lainnya

Elementary School Teacher Journal 6, no. 1 (2023): 4Pengembangan Augmented Reality Berbasis Assemblr Edu Pada Muatan Pelajara7–56.

³⁹ Foster Obeng-Manu, "Effect of Financial Literacy on Investment Decision Among Economics Students," *Journal of Finance & Economics Research* 7, no. 1 (January 2022): 16–30, <https://doi.org/10.20547/jfer2207102>.

⁴⁰ Ardiansyah Harahap, Adi Sucipto, and Jupriyadi Jupriyadi, "Pemanfaatan Augmented Reality (Ar) Pada Media Pembelajaran Pengenalan Komponen Elektronika Berbasis Android," *Jurnal Ilmiah Infrastruktur Teknologi Informasi* 1, no. 1 (June 30, 2020): 20–25, <https://doi.org/10.33365/jiiti.v1i1.266>.

6) Input berupa marker/markerless

Berdasarkan ciri-ciri diatas dapat diketahui bahwa pada media pembelajaran *Augmented reality* (AR) ini menawarkan cara inovatif untuk belajar lebih menyenangkan.

c. Manfaat Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR)

Manfaat yang dapat dirasakan bagi pengguna media *Augmented Reality* dalam pembelajaran, yaitu:

- 1) Peningkatan pengalaman bagi pengguna untuk menyatukan dunia nyata dengan tambahan elemen maya, sehingga menciptakan pengalaman yang lebih imersif.
- 2) Membuat pembelajaran lebih menarik dan efektif serta dengan tambahan konten interaktif pada AR.

- 3) Dapat membantu siswa memahami konsep dengan lebih baik Selain manfaat tersebut pada penelitian ini

d. Keunggulan dan Kelemahan Media Pembelajaran *Augmented reality* (AR)

1) Keunggulan media pembelajaran *Augmented reality* (AR)

- a) Lebih interaktif
- b) Penggunaannya lebih efektif
- c) Bisa diterapkan pada berbagai media
- d) Objek yang ditampilkan sederhana
- e) Biaya dalam pembuatannya murah

- f) Mudah dalam penggunaan
- 2) Kelemahan media pembelajaran *Augmented reality* (AR)
 - a) Mudah berubah bentuk disudut tertentu
 - b) Masih sedikit yang menggunakan
 - c) Membutuhkan koneksi data yang stabil

4. Assemblr Studio

a. Pengertian Assemblr Studio

Assembler adalah platform edukasi imersif untuk membuat pembelajaran interaktif yang menyenangkan dalam bentuk 3D/AR dimanapun dan kapanpun. Assemblr studio merupakan sebuah platform yang tersinkronisasi dengan assemblr edu untuk berkreasi dengan baik. Assembler edu merupakan salah satu aplikasi yang mengusung konsep *augmented reality*. Assembler edu juga diartikan sebagai aplikasi yang dikembangkan untuk membuat konten tiga dimensi (3D) dan *augmented reality* (AR) yang interaktif dan menyenangkan dengan cara menggabungkan beberapa objek yang tersedia. Assembler Edu merupakan salah satu ide untuk pembuatan media pembelajaran interaktif yang efektif dalam menarik.

Sesuai dengan konsepnya aplikasi ini mampu mengkonstruksi tampilan dalam bentuk tiga dimensi. Aplikasi ini tersedia dalam sajian website yang dapat diakses melalui <https://studio.assemblrworld.com/projects> dan tersedia di *play store* atau *app store* dalam bentuk aplikasi yang dapat diunduh secara gratis.

Penerapan media *augmented reality* melalui aplikasi assembler studio yang mengaitkan masalah yang umum dijumpai siswa pada kehidupan sehari-hari dengan pembelajaran dapat membuat siswa lebih mengeksplorasi materi dan mengasah kemampuan berpikirnya serta kemampuan pemecahan masalahnya.⁴¹

b. Ciri-ciri *Augmented Reality* (AR) pada Assemblr Studio

Assemblr studio memiliki dua tipe *marker* AR yaitu QR dan *custom AR marker*. QR marker adalah gambar QR yang bisa memicu dan memunculkan konten AR. Jadi, ketika memindainya maka akan melihat konten AR di atas maupun di depan QR tersebut. Berbeda dengan QR *marker*, *custom AR marker* adalah gambar maupun grafis *custom* yang bisa memicu munculnya konten AR. Assembler studio dibandingkan dengan aplikasi lain yang berkonsep *Augmented reality* yakni memiliki animasi, audio, dan video yang bersifat *user friendly* artinya mudah digunakan tanpa perlu pemahaman tentang pemrograman yang rumit.

c. Keunggulan dan Kelemahan Assemblr Studio

Kelebihan yang didapatkan dari penggunaan assembler studio diantaranya:

- 1) Mampu mengkonstruksi output yang berbasis visual dalam bentuk tiga dimensi, hal ini dapat menarik perhatian dan menambah rasa ingin tahu bagi peserta didik

⁴¹ Muhamad Chairudin et al., "Studi Literatur Pemanfaatan Aplikasi Assemblr Edu Sebagai Media Pembelajaran Matematika Jenjang SMP/MTS," *Communnity Development Journal* 4, no. 2 (2023): 1312–18.

- 2) Membantu dalam penyampaian konsep-konsep yang abstrak menjadi lebih nyata sehingga memudahkan peserta didik
- 3) Telah tersedia konten-konten siap pakai yang dapat digunakan oleh guru. Konten ini terdapat dalam beberapa bentuk seperti model, diagram.

Kekurangan dari penggunaan assmblr studio diantaranya:

- 1) Keterbatasan pilihan objek Keterbatasan pilihan objek 3D dalam pustaka pada versi gratis
- 2) Kebutuhan koneksi internet yang stabil untuk penggunaan aplikasi
- 3) Penggunaan Assembler membutuhkan koneksi internet yang stabil
- 4) Efektivitas pembelajaran yang dapat bervariasi tergantung pada konteks dan materi yang diajarkan
- 5) Tidak semua materi pembelajaran cocok untuk dioptimalkan dengan teknologi AR/VR

d. Cara mengembangkan Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) dengan Assemblr studio

Untuk bisa mengembangkan media *Augmented reality* melalui Assembler studio *platform* ini menyediakan dua perangkat yakni *web browser* dan juga aplikasi *mobile* yang tersedia pada perangkat IOS maupun android. Langkah yang perlu dipersiapkan dalam mengembangkan media *Augmented reality* melalui assembler studio yaitu;

- a) Mengkaji materi sesuai dengan capaian pembelajaran

- b) Buat akun untuk registrasi dan login baik melalui *web browser* maupun *mobile*



Gambar 2. 1
Logo Assemblr Studio

- c) Klik tombol "Buat Proyek Baru" atau "*Create New Project*" pada menu dasbor.
- d) Buat proyek sesuai dengan kebutuhan dengan menjelajahi objek 3D dan gambar 2D yang dibutuhkan dalam desain.
- e) Posisikan objek secara cermat untuk membuat desain yang lebih menarik secara visual dan tata letak secara seimbang.
- f) Sisipkan teks dan anotasi pada bagian objek yang berisi materi sesuai fitur adegan dan interaktivitas
- g) Sebelum di Publish lakukan pratinjau untuk melihat bagaimana tampilan dan kinerja proyek, terapkan mode AR dengan marker atau QR
- h) Lakukan uji coba produk untuk memastikan kompatibilitas

5. Penelitian dan Pengembangan

Penelitian dan pengembangan dalam bidang pendidikan lebih dikenal dengan istilah *Research and Development* yaitu proses atau metode yang digunakan untuk memvalidasi dan mengembangkan produk. Menurut

Sugiyono, berdasarkan definisi *Research and Development*, *Design and Development Research*, dan *Developmental Research* berfokus pada pengembangan produk melalui proses perencanaan, produksi, serta evaluasi validitas dari produk yang dihasilkan.⁴²

Produk yang dihasilkan meliputi berbagai aspek, seperti kebijakan pendidikan, kurikulum, model pembelajaran inovatif, media pembelajaran yang efektif, buku ajar yang berkualitas, sistem evaluasi yang komprehensif, pengembangan tes yang akurat, model kepemimpinan kepala sekolah yang visioner, dan model pengawasan pendidikan yang berbasis teknologi informasi.⁴³ Penelitian dan pengembangan memiliki berbagai jenis dan tahapan. Beberapa model yang sering digunakan dalam penelitian pengembangan antara lain model Borg dan Gall, model ADDIE, model 4D, model Richey dan Klein, model Dick and Carey, serta model Tyler. Di Indonesia sendiri, telah berkembang model pengembangan yang dikenal sebagai model Sugiyono.

6. Model pengembangan

Model penelitian dan pengembangan yang banyak digunakan dan praktis dalam pengembangan media pembelajaran adalah model ADDIE yang dinyatakan oleh Robert Maribe Branch dalam buku *Instructional Design: The ADDIE Approach*.⁴⁴ Menurut Cahyadi tahapan-tahapan pada model ADDIE sebagai berikut.

⁴² Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D* (Bandung: IKPI, 2022),

⁴³ Sugiyono, 401-403.

⁴⁴ Hamdan Husein Batubara, *Media Pembelajaran Efektif*. 43-60

a. Analisis (*Analysis*)

Pada tahap analisis ini dilakukan dengan pengumpulan data dan identifikasi kebutuhan untuk menentukan spesifikasi produk yang akan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan.⁴⁵ Analisis menurut Branch dalam Hermansyah mendefinisikan pada tahap analisis ini merupakan tahapan yang mengartikan hal-hal yang akan dipelajari oleh siswa.⁴⁶ Dalam hal ini, sangat berhubungan dengan hasil produk yang dikembangkan. Setelah peneliti menganalisis permasalahan yang ada, diperlukan pula analisis terkait kelayakan dan berbagai persyaratan lain untuk pengembangan. Diantaranya tahapan analisis menurut Branch meliputi :

- 1) Melakukan analisis kinerja, pada konteks ini peneliti perlu mengidentifikasi masalah mendasar yang muncul dalam proses pembelajaran.
- 2) Melakukan analisis kebutuhan peserta didik, pada konteks ini peneliti mengetahui tingkat kemampuan, pengetahuan, karakteristik peserta didik sehingga tercipta produk sesuai dengan kebutuhan peserta didik.
- 3) Melakukan analisis kurikulum, pada konteks ini disesuaikan dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) untuk

⁴⁵ Agnes Irene Silitonga et al., "Implementasi Addie Model Dalam Pengembangan E-Module Berbasis Case Method," *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi* 6, no. 2 (October 13, 2022): 101, <https://doi.org/10.29103/sisfo.v6i2.10298>.

⁴⁶ wildan Hermansyah, "Pengembangan Bahan Ajar Ensiklopedia Ekosistem Terintegrasi Dengan Ayat-Ayat Al-Quran Pada Materi Ekosistem Untuk Siswa Kelas X Ipa Di Ma Miftahul Ulum Suren Jember" (Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, 2023).27-28

menentukan orientasi belajar siswa

b. Perencanaan (*Design*)

Pada tahap desain merupakan langkah untuk merancang dan memastikan produk yang akan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan yang telah diidentifikasi. Menurut Branch tahapan desain ini merupakan langkah yang dapat dilakukan peneliti untuk menuliskan ide kedalam sebuah rumusan yang menggambarkan suatu produk yang akan dikembangkan. Peneliti telah merancang serangkaian langkah dan strategi untuk menjelaskan gambaran terkait produk yang dikembangkan, termasuk pemilihan media, pemilihan format, dan desain awal. Desain yang akan dibuat kemudian dikonsultasikan dan akan direvisi jika desain tersebut belum sesuai. Apabila desain telah dinilai baik dan layak maka tahap selanjutnya yaitu *development*.

c. Pengembangan (*Development*)

Menurut Branch, tahap pengembangan memiliki dua tujuan utama, yaitu menciptakan dan merevisi produk hingga mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan, serta memilih media atau kombinasi media yang paling efektif untuk mendukung proses pembelajaran.⁴⁷ Tahapan *Development* atau pengembangan dalam model ADDIE merupakan langkah ketiga yang harus dilakukan peneliti untuk mengetahui hasil validasi apakah produk dapat digunakan tepat sesuai yang diharapkan.

⁴⁷ Robert Maribe Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach* (Boston, MA: Springer US, 2009), 84-86 <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>.

d. Penerapan (*Implementastion*)

Pada tahap implementasi produk yang sudah dinyatakan valid oleh beberapa ahli akan diterapkan dan dilakukan uji coba kepada peserta didik dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Hal tersebut dilakukan guna mendapatkan implementasi umpan balik kepada peneliti terkait produk yang dibuat. Dalam tahap ini dilakukan pengukuran kompetensi siswa dengan menggunakan tes berupa *pretest-posttes* sebagai implementasi umpan balik kepada peneliti terkait produk yang dibuat.

e. Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi dilakukan untuk menindaklanjuti perbaikan dan saran dari ahli materi, ahli media, maupun respon peserta didik ditindaklanjuti pada tahap evaluasi. Tahap evaluasi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengukur pencapaian tujuan produk, menilai kualitas proses, dan mengevaluasi kompetensi sebelum dan sesudah implementasi.

7. Pengembangan Augmented Reality

Istilah *Augmented reality* diciptakan pada tahun oleh peneliti Boeing Thomas Preston Caudell, yang mengembangkan aplikasi AR untuk keperluan industri. Menurut Bowers dalam Rizali dkk, Realitas Tertambah atau *Augmented reality* adalah teknologi yang memadukan objek virtual 2D atau 3D atau tiga dimensi untuk melihat dunia nyata sekaligus

memproyeksikan objek tertentu secara virtual secara bersamaan.⁴⁸ Implementasi teknologi seperti AR di bidang pendidikan memang menjadi hal baru bagi guru, peserta didik ataupun semua pihak terlibat didalamnya.⁴⁹

Fitur utama sistem AR adalah menawarkan layanan secara real time. Perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mengimplementasikan aplikasi AR biasanya tergantung pada kompleksitas adegan virtual yang akan direproduksi. Secara umum, perangkat keras minimum diperlukan untuk menjalankan aplikasi AR yang terdiri dari kamera yang membingkai dunia luar, layar atau lensa yang digunakan untuk memproyeksikan video *streaming*, dan sumber daya komputasi (PC, ponsel cerdas, atau mikrokontroler pada umumnya) yang diperlukan untuk pengelolaan video bagian dan deteksi objek yang ada dalam adegan sebenarnya.⁵⁰

8. Materi Daur Biogeokimia

a. Konsep Daur Biogeokimia

Biogeokimia adalah pertukaran atau perubahan yang terus menerus, antara komponen biosfer yang hidup dengan tak hidup.⁵¹

⁴⁸ Muhammad Rizali Rachim, Agus Salim, and Qomario Qomario, "Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Terhadap Keaktifan Belajar Siswa Dalam Pendidikan Modern," *Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran* 4, no. 1 (April 30, 2024): 594–605, <https://doi.org/10.51574/jrip.v4i1.1407>.

⁴⁹ Ratna Indriani and Zaenal Abidin, "Literature Review : Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Pada Mata Pelajaran Biologi," *Jurnal Wahana Pendidikan* 9, no. 2 (August 31, 2022): 139, <https://doi.org/10.25157/wa.v9i2.8138>.

⁵⁰ Fabio Arena et al., "An Overview of Augmented Reality," *Computers* 11, no. 2 (February 19, 2022): 28, <https://doi.org/10.3390/computers11020028>.

⁵¹ Bayu Sandika, *EKOLOGI (Integrasi Islam Sains)* (Grobogan, Jawa Tengah: Yayasan Citra Dharma Cindekia, 2021). 61-73

Dalam suatu ekosistem, materi pada setiap tingkat trofik tidak hilang. Materi berupa unsur-unsur penyusun bahan organik tersebut didaur-ulang. Unsur-unsur tersebut masuk ke dalam komponen biotik melalui udara, tanah, dan air. Daur ulang materi tersebut melibatkan makhluk hidup dan faktor abiotik sehingga disebut daur biogeokimia. Daur biogeokimia memiliki fungsi sebagai daur materi yang mengembalikan semua unsur-unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun komponen abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi dapat terjaga.

b. Macam-Macam Daur Biogeokimia

Adapun macam-macam daur biogeokimia yang diketahui antara lain daur karbon (C), daur oksigen (O_2), daur nitrogen (N), daur phosphor (P), dan daur sulfur (S).

1) Daur Oksigen (O_2)

Daur hidrologi adalah sebuah proses pergerakan air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung kontinyu atau secara terus menerus. Selain itu daur hidrologi juga merupakan daur yang bersifat konstan pada semua daerah. Daur hidrologi dimulai dengan terjadinya penguapan air ke atmosfer. Air yang menguap tersebut kemudian mengalami proses kodensasi (penggumpalan) di udara yang kemudian membentuk gumpalan - gumpalan yang dikenal dengan istilah awan. Awan yang terbentuk kemudian jatuh kembali ke bumi dalam bentuk hujan atau salju

yang disebabkan oleh adanya perubahan iklim dan cuaca. Butiran butiran air tersebut sebagian ada yang langsung masuk ke permukaan tanah (infiltrasi), dan sebagian mengalir sebagai aliran permukaan. Aliran permukaan yang mengalir kemudian masuk ke dalam tampungan seperti danau, waduk, dan cekungan tanah lain dan selanjutnya terulang kembali rangkaian siklus hidrolog.



Gambar 2. 2
Daur Air
Sumber: Gramedia.com

2) Daur Nitrogen (N)

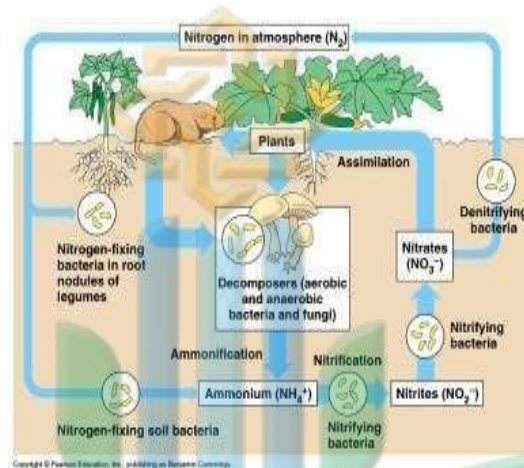
Unsur nitrogen (N) di dalam tubuh makhluk hidup merupakan salah satu komponen senyawa organik seperti protein, asam nukleat, vitamin dan hormon. Sementara itu, N di udara sebanyak 78% dalam bentuk gas N_2 . Gas N_2 tersebut dapat berubah menjadi NH_3 baik secara fisik (dengan tekanan yang sangat tinggi/petir atau elektromagnetis) maupun akibat aktivitas mikroorganisme simbiotik (*Rhizobium*) dengan tumbuhan legume

dan juga akibat aktivitas non simbiotik (Nostoc dan Anabaena). Bentuk yang tersedia untuk kehidupan Tumbuhan dapat menggunakan dua bentuk nitrogen anorganik amoniam (NH_4) dan nitrat (NO_3)-dan beberapa bentuk organik," seperti asam amino. Berbagai bakteri dapat menggunakan semua bentuk ini dan nitrit (NO_2). Hewan hanya dapat menggunakan bentuk-bentuk nitrogen organik.

Reservoir utama nitrogen adalah atmosfer, yang terdiri dari 80% gas nitrogen (N_2). Reservoir yang lain adalah tanah dan sedimen danau, sungai, dan lautan (nitrogen terikat); air permukaan tanah dan air tanah (nitrogen terlarut); serta biomassa organisme hidup.

Proses kunci Jalur utama bagi nitrogen untuk memasuki ekosistem adalah melalui fiksasi nitrogen (nitrogen fixation), konversi N_2 oleh bakteri menjadi bentuk-bentuk yang dapat digunakan untuk menyintesis senyawa-senyawa organik bernitrogen. Beberapa nitrogen juga difiksasi oleh petir. Pupuk nitrogen, hujan, dan debu yang tertiuap oleh angin juga dapat menyediakan cukup banyak masukan NH_4 dan NO_3 ke ekosistem. Amonifikasi (ammonification) mendekomposisi nitrogen organik menjadi NH_4 . Pada nitrifikasi. NH_4 dikonversi menjadi NO_3 oleh bakteri nitrifikasi. Dalam kondisi anaerobik, bakteri Bukan denitrifikasi menggunakan NO_3 dalam metabolismenya, bukan O_2 ,

sehingga melepaskan N_2 dalam suatu proses yang disebut denitrifikasi (denitrification). Lebar anak panah mencerminkan kontribusi relatif dari setiap proses.

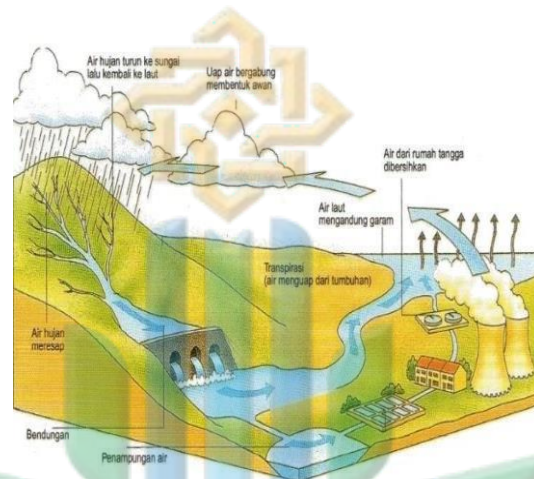


Gambar 2. 3
Daur Nitrogen
(Sumber : Campbell et al., 2012)

3) Daur Karbon

Karbon dioksida di atmosfer berada dalam kadar 0,03%. Dengan adanya fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan dan makhluk hidup fotosintetik lainnya (Algae; Cyanobacteria) dan CO_2 udara serta H_2O dihasilkan karbohidrat ($C_xH_{2x-2}O_{x-1}$). Karbohidrat digunakan oleh makhluk hidup tersebut untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Berdasarkan aliran energi, terjadi tingkatan makhluk hidup dimulai dengan tumbuhan sebagai produsen sekunder, sehingga secara tidak langsung semua makhluk hidup menggunakan CO_2 di udara. Sementara semua makhluk hidup juga melakukan respirasi untuk menghasilkan energi dan

sebagai hasil sampingan respirasi adalah CO_2 yang akan kembali ke atmosfer.



Gambar 2. 4
Daur Karbon

Nilai penting biologis Karbon membentuk kerangka molekul-

molekul organik yang esensial untuk semua organisme. Bentuk yang tersedia untuk kehidupan Organisme-organisme fotosintetik memanfaatkan CO_2 selama fotosintesis dan mengonversi karbon menjadi bentuk-bentuk organik yang digunakan oleh konsumen, termasuk hewan, fungi, serta protista dan prokariota heterotrofik.

Reservoir Reservoir utama karbon mencakup bahan bakar fosil, tanah, sedimen dari ekosistem perairan, lautan (senyawa karbon terlarut), biomassa tumbuhan dan hewan, serta atmosfer (CO_2). Reservoir terbesar adalah bebatuan sedimen seperti gamping; akan tetapi, perputaran karbon di lungkang ini lambat

sekali.

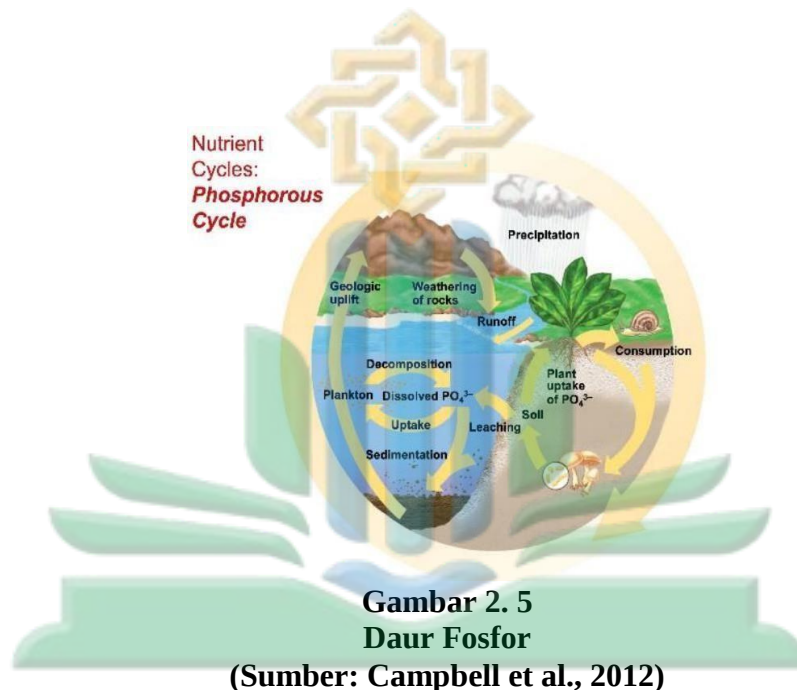
Proses kunci Fotosintesis oleh tumbuhan dan fitoplankton memindahkan banyak sekali CO, dari atmosfer setiap tahun. Kuantitas ini kira-kira sebanding dengan CO₂ yang ditambahkan ke atmosfer melalui respirasi selular oleh produsen dan konsumen. Dalam jangka waktu geologis, gunung berapi juga merupakan sumber CO₂ yang substansial. Pembakaran bahan bakar fosil menambahkan cukup banyak CO₂ tambahan ke atmosfer. Lebar anak panah mencerminkan kontribusi relatif dari setiap proses.

4) Daur Fosfor

Fosfor merupakan salah satu unsur makanan yang penting bagi semua organisme karena berperan dalam pertumbuhan dan menyediakan energi. Proses siklus fosfor melibatkan transformasi

fosfat dari bentuk non-organik menjadi organik, dan kembali ke bentuk tak organik secara berkelanjutan. Peran fosfor penting dalam pembentukan membran sel, struktur asam nukleat, dan dalam proses transfer energi selama respirasi. Terdapat dua bentuk utama fosfor di lingkungan, yakni senyawa fosfat organik yang hadir dalam makhluk hidup dan tumbuhan, serta senyawa fosfat tak organik yang terdapat di tanah, batuan, dan air. Proses infiltrasi terjadi ketika udara memasuki air karena adanya uap air dan gravitasi. Sumber fosfor berasal dari proses pelapukan batuan mineral, seperti bahan bakar fosil, dan juga dari dekomposisi bahan

organik dengan memecah organisme.



Gambar 2. 5
Daur Fosfor

(Sumber: Campbell et al., 2012)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

Nilai penting biologis Organisme memerlukan fosfor sebagai penyusun utama asam nukleat, fosfolipid, dan ATP serta molekul penyimpanan energi lainnya, dan sebagai mineral penyusun tulang dan gigi. Bentuk yang tersedia untuk kehidupan Bentuk anorganik fosfor yang paling penting secara biologis adalah fosfat (PO_4), yang diabsorpsi dan digunakan oleh tumbuhan dalam sintesis senyawa-senyawa organik.

Reservoir Akumulasi terbesar dari fosfor adalah dalam bebatuan sedimen yang berasal dari laut. Terdapat pula banyak

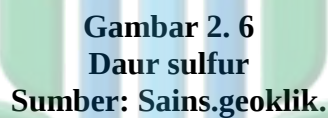
fosfor dalam tanah, di dalam laut (dalam bentuk terlarut), dan dalam organisme. Karena humus dan partikel-partikel tanah mengikat fosfat, pendaur-ulangan fosfor cenderung sedikit terlokalisasi pada ekosistem.

Proses kunci Pengikisan bebatuan akibat cuaca secara perlahan-lahan menambahkan PO_3 ke tanah; beberapa di antaranya tergelontor ke dalam air tanah dan air permukaan, dan pada akhirnya mencapai laut. Fosfat yang diambil oleh produsen dan digabungkan ke dalam molekul biologis dapat dimakan oleh konsumen dan disebarkan melalui jejaring makanan. Fosfat dikembalikan ke tanah atau air melalui dekomposisi biomassa atau ekskresi oleh konsumen. Karena tidak ada gas pengandung-fosfor yang signifikan, hanya ada sedikit fosfor yang bergerak melalui atmosfer, biasanya dalam bentuk debu dan percikan air laut. Lebar anak panah mencerminkan kontribusi relatif dari setiap proses.

5) Daur Sulfur

Sumber daur sulfur berasal dari gunung berapi yang mengeluarkan gas H_2S yang kemudian menjadi H_2SO_2 dan selanjutnya menjadi $(CH_3)_2SO_2$; sebagian lagi berasal dari industri kimia (baik pupuk ZA, bahan pemutih, deterjen maupun pabrik kertas) yang seringkali menghasilkan limbah dan mengandung S baik yang berupa SO_4 , SO_2 atau S dan H_2S . Sementara hasil industri pupuk amonium sulfat $(NH_3)_2SO_4$ atau banyak dikenal

Ketidakseimbangan daur biogeokimia akibat aktivitas manusia menimbulkan dampak serius bagi lingkungan dan kehidupan di bumi. Penggunaan pupuk fosfor dan nitrogen berlebihan memicu terjadinya eutrofikasi, pertumbuhan alga berlebihan yang menyebabkan penurunan oksigen dalam air dan membahayakan kehidupan akuatik. Deforestasi, atau penebangan hutan, dapat mengurangi kemampuan bumi menyerap karbon dioksida sehingga dapat mempercepat terjadinya pemanasan global, dan menyebabkan erosi tanah serta hilangnya keanekaragaman hayati. Pembakaran bahan bakar fosil dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida, yang menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Selain itu, pembakaran fosil juga menghasilkan polutan udara yang menyebabkan



c. Ketidakseimbangan Daur Biogeokimia

Ketidakseimbangan daur biogeokimia akibat aktivitas manusia

menimbulkan dampak serius bagi lingkungan dan kehidupan di bumi. Penggunaan pupuk fosfor dan nitrogen berlebihan memicu terjadinya eutrofikasi, pertumbuhan alga berlebihan yang menyebabkan penurunan oksigen dalam air dan membahayakan kehidupan akuatik. Deforestasi, atau penebangan hutan, dapat mengurangi kemampuan bumi menyerap karbon dioksida sehingga dapat mempercepat terjadinya pemanasan global, dan menyebabkan erosi tanah serta hilangnya keanekaragaman hayati. Pembakaran bahan bakar fosil dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida, yang menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Selain itu, pembakaran fosil juga menghasilkan polutan udara yang menyebabkan

hujan asam yang dapat merusak hutan, tanaman, dan bangunan. Semua aktivitas ini berkontribusi pada pencemaran tanah dan air, merusak ekosistem, dan mengancam kesehatan manusia serta kualitas lingkungan secara keseluruhan.



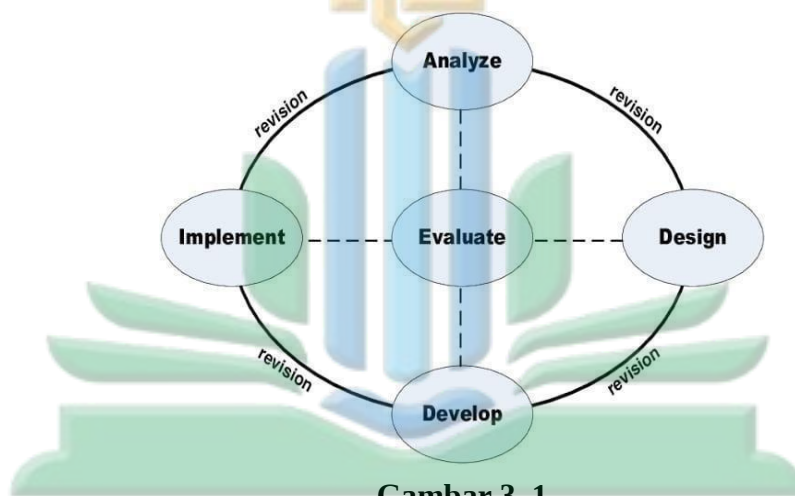
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Model Penelitian dan Pengembangan

Model penelitian dan pengembangan yang digunakan pada penelitian ini adalah model pengembangan ADDIE yang dikembangkan oleh Robert Maribe Branch⁵². Model penelitian terdiri dari 5 tahapan yaitu.



Gambar 3. 1
Diagram ADDIE (Branch)

Model ADDIE *Analysis* (analisis), *Design* (perencanaan), *Development* (pengembangan), *Implementation* (penerapan) dan *Evaluation* (evaluasi) dijadikan acuan oleh peneliti karena menawarkan langkah-langkah yang terstruktur, sistematis, dan dirancang untuk memastikan bahwasannya produk akhir yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan dan tujuan sesuai dengan apa yang telah ditetapkan. Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa objek 3D Interaktif menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR) melalui aplikasi *Assembler Edu*. Subjek dari

⁵² Branch, *Instructional Design*. 2

penelitian dan pengembangan ini adalah siswa kelas X MAN 3 Banyuwangi.

B. Prosedur Penelitian dan Pengembangan

Prosedur dalam pengembangan *Augmented reality* pada materi daur biogeokimia menggunakan metode ADDIE dengan tahap berikut.



Gambar 3. 2
Diagram ADDIE

1. *Analyze* (Analisis)

Analisis yang dilakukan memiliki beberapa tahap diantaranya: menganalisis kesenjangan kinerja, menentukan tujuan instruksional, dan analisis kebutuhan siswa.

a) Analisis Kesenjangan Kinerja

Pada tahap ini dilakukan wawancara kepada satu orang guru mata pelajaran Biologi kelas X MAN 3 Banyuwangi untuk mengetahui kesenjangan-kesenjangan yang dihadapi oleh pendidik dan peserta didik dalam pembelajaran biologi khususnya pada materi Daur Biogeokimia. Hasil wawancara menunjukkan materi pembelajaran Daur Biogeokimia perlu adanya inovasi media pembelajaran yang mampu memberikan pengalaman secara langsung terutama pada setiap tahapan. Berdasarkan hasil wawancara kepada guru biologi kelas X MAN 3 Banyuwangi siswa belum sepenuhnya diterapkan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

b) Menentukan Tujuan Intruksional

Pada tahap ini dilakukan perumusan tujuan instruksional yang sesuai dengan Modul Ajar dan Tujuan Pembelajaran (TP) kelas X Kurikulum Merdeka.

c) Analisis Kebutuhan Siswa

Tahap analisis kebutuhan siswa dilakukan dengan menyebarkan angket dengan model kuesioner melalui *G-Form* dengan jumlah sebanyak 12 responden. Berdasarkan diagram pada dapat diketahui bahwa untuk kategori media pembelajaran yang sering digunakan dalam pelajaran biologi yaitu video pembelajaran. Pada tanggapan materi daur biogeokimia maka 50%

siswa menjawab tidak mudah dan 16,7% siswa menjawab cukup mudah. Dan untuk tingkat kemampuan berpikir kritis maka sebanyak 25% siswa menjawab belum mengembangkan tingkat kemampuan berpikir kritis dan sebanyak 41,7% siswa menjawab kadang-kadang yang berarti tidak selalu mengembangkan kemampuan berpikir kritis.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa perlu adanya pengembangan media pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi daur biogeokimia.

d) Sumber Daya

Pengembangan *augmented reality* berupa objek 3D melalui aplikasi *assembler edu* menggunakan perangkat elektronik yakni *smartphone*. Hasil objek 3D yang telah dirancang kemudian akan

masuk pada tahap desain. Pada tahap tersebut akan dilakukan penyempurnaan serta validasi yang diperlukan sebelum dinyatakan layak digunakan oleh peserta didik.

e) Penyampaian Produk

Pengembangan *augmented reality* berupa Objek 3D akan disajikan dalam bentuk QR sebelum diakses melalui aplikasi Assembler edu pada materi daur biogeokimia.

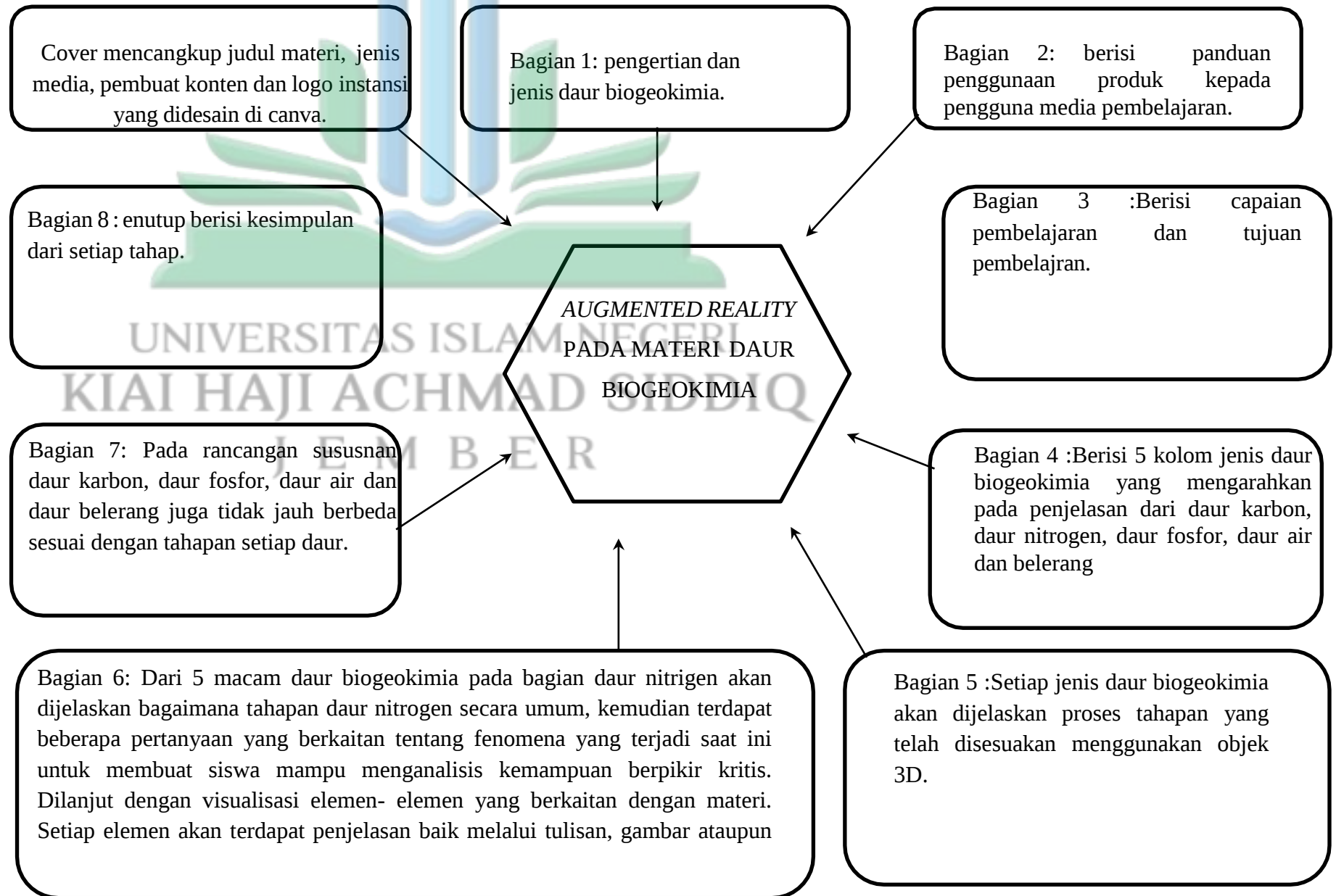
2. Design (Perancangan)

Tahap desain pada pengembangan media pembelajaran *augmented reality* berupa objek 3D pada proses tahapan daur

biogeokimia terdiri dari beberapa tahap diantaranya:

- a. Merancang tahapan daur biogeokimia dalam bentuk alur cerita sebagai arahan dalam menyusun objek 3D.
- b. Menyusun tujuan pembelajaran mencakup komponen materi, kondisional siswa, dan kinerja agar produk yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian.
- c. Penyusunan instrumen validasi untuk mengetahui kevalidan media menggunakan kode QR yang dikembangkan dan penyusunan angket respon peserta didik untuk mengetahui respon peserta didik melalui uji coba terbatas dengan lembar pretest dan posttest pada tahap implementasi.

Tabel 3. 1 Storyboard



3. Tahap Development (Pengembangan)

Tahap pengembangan menjadi tahap mengembangkan produk sesuai dengan hasil analisis dan desain. Kegiatan yang dilakukan pada tahap pengembangan sebagai berikut

a. Produk Awal

Pada tahap ini akan menghasilkan draft 1 pada produk penelitian dan pengembangan berupa media *augmented reality* berupa konten objek 3D pada materi daur biogeokimia. Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah mengumpulkan literatur, buku serta sumber lainnya terkait konten atau materi daur biogeokimia. Selanjutnya mendesain produk awal pada *software* maupun *smartphone*. Selain menggunakan *assembler studio*, rancangan produk penelitian ini juga memanfaatkan *canva* untuk membuat desain awal. Kegiatan yang dilakukan pada tahap pengembangan ini antara lain.

1) Menghasilkan Konten

Dalam membuat konten *augmented reality* tahap awal yang dilakukan yaitu membuat desain melalui media pendukung *canva* sebelum diintegrasikan ke *assembler studio*. Hal ini dilakukan untuk menyatukan antara elemen visual yang sesuai sebelum menggabungkan dengan elemen 3D lainnya.

2) Mengembangkan Media Pendukung

Pengembangan media *augmented reality* melalui assembler edu menggunakan media pendukung dalam merancang dan menyusun konten AR seperti, video atau gambar yang berkaitan dengan materi daur biogeokimia serta gambar visual sebagai objek *background*.

b. Validasi Ahli

Setelah produk awal dibuat, tahap selanjutnya adalah tahap validasi oleh ahli. Media *augmented reality* berupa konten objek 3D yang sudah dibuat divalidasi oleh ahli materi, ahli media, ahli bahasa dan praktisi atau guru biologi untuk mengetahui tingkat validitas media yang dikembangkan dengan memberikan angket validasi pada masing-masing validator.

c. Revisi Produk

Produk yang sudah divalidasi oleh validator ahli materi, ahli media, dan ahli evaluasi kemudian dilakukan revisi produk berdasarkan pendapat dan penilaian dari validator ahli materi, dan ahli media . Revisi ini dilakukan bertujuan untuk memperbaiki produk berdasarkan saran dan penilaian dari validator.

d. Produk Akhir

Produk akhir ini merupakan produk yang sudah melalui tahapan pengembangan yang menghasilkan media pembelajaran

yang telah dinyatakan valid oleh ahli materi, ahli media, dan ahli evaluasi.

4. Implement (Implementasi)

Tahap implementasi merupakan tahap penerapan produk untuk mengetahui respon dan keefektifan dari media yang telah dikembangkan sesuai dengan capaian tujuan pembelajaran.⁵³ Terdapat dua alur yang dipersiapkan sebelum tahap implementasi diterapkan di peserta didik, diantaranya:

a. Persiapan Pendidik

Sebelum pendidik terjun menggunakan media pembelajaran *augmented reality* berupa objek 3D pendidik harus paham mengenai isi dan konteks yang disajikan agar siswa mampu menggunakan media pembelajaran yang telah disiapkan dengan maksimal.

b. Persiapan Peserta Didik

Persiapan dilakukan dengan peserta didik kelas X6 MAN 3 Banyuwangi dengan total sebanyak 26 siswa untuk mengikuti proses pembelajaran menggunakan media *augmented reality* berupa objek 3D pada materi daur biogeokimia yang diakses menggunakan kode QR melalui aplikasi Assembler studio untuk melatih kemampuan berpikir kritis.

⁵³ Nilnalminach Ziyadatul, "Pengembangan Media Pembelajaran E-Komik Sistem Ekskresi Manusia Pada Pembentukan Urine Berbasis Kode Qr Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik Kelas Xi Ipa Man 2 Jember" (Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, 2023).⁵⁸

Uji coba ini dilakukan dengan penyebaran angket respon peserta didik dan pemberian soal *pretest* dan *posttest*. Peneliti melakukan uji coba sebanyak melalui uji coba skala kecil yang melibatkan 9 siswa dan kedua uji coba skala besar yang melibatkan 16 siswa.

5. *Evaluation* (Evaluasi)

Pada tahap evaluasi ini merupakan tahap akhir dalam model pengembangan ADDIE. Tujuan dari tahap evaluasi untuk mengetahui komposisi produk pada proses penggunaan di dalam pembelajaran. Dari kegiatan evaluasi akan diketahui kevalidan dan efektivitas dari pengguna media *augmented reality*.

C. Uji Coba Produk

1. Desain Uji Coba

Dalam penelitian pengembangan, uji coba bertujuan untuk memperoleh data yang akurat sebagai dasar perbaikan produk serta untuk mengetahui sejauh mana produk tersebut telah berhasil dibuat dan berfungsi sesuai dengan harapan. Data uji coba desain produk dikumpulkan melalui penyebaran instrumen angket kepada para validator yang terdiri dari ahli materi, ahli media, dan ahli evaluasi.

2. Subjek Uji Coba

Subjek yang digunakan pada penelitian untuk produk yang layak digunakan perlu dilakukan uji coba atau validasi oleh validator guna

menentukan tingkat efektivitas produk tersebut.⁵⁴ Validator pada penelitian ini yaitu dosen biologi UIN KHAS Jember untuk mengetahui tingkat validitas, maka koefisien korelasi dikategorikan pada kriteria menurut Akbar.⁵⁵

Tabel 3. 2
Uji Validitas

Persentase	Kategori
85,01 % - 100,00 %	Sangat valid, dapat digunakan tanpa revisi
70,01 % - 85,00 %	Valid, dapat digunakan tanpa revisi
50,01 % - 70,00 %	Kurang valid, disarankan tidak digunakan, dan perlu revisi besar
01,00 % - 50,00 %	Tidak valid dan tidak bisa digunakan

Kisi-kisi lembar validasi ahli materi, validasi ahli media, dan respon peserta didik diisi dengan memberikan tanda centang pada kolom yang

sudah tersedia dengan menggunakan kuesioner skala Likert.

Tabel 3. 3
Skala Likert

Kriteria	Skor
Sangat baik	5
Baik	4
Cukup	3
Kurang	2
Sangat Kurang	1

⁵⁴ Anggy Giri Prawiyogi et al., "Penggunaan Media Big Book untuk Menumbuhkan Minat Membaca di Sekolah Dasar," *Jurnal Basicedu* 5, no. 1 (January 30, 2021): 446–52, <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i1.787>.

⁵⁵ Sa'dun Akbar, "Instrumen Perangkat Pembelajaran," (2013). 120

3. Jenis Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian dan pengembangan ini adalah kualitatif dan kuantitatif.

a. Data Kualitatif

Data kualitatif adalah data yang berbentuk kalimat, narasi, gerak tubuh, ekspresi wajah, bagan, gambar, dan foto.⁵⁶

Data kualitatif pada penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara kepada guru biologi kelas X MAN 3 Banyuwangi yaitu bu Wilis.

b. Data Kuantitatif

Data kuantitatif adalah data yang berbentuk angka atau data kualitatif yang diangkakan/*scoring*.⁶⁰ pada penelitian ini data kuantitatif diperoleh dari hasil angket analisis kebutuhan siswa, angket validator, angket respon siswa, dan hasil tes.

4. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses penelitian, yaitu digunakan sebagai alat dalam mengumpulkan data yang diperlukan dalam suatu penelitian.⁵⁷ Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berikut diantaranya :

a. Pedoman Wawancara

Pedoman wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data sebelum melakukan studi pendahuluan untuk menentukan permasalahan yang harus diteliti. Wawancara dilakukan

⁵⁶ Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. 8-9

⁵⁷ Slamet Widodo, Festi Ladyani, and La Ode Asrianto, *Buku Ajar Metode Penelitian* (Pangkalpinang: Penerbit Cv Science Techno Direct, 2023).70-71

kepada guru biologi kelas X MAN 3 Banyuwangi ibu Wilis Anggraeni yang dilakukan pada pra penelitian.

b. Angket

Kuesioner/angket merupakan metode pengumpulan data yang telah dilakukan dengan cara memberikan beberapa macam pertanyaan yang berhubungan dengan masalah penelitian. Pada penelitian dan pengembangan ini, peneliti menggunakan angket validasi untuk mengetahui kevalidan produk.

1) Angket Kebutuhan Siswa

Instrument kebutuhan peserta didik dikembangkan dengan tujuan untuk mengidentifikasi informasi terkait kebutuhan peserta didik dalam proses pembelajaran. Melalui instrument, diharapkan dapat menyampaikan aspirasi dan tantangan terkait pembelajaran

biologi dikelas. Instrumen kebutuhan siswa dapat dilihat pada

Tabel 3.4.

Tabel 3. 4
Kisi-Kisi Angket Kebutuhan Siswa

No	Aspek	Indikator
1	Materi	Pendapat siswa tentang mata pelajaran biologi
		Pendapat siswa tentang materi yang sulit dipahami
		Alasan siswa tentang materi yang sulit dipahami
2	Sumber Belajar	Pendapat siswa tentang ketersediaan media pembelajaran yang digunakan
		Pendapat siswa mengenai media pembelajaran yang digunakan
		Kebutuhan media pembelajaran
3	Pengembangan Media Pembelajaran	Pendapat siswa terhadap pengembangan media pembelajaran yang digunakan

2) Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Materi

Untuk menguji kelayakan isi materi dalam media *Augmented reality* yang dikembangkan maka digunakan angket validasi ahli materi. Instrument ini dirancang untuk mengevaluasi kesesuaian media *Augmented reality* terhadap materi daur biogeokimia sehingga memperoleh saran dan perbaikan untuk meningkatkan kualitas materi produk. Kisi-kisi instrument validasi media dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5
Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Materi

No	Aspek	Indikator
1.	Kurikulum	Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran (TP)
2.	Materi	Kebenaran konsep
		Kebenaran materi
		Penyampaian materi secara sistematis
		Meningkatkan kompetensi siswa

3) Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Media

Untuk menguji kelayakan media *Augmented reality* yang dikembangkan maka digunakan angket validasi ahli media. Instrument ini dirancang dengan tujuan untuk mendapatkan penilaian ahli terkait desain, penggunaan elemen multimedia, navigasi, serta aspek lainnya yang dapat mendukung dalam menyampaikan materi. Kisi-kisi instrument validasi media dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6
Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Media

No	Aspek	Indikator
1	Visualisasi	Kualitas gambar
		Efek visual
		Kualitas objek 3D
		Kualitas gambar
		Integrasi dengan lingkungan nyata
		Kemudahan akses
		Tingkat keterlibatan <i>Augmented reality</i>
2	Kelayakan Media	Keakuratan informasi
		Relevansi tujuan pembelajaran
		Interaktivitas pengguna
		Kreatif dan Inovatif dalam Media Pembelajaran
		Variasi media
		Contoh dan ilustrasi
3	Substansi Isi Media	Kejelasan dan dan keterbacaan informasi
		Relevansi dengan tujuan pembelajaran
		Relevansi dengan perkembangan terbaru

4) Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Evaluasi

Instrumen validasi ahli evaluasi dirancang untuk mengukur kelayakan soal *pretest* dan *posttest* dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik terhadap media *augmented reality* yang digunakan. Proses validasi ini bertujuan untuk menyesuaikan setiap butir soal terhadap indikator kemampuan berpikir kritis dan indikator capaian. Kisi-kisi instrumen validasi ahli evaluasi dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7
Kisi-Kisi Angket Validasi Ahli Evaluasi

Kompetensi Awal	Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	Indikator Pencapaian
Menganalisis tahapan daur biogeokimia dalam kehidupan sehari-hari	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Siswa mampu mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk mempertimbangkan kemungkinan jawaban terkait tahapan daur biogeokimia
	Strategi dan taktik (<i>strategies and tactics</i>)	Siswa mampu menentukan tindakan upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan terkait tahapan daur biogeokimia
		Siswa mampu membuat solusi dan menentukan tindakan alternative yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak negatif dari peningkatan CO ₂ , baik pada skala individu maupun kolektif.
	Membuat penjelasan lanjut (<i>advanced clarification</i>)	Siswa mampu menganalisis dan mengidentifikasi jenis mikroorganisme kunci yang berperan dalam daur nitrogen
		Siswa mampu menganalisis ktivitas utama manusia di perkotaan yang dapat mengganggu daur karbon.

5) Kisi-Kisi Angket Respon Peeserta Didik

Instrument respon peserta didik dirancang untuk mengetahui pendapat dan pengalaman peserta didik terkait penggunaan media *Augmented reality* yang dikembangkan. Aspek yang dievaluasi meliputi ketertarikan peserta didik, penyampaian materi, dan bahasa yang digunakan. Hasil dari dari instrumen ini akan digunakan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan media dari perspektif peserta didik. Kisi-kisi instrument respon peserta didik dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8
Kisi-Kisi Angket Respon Peserta Didik

No	Aspek	Indikator
1	Ketertarikan Peserta Didik	Desain media <i>augmented reality</i>
2	Materi	Kemudahan materi
		Ringkasan materi
3	Bahasa	Kejelasan bahasa yang digunakan

c. Tes

Tes pada hakikatnya adalah suatu alat yang berisi serangkaian tugas yang harus dikerjakan atau soal-soal yang harus dijawab oleh peserta didik untuk mengukur suatu aspek perilaku tertentu. Untuk mengetahui apakah produk yang dikembangkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada siswa tes yang digunakan berupa esai dengan jumlah soal yang diberikan sebanyak 5 soal. Adapun kisi-kisi pengukuran kemampuan berpikir kritis pada materi daur biogeokimia yaitu.

Tabel 3. 9
Kisi-Kisi Soal Essai *Pretest* dan *Posttest*

Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	Indikator Soal	Level Kognitif	Nomor Soal
Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Peserta didik dapat mengidentifikasi konsep dasar daur biogeokimia	C4	1
Strategi dan taktik (<i>strategies and tactics</i>)	Peserta didik dapat merumuskan solusi dan menentukan tindakan yang tepat untuk mengatasi masalah lingkungan terkait daur biogeokimia	C6	2,5
Membuat penjelasan lanjut (<i>advanced clarification</i>)	Peserta didik dapat menganalisis secara	C4	3,4

	mendalam terhadap tahapan daur biogeokimia		
--	--	--	--

Untuk dapat dapat menginterpretasikan capaian hasil tes kemampuan berpikir kritis dari setiap indikator.

5. Teknis Analisis Data

a. Analisis Data Kevalidan Produk

Analisis data kevalidan produk terdiri dari dua analisis yakni analisis deskriptif kuantitatif dengan pengambilan data menggunakan angket yang menunjukkan persentase kevalidan dan analisis deskriptif kualitatif dengan pengambilan pengelompokan kritikan, saran, dan kritikan yang diberikan oleh tim validator.

b. Analisis Deskriptif Kuantitatif

Data yang diperoleh dari validasi ahli selanjutnya dikelompokkan dan diolah yang terdiri dari persentase, saran, kritikan, dan masukan dari validator ahli dan guru. Dari kegiatan tersebut diolah dalam bentuk kualitatif untuk menjelaskan kriteria media pembelajaran *Augmented reality* berupa objek 3D melalui aplikasi Assembler studio pada materi daur biogeokimia menggunakan kode QR untuk melatih kemampuan berpikir kritis.

c. Analisis Kuantitatif

Hasil dari penyebaran angket sebagai lembar validasi oleh, ahli materi, ahli media, ahli bahasa, dan ahli evaluasi, kemudian dianalisis menggunakan persentase kevalidan produk dengan

rumus.

$$P_h = \frac{\sum x}{\sum K_i} \times 100\%$$

Keterangan :

P_h : Persentase untuk validitas kriteria

$\sum x$: Jumlah total jawaban dalam 1 item

$\sum x_i$: Jumlah total skor jawaban tertinggi dalam 1 item

Hasil kevalidan produk yang dikembangkan ditentukan berdasarkan

Tabel 3.2

d. Analisis Respon Peserta Peserta Didik

Analisis data respon siswa terhadap kemenarikan produk berbentuk skor yang disajikan pada lembar validasi berdasarkan skala Likert sesuai dengan Tabel 3.2. Untuk perhitungan persentasenya dihitung dengan rumus berikut:

$$v - ah = \frac{TSe}{TSh} \times 100\%$$

Keterangan :

V-ah : Validasi audience

TSe : Total skor empiris yang diperoleh

TSh : Total skor yang diharapkan

Kemudian hasil persentase respon siswa dikategorikan menurut

Akbar.⁵⁸

⁵⁸ Sa'dun Akbar, "Instrumen Perangkat Pembelajaran," (2013). 83

Tabel 3. 10
Kriteria Respon Siswa

Kriteria Validitas (%)	Kategori
81 % - 100%	Sangat Menarik/ Sangat Setuju
61 % - 80 %	Menarik/ Setuju
41 % - 60 %	Cukup Menarik/ Cukup Setuju
21 % - 40 %	Tidak Menarik/ Tidak Setuju
0 % - 20 %	Sangat Tidak Menarik/ Sangat Tidak Setuju

e. Analisis Efektivitas Produk

Analisis ini dilakukan guna menguji dan mengetahui efektivitas dari produk yang dikembangkan dengan mengukur perbandingan hasil *pretest* dan *posttest*. Adapun desain eksperimen menggunakan *One Group Pretest-Posttest Design* sebagai berikut.

Tabel 3. 11
One Group Pretest Posttest Design

<i>Pretest</i>	<i>Perlakuan</i>	<i>Posttest</i>
O ₁	X	O ₂

Keterangan:

O₁ : *Pretest*

X : Penerapan media *Augmented reality* melalui *assemblr studio* dalam pembelajaran materi daur biogeokimia

O₂ : *posttest*

Langkah-langkah dalam desain ini meliputi:

1. *Pretest*: Subjek diukur atau diuji sebelum mereka menerima perlakuan

dengan tujuan untuk mendapatkan pemahaman awal tentang kondisi subjek sebelum intervensi dilakukan.

2. Pemberian Perlakuan/Intervensi: Setelah pretest, subjek kemudian diberi perlakuan, intervensi, atau pembelajaran tertentu.
3. *Posttest*: Setelah subjek menerima perlakuan atau intervensi, kemudian diuji kembali untuk melihat apakah ada perubahan setelah intervensi tersebut.

Untuk mengetahui besaran nilai yang dari setiap indikator soal maka penilaian hasil *pretest* dan *posttest* dilakukan menggunakan rumus berikut:⁵⁹

$$\text{Nilai} = \frac{\text{skor perolehan}}{\text{skor ideal}} \times 100$$

nilai yang diperoleh dikategorikan berdasarkan Tabel 3.12

Tabel 3. 12
Kategori Nilai Aktivitas Siswa

Kategori	Rentang Nilai
Sangat Tinggi	≥ 87
Tinggi	58-86
Sedang	30-57
Rendah	16-29
Sangat Rendah	≤ 15

Dalam desain ini sampel dipilih secara random kemudian diberi perlakuan *pretest* dan *posttest* untuk mengetahui perbedaan keadaan awal sebelum menggunakan dan setelah menggunakan media AR. Data yang diperoleh dari hasil uji coba *pretest* dan *Posttest* dilanjutkan dengan uji prasyarat dan uji analisis data yaitu

⁵⁹ Isrokatun et al., *Pembelajaran Matematika Dan Sains Secara Integratif Melalui Situation-Based Learning* (UPI Sumedang Press, 2020). 144

Uji Normalitas, Uji *T-test*, dan Uji *Paired Sample T-test* dengan berbantuan aplikasi *software IBM SPSS 26* untuk mengetahui efektivitas media *Augmented reality* yang telah dikembangkan.

1) Uji Normalitas

Uji normalitas adalah sebuah uji yang dilakukan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Pengujian dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* karena data yang digunakan dalam penelitian ini < 50 responden.

Rumus dari uji *Shapiro-Wilk*⁶⁰ sebagai berikut;

$$T_3 = \frac{1}{D} \left[\sum_{i=1}^k a_i (X_{n-i+1} - X_i) \right]$$

Keterangan:

D : Berdasarkan rumus dibawah

a_i : Koefisien test Shaprio Wilk

X_{n-i+} : Angka ke $n-i + 1$ pada data

X_i : Angka ke- i pada data

$$D = \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{x})^2$$

X_i : Angka ke- i pada data

$\bar{X}$: Rata-rata data

⁶⁰ Tri Cahyono, *Statistik Uji Normalitas* (Purwokerto: Yayasan Sanitarian Banyumas, 2015).23-24

$$G = b_n + \ln \left(\frac{T_3 - d_n}{1 - T_3} \right)$$

G : Identik dengan nilai Z distribusi normal

T_3 : Konversi Statistik Shapiro-Wilk Pendekatan Distribusi Normal

b_n, c_n, d_n : Konversi Statistik Shapiro-Wilk Pendekatan Distribusi Normal

Perhitungan uji normalitas tidak dilakukan secara manual namun berbantuan menggunakan *software IBM SPSS 26 for windows* dengan ketentuan apabila nilai signifikansi > 0,05 pada taraf signifikansi 5% maka dapat dikatakan normal.

Apabila data berdistribusi normal, maka selanjutnya adalah melakukan uji parametrik yaitu Uji Paired Sample T-test.

Apabila nilai signifikan < 0,05 data tersebut berdistribusi tidak normal atau tidak berdistribusi normal maka dilakukan uji non parametrik menggunakan Uji Wilcoxon.

2) Uji Paired Sample T-test

Uji Paired Sample T-test atau uji berpasangan yaitu salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas berpasangan. Ciri-ciri yang paling sering ditemui pada kasus yang berpasangan adalah satu individu (objek penelitian) dikenai 2 buah perlakuan yang berbeda. Walaupun menggunakan individu yang sama, peneliti tetap memperoleh 2

macam data sampel yaitu data dari perlakuan perlakuan kedua dengan rumus⁶¹ :

$$t_{hit} = \frac{\bar{D}}{\frac{SD}{\sqrt{n}}}$$

Ingat

$$SD = \sqrt{var}$$

$$var (s^2) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Keterangan:

t : nilai t hitung

$\bar{D}$: rata-rata selisih pengukuran 1 dan 2

SD : standar deviasi selisih pengukuran 1 dan 2

n : jumlah sample.

Hipotesis yang diperoleh yaitu $t_{hit} > t_{tab}$ berbeda secara signifikansi yang artinya H_0 ditolak dan $t_{hit} < t_{tab}$ Tidak berbeda secara signifikan H_0 diterima.

3) Uji Wilcoxon

Uji Wilcoxon merupakan bagian dari statistik non-parametrik yang merupakan pasangan dari *paired sample t-test* saat asumsi tidak berdistribusi normal.⁶² Tujuan dilakukan uji

⁶¹ Nuryadi, Endang Sri Utam, and M. Budiantara, *Dasar-Dasar Statistik Penelitian* (Yogyakarta: Sibuku Media, 2017).101-102

⁶² Sulaiman Sulaiman, M. Agus, and Indramini Indramini, "Pengaruh Penggunaan Media Film Animasi Terhadap Kemampuan Menulis Teks Narasi Siswa Kelas VII Smp Negeri 2 Galesong Selatan Kabupaten Takalar," *Kode : Jurnal Bahasa* 11, no. 3 (September 27, 2022):

Wilcoxon yaitu untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata antara dua sampel yang saling berpasangan. Menurut Ghozali dan Castellan rumus mencari nilai Z hitung yaitu.⁶³

$$Z_T = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T}$$

Dimana:

$$\mu_T = \frac{n(n+1)}{4} \rightarrow \text{jumlah mean peringkat}$$

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}} \rightarrow \text{standar deviasi}$$

H_0 ditolak jika distribusi normal $p\text{-value} \leq 0,05$.

Keterangan :

Z : Z score hasil perhitungan *Wilcoxon Signed Rank Test*

μ_T : Mean

T : Jumlah ranking positif

n : Jumlah sampel

Hipotesis diperoleh dari :

H_0 : Tidak terdapat peningkatan setelah diberikan media *augmented reality*.

H_a : Terdapat peningkatan setelah diberikan media *augmented reality*.

Perhitungan uji signifikan tersebut akan dilakukan dengan

menggunakan *Microsoft Office Exel 2013* dan berbantuan *software SPSS (Statistical Product and Service Solution) 26.0 for Window*.

4) Uji *N-Gain*

Uji *N-Gain* adalah metode yang umum digunakan untuk mengukur efektivitas suatu pembelajaran.⁶⁴ Uji *N-Gain* pada penelitian ini dilakukan untuk mengukur seberapa besar peningkatan antara hasil *pretest* dan *posttest* sesudah menggunakan media pembelajaran *Augmented reality*. Keefektifan dapat dilihat dari skor yang diperoleh peserta didik melalui.

$$N - Gain = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Or Pretest}}{\text{Skor maksimal} - \text{skor pretest}}$$

Untuk melihat kategori besarnya peningkatan skor *N-Gain*, dapat mengacu pada kriteria Gain ternormalisasi dalam Tabel 3.12. sedangkan untuk menentukan tingkat keefektifan penerapan media *Augmented reality* dapat mengacu pada Tabel 3.13.

Tabel 3. 13
Kategori Skor *N-Gain*

Skor	Kategori
$\geq 0,70$	Tinggi
0,30-0,70	Sedang

⁶⁴ Moh. Irma Sukarelawan, Toni Kus Indratno, and Suci Musvita Ayu, *N-Gain vs Stacking Analisis Perubahan Abilitas Peserta Didik Dalam Desain One Group Pretest-Posttest* (Suryacahya, 2024). 9-11

Skor	Kategori
0,00-0,29	Rendah

Untuk mengetahui sejauh mana efektivitas media pembelajaran *Augmented reality* dalam pembelajaran dapat dilihat melalui Tabel 3.13.

Tabel 3. 14
Kriteria Penentuan Keefektifan *N-Gain*

Persentase (%)	Interpretasi
<40 %	Tidak Efektif
40%-55%	Kurang efektif
56%-75%	Cukup Efektif
>76%	Efektif

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyajian Data Uji Coba

Media pembelajaran *Augmented reality* (AR) melalui Assemblr dikembangkan menggunakan model ADDIE yang terdiri dari tahap *Analyze* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi) dan *Evaluate* (Evaluasi).⁶⁵ Hasil *Research and Development* yang diperoleh berupa media pembelajaran *Augmented reality* AR pada materi Daur Biogeokimia berbantuan *canva.com* yang dapat diakses melalui QR.



Gambar 4. 1
Barcode produk Augmented reality
Gambar 4.1 Barcode produk *Augmented reality*

⁶⁵ Branch, *Instructional Design*. hal 1-2

Pelaksanaan tahapan penelitian ini disajikan pada uraian berikut.

1. Tahap Analyze (Analisis)

a. Analisis Kesenjangan Kinerja

Analisis kesenjangan peserta didik pada tahap ini dilakukan wawancara dengan Ibu Wilis Anggraeni, S.Si selaku guru biologi kelas X MAN 3 Banyuwangi. Hasil wawancara dengan guru biologi tersebut secara rinci disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1
Hasil Wawancara

NO	Aspek Kebutuhan	Pertanyaan	Jawaban
1	Integrasi dengan kurikulum	Apa saja bahan ajar yang digunakan oleh ibu pada pelajaran biologi ?	Sejak kurikulum merdeka pembelajaran lebih bervariasi dari sebelumnya. Selain menggunakan buku paket di sekolah MAN 3 Banyuwangi juga terdapat UKBM (Unit Kegiatan Belajar Mandiri). Selain itu sekolah juga bekerjasama dengan platform pembelajaran Quipper guna menunjang pembelajaran, baik diluar sekolah maupun didalam sekolah untuk membantu proses pembelajaran.
2	Sarana dan prasarana pembelajaran	Apakah metode pembelajaran biologi yang sering digunakan?	Metode pembelajaran yang sering diterapkan yaitu ceramah.
3	Penggunaan media pembelajaran	Media pembelajaran apa yang sering digunakan ?	Powerpoint dan lembar teks lainnya
4	Potensi Media <i>Augmented reality</i>	Apakah sebelumnya ibu pernah menerapkan pembelajaran biologi menggunakan	Belum, jadi untuk media yang berbau tentang teknologi sekolah belum menggunakan secara

NO	Aspek Kebutuhan	Pertanyaan	Jawaban
		<i>Augmented reality?</i>	maksimal terkait media-media terbaru.
5	Tantangan pembelajaran	Apakah terdapat kendala dalam proses pembelajaran biologi di kelas khususnya pada pokok bahasan Daur Biogeokimia ?	Iya, pada materi ini biasanya siswa hanya membayangkan apa yang terjadi pada biogeokimia sehingga beberapa siswa tidak antusias dalam pembelajaran dan mengalami kesulitan dalam memahami proses yang terjadi.

Berdasarkan hasil wawancara pada Tabel 4.1. diketahui bahwa variasi media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran biologi belum sepenuhnya terlaksana dengan maksimal. Selain menggunakan perangkat pendukung pembelajaran seperti buku sekolah tersebut juga mengembangkan pembelajaran melalui *Quipper*. Dalam pembelajaran tersebut peserta didik belum mampu menganalisis materi dengan baik sehingga pada level *Senior Hight School* peserta didik belum meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan tujuan pembelajaran belum tercapai sesuai dengan target.

b. Analisis Kebutuhan Peserta Didik

Untuk mengetahui karakteristik, potensi dan tantangan yang dihadapi oleh peserta didik dalam pembelajaran maka dilakukan penyebaran angket melalui *G-form* terhadap 12 responden pada 25 November 2024. Angket tersebut berisi pertanyaan sebanyak 7 butir dengan opsi jawab pilihan ganda.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan peserta didik menunjukkan bahwa adanya peluang penggunaan media *Augmented reality* dalam pembelajaran materi daur biogeokimia dengan 50% peserta didik menggolongkannya termasuk tidak mudah. Media *Augmented reality* ini dapat memberikan visualisasi yang menarik dalam memahami materi tersebut dengan memanfaatkan teknologi yang digunakan dalam pembelajaran. Pada tahap ini dilakukan observasi dengan peserta didik secara tidak terstruktur.

c. Analisis Konsep

Analisis konsep dilakukan untuk menghubungkan konsep teori yang akan dicantumkan pada media *Augmented reality* yang dibuat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2
Analisis Sub Konsep

No	Pokok Materi	Konten
1.	Konsep daur biogeokimia	Teori daur biogeokimia
2.	Macam-macam daur biogeokimia	1. Daur Hidrologi a. Evaporasi b. Kondensasi c. Presipitasi d. Infiltrasi
		Daur karbon a. Proses fotosintesis b. Rantai makanan c. Respirasi d. Proses dekomposisi e. Pembakaran bahan bakar fosil
		Daur Nitrogen a. Fiksasi b. Nitrifikasi c. Asimilasi d. Amonifikasi

		e. Denitrifikasi
		Daur Sulfur a. Pembentukan asam sulfat b. Penyusun protein c. Penguraian d. Pembentukan sulfur
		Daur fosfor a. Pelapukan batuan b. Penyerapan oleh tanaman dan hewan c. Dekomposisi
3.	Dampak ketidakseimbangan daur biogeokimia	1. Deforestasi 2. Eutrofikasi 3. Pemanasan global 4. Pembakaran bahan bakar fosil

d. Analisis Tujuan Pembelajaran

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru biologi kelas X di MAN 3 Banyuwangi menyebutkan bahwa sekolah sudah menerapkan kurikulum merdeka dalam pembelajaran, sehingga guru memiliki fleksibilitas dalam merancang pembelajaran. Berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) maka dilakukan perumusan yang disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3
Hasil Analisis Tujuan Pembelajaran

Capaian Pembelajaran	Tujuan Pembelajaran
Pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan.	1. Media pembelajaran dengan <i>Augmented reality</i> melalui Assemblr studio peserta didik mampu menganalisis konsep daur biogeokimia secara audiovisual. 2. Media pembelajaran dengan <i>Augmented reality</i> melalui Assemblr studio peserta didik mampu mengidentifikasi macam-

	macam daur biogeokimia dengan visualisasi yang nyata. 3. Media pembelajaran dengan <i>Augmented reality</i> melalui Assemblr peserta didik mampu menganalisis dampak ketidakseimbangan daur biogeokimia dengan tepat.
--	---

2. Tahap *Design* (Perencanaan)

Tahap Perencanaan (*Design*) merupakan tahap kedua yang dilakukan pada penelitian dalam menyusun media *Augmented reality* melalui Assemblr. Tahap ini bertujuan untuk merancang materi, desain, dan instrument yang akan digunakan pada tahap pengembangan yang terdiri dari berikut.

a. Rancangan Desain

Rancangan format media *Augmented reality* disusun menggunakan dua *platform* yaitu Assemblr studio dan *Canva* dan memanfaatkan aplikasi *Microsoft Word 2010* untuk menyusun materi yang diperoleh dari berbagai sumber belajar. Pembuatan produk dimulai dengan tahapan penyusunan konsep materi, isi dan penyesuaian ilustrasi visual yang terdapat pada platrom *Canva*. Desain media secara rinci disajikan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4. 4
Rancangan Desain pada Media *Augmented reality*

No	Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	Letak pada Media
1	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Peserta didik diajak untuk menjelajahi konsep teori berdasarkan animasi dan interaksi objek secara menyeluruh melalui platform canva dan assemblr studio.
2	Strategi dan taktik (<i>strategies and tactics</i>)	Memahami anotasi teks narasi pada setiap visualisasi objek 3D maupun 2D dalam tahapan daur hidrogen, daur nitrogen, daur karbon, daur fosfor, dan daur sulfur sehingga peserta didik mampu memahami secara detail tanpa perlu tahapan yang rumit. Identifikasi visual dapat berpotensi peserta didik untuk mengajukan pertanyaan secara objektif.
3	Membuat penjelasan lanjut (<i>advanced clarification</i>)	Penyajian objek disediakan sesuai dengan fakta visual delingkungan yang nyata sehingga dapat mendorong peserta didik untuk mencari informasi secara eksternal

1) Rancangan awal



Gambar 4. 2
Cover Media

Bertujuan untuk sebagai pengantar media *Augmented reality*. Rancangan ini berisi bagian elemen cover, informasi pembuat, kompetensi yang terdiri dari *Quiz*, materi, dan tautan link *Augmented reality* yang mengarah pada assemblr studi.

Perancangan cover dilakukan dengan mendesain bentuk menggunakan animasi yang menarik yang terdiri dari tema media *augmented reality*.



Gambar 4. 3
Menu Utama

Pada rancangan menu terdiri dari empat bagian utama yaitu Kompetensi yang mencakup Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran. Kedua identitas pembuat yang terdiri Nama, Tempat tanggal lahir, dan asal instansi. Ketiga materi yang telah disesuaikan dengan konsep dasar pada materi daur biogeokimia. Keempat petunjuk penggunaan media AR.

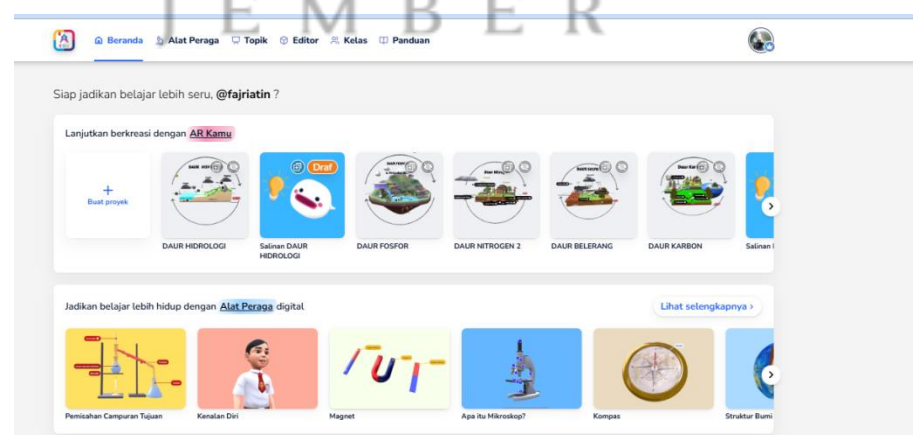


Gambar 4. 4
Petunjuk Penggunaan Media

Pada rancangan petunjuk penggunaan media terdapat tautan untuk mengakses media AR di *platform assembler studio*.

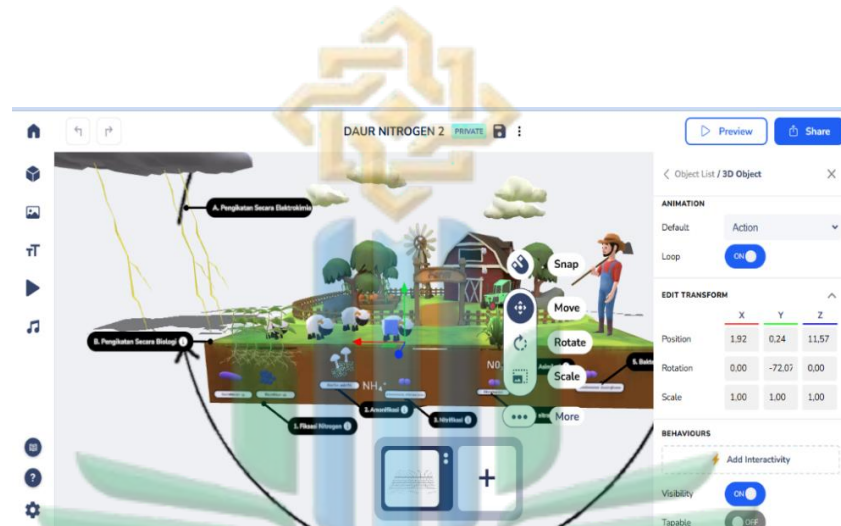
2) Rancangan Isi Media *Augmented Reality* Materi Daur Biogeokimia

Berisi visualisasi materi yang tersedia secara audiovisual, penyusunan *scene* pada setiap elemen 3D maupun 2D dan terdapat informasi materi yang dapat diakses.



Gambar 4. 5
Menu Utama

Pembuatan produk *Augmented reality* melalui Assemblr studio diawali dengan menentukan warna background dilanjutkan memilih objek 3D yang sesuai dengan tema lalu *drag-and-drop* pada tatakan objek.



Gambar 4. 6
Pengaturan Scale

Atur posisi, rotasi, dan skala setiap objek yang dipilih pada menu edit transformasi X,Y, dan Z tambahkan narasi teks pada menu anotasi.



Gambar 4. 7
Penambahan Narasi Teks

Dilanjutkan dengan pendukung seperti tulisan, ikon dengan bentuk 3D, kombinasi warna, dan *sticky annotation* sehingga lebih menarik dan sesuaikan tinggi, lebar dan panjang dengan kebutuhan transisi pada setiap tampilan materi.



Gambar 4. 8
Penambahan Interaktivitas

Sesuaikan interaktivitas pada objek untuk membuat media semakin menarik.



Gambar 4. 9
Impor Media AR

Tahap terakhir rancangan media AR yaitu dengan mengimpor proyek yang telah selesai dan pilih *place it in your room* untuk mengakses media pada platform

Assemblr ini juga dirancang pada akses view 3D dan scan marker yang dapat dimanfaatkan. Berikut marker yang dapat diakses pada materi daur biogeokimia:



Gambar 4. 10
Daur Hidrologi

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R



Gambar 4. 11
Daur Sulfur



Gambar 4. 12
Daur Nitrogen



Gambar 4. 13
Daur Karbon



Gambar 4. 14
Daur Fosfor

3. *Development* (Pengembangan)

Tahap mengembangkan produk *Augmented reality* dilakukan berdasarkan rancangan media awal yang telah disusun pada tahap desain. Pengembangan lanjutan dari media pembelajaran yang telah dibuat pada tahap desain berdasarkan data hasil pengisian angket validasi berupa skor penilaian, saran dan komentar dari validator ahli media, ahli materi dan ahli evaluasi yang dikaji pada sub bab revisi produk. Berikut data hasil validasi dari para ahli.

a. Validasi Materi

Tabel 4. 5
Validasi Ahli Materi

No.	Indikator Penilaian	Validator
		Nilai
1.	Ketepatan materi dengan tujuan pembelajaran	4
2.	Materi pada media <i>Augmented reality</i> sesuai dengan capaian pembelajaran	5
3.	Kelengkapan materi pada media <i>augmented reality</i> sesuai dengan capaian pembelajaran	5
4.	Media <i>Augmented reality</i> sesuai dengan perkembangan peserta didik	5
5.	Ketepatan objek 3D sesuai dengan konsep materi daur biogeokimia	5
6.	<i>Augmented reality</i> sesuai dengan perkembangan teknologi ilmu pengetahuan	5
7.	Evaluasi pada materi daur	5
8.	biogeokimia mendorong rasa ingin tahu peserta didik	5
9.	Terdapat petunjuk penggunaan	5
10.	Keakuratan ilustrasi,dan kualitas pada materi Daur Biogeokimia	4
11.	Penyusunan kata dan kalimat menunjukkan keruntutan materi yang disajikan dalam <i>augmented reality</i>	4

No.	Indikator Penilaian	Validator
12.	Materi daur biogeokimia pada media <i>Augmented reality</i> menggunakan kalimat yang mudah dipahami	4
13.	<i>Augmented reality</i> memberikan daya tarik pada materi sistem daur biogeokimia	5
14.	Terdapat petunjuk penggunaan dalam <i>Augmented reality</i> yang jelas	5
15.	Kalimat dalam materi daur biogeokimia yang digunakan mudah dipahami	5
16.	Kesesuaian materi daur biogeokimia dengan kaidah bahasa Indonesia yang baku	5
Total Skor		66
Presentase $P_h = \frac{\sum x}{\sum K_i} \times 100\%$ $P_h = \frac{66}{75} \times 100\% = 88\%$		88%
Kriteria		Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 4.5. diperoleh hasil penelitian oleh ahli materi bapak Bayu Sandika, S.Si., M.Si pada materi daur biogeokimia yang disajikan pada media pembelajaran *Augmented reality* dengan presentase validator yang diperoleh sebesar 88% dengan skor total sebanyak 66. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi dalam media *Augmented reality* dapat digunakan oleh peserta didik dengan kategori sangat valid.

b. Validasi Media

Tabel 4. 6
Validasi Ahli Media

No.	Indikator Penilaian	Validator
		Nilai
1.	Pengembangan <i>Augmented reality</i> melalui Assemblr Edu efektif dan efisien	5
2.	Media <i>Augmented reality</i> melalui Assemblr Edu mudah diaplikasikan	4
3.	Media <i>Augmented reality</i> melalui Assemblr edu sudah kompatibilitas	4

No.	Indikator Penilaian	Validator
4.	Kecepatan pada kamera menampilkan gambar	5
5.	Desain gambar marker sesuai dengan objek 3D	5
6.	Kombinasi warna gambar dan video sesuai dengan konteks materi	5
7.	Kejelasan petunjuk pengguna	5
8.	Kelancaran dalam pengoperasian <i>augmented reality</i>	4
9.	Media <i>Augmented reality</i> dapat digunakan sebagai alternatif dan inovasi media pembelajaran siswa	5
10.	Kualitas dan tampilan media dapat mendukung untuk memahami materi pembelajaran	5
11.	Meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta menarik untuk peserta didik.	5
12.	Dapat digunakan sebagai media pembelajaran mandiri bagi siswa	5
13.	Kebermanfaatan bagi siswa dan guru sebagai media pembelajaran yang menarik	5
Total Skor		62
Presentase		95%
$p_h = \frac{\sum x}{\sum k_i} \times 100\%$ $P_h = \frac{62}{65} \times 100\% = 95\%$		
Kriteria		Sangat Valid

Validasi ahli media dilakukan oleh bapak Dr. Husni Mubarak, S. Pd., M.Si sebagai validator ahli media. Hasil presentase validasi diperoleh dari ahli media disajikan pada tabel 4.6. dengan hasil penelitian yang diperoleh dari ahli media pada materi daur biogeokimia yang disajikan pada media pembelajaran *Augmented reality* dengan presentase validator sebesar 95% dengan jumlah skor 62. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media *Augmented reality* dapat digunakan oleh peserta didik dengan kategori sangat valid.

c. Validasi Evaluasi

Tabel 4. 7
Validasi Ahli Evaluasi

No.	Indikator Penilaian	Validator
		Nilai
1.	Soal daur biogeokima sesuai dengan kurikulum dan tingkat kognitif siswa	5
2.	Bahasa mudah dipahami dan tidak ambigu	5
3.	Indikator berpikir kritis relevan dan terukur	5
4.	Soal memenuhi kriteria validitas dan mengukur kemampuan berpikir kritis siswa	4
5.	Proporsi soal seimbang dan representatif untuk setiap indikator berpikir kritis	4
6.	Konteks soal relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa dan aplikatif.	5
7.	Pokok soal mencerminkan isu-isu terkini terkait daur biogeokimia	5
8.	Tata letak angket menarik, mudah dibaca, dan tidak membingungkan	5
9.	Waktu pengerjaan memadai	5
10.	Instruksi pengerjaan soal jelas dan mudah diikuti.	5
Total Skor		48
Presentase $P_h = \frac{\sum x}{\sum K_i} \times 100\%$ $P_h = \frac{48}{50} \times 100\% = 96\%$		96%
Kriteria		Sangat valid

Validasi ahli evaluasi dilakukan oleh bapak Ibu Ira Nurmawati, M.Pd. sebagai validator ahli evaluasi. Hasil presentase validasi diperoleh dari ahli media disajikan pada Tabel 4.7 yang diperoleh dari hasil penelitian oleh ahli media pada materi daur biogeokimia yang disajikan pada media pembelajaran *Augmented reality* dengan presentase validator sebesar 96% dengan jumlah skor 48. Hasil tersebut menunjukkan bahwa

media *Augmented reality* dapat digunakan oleh peserta didik dengan kategori sangat valid.

4. Implement (Implementasi)

Pada tahap ke empat yaitu implementasi produk *Augmented reality* yang telah mengalami tahap pengembangan oleh para ahli sesuai dengan saran dan perbaikan dengan tujuan untuk mengetahui respon peserta didik dan keefektifan dari media tersebut. Instrumen yang dibutuhkan untuk mengetahui respon peserta didik berupa lembar angket dan soal *pretest-posttest* untuk mengetahui tingkat keefektifan produk. Berikut hasil data yang diperoleh.

a. Hasil Uji Coba Skala Kecil

Uji coba skala kecil dilakukan untuk mengetahui respon peserta didik terhadap media *Augmented reality* melalui *assemblr* studio. Uji coba ini dilakukan dengan memberikan angket secara langsung pada 9 peserta didik kelas X6 MAN 3 Banyuwangi yang dipilih secara acak. Berikut nilai respon peserta didik ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8
Hasil Uji Skala Kecil

NO	Responden	Nilai	Nilai Maksimal	Persentase	Kriteria
1	R1	56	60	93%	Sangat Menarik
2	R2	57	60	95%	Sangat Menarik
3	R3	55	60	92%	Sangat Menarik
4	R4	56	60	93%	Sangat Menarik
5	R5	57	60	95%	Sangat Menarik
6	R6	56	60	93%	Sangat Menarik
7	R7	56	60	93%	Sangat Menarik
8	R8	59	60	98%	Sangat Menarik

9	R9	57	60	95%	Sangat Menarik
JUMLAH		509	540	94,25%	Sangat Menarik
RATA-RATA		56,55	60		

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari uji coba skala kecil dapat diketahui melalui Tabel 4.8. dengan jumlah 9 responden mendapatkan rata-rata persentase 94% sehingga dapat dikategorikan sangat valid pada interval 85%-100%.

b. Hasil Uji Skala Besar

Uji coba skala besar dilakukan untuk mengetahui respon peserta didik terhadap media *augmented reality* melalui assemble studio. Uji coba ini dilakukan dengan memberikan angket melalui *G-form* pada 26 peserta didik kelas X6 MAN 3 Banyuwangi. Selain mengisi angket pada uji coba skala besar juga dilakukan untuk mengetahui keefektifan media *Augmented reality* melalui *pretest-posttest*. Berikut hasil nilai respon peserta didik ditampilkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9
Hasil Uji Skala Besar

NO	Responden	Nilai	Nilai Maksimal	Persentase	Kriteria
1	R1	56	60	93%	Sangat Menarik
2	R2	55	60	92%	Sangat Menarik
3	R3	55	60	92%	Sangat Menarik
4	R4	52	60	87%	Menarik
5	R5	59	60	98%	Sangat Menarik
6	R6	58	60	97%	Sangat Menarik
7	R7	57	60	95%	Sangat Menarik
8	R8	60	60	100%	Sangat Menarik
9	R9	54	60	90%	Sangat Menarik
10	R10	52	60	87%	Menarik

NO	Responden	Nilai	Nilai Maksimal	Persentase	Kriteria
11	R11	56	60	93%	Sangat Menarik
12	R12	58	60	97%	Sangat Menarik
13	R13	56	60	93%	Sangat Menarik
14	R14	56	60	93%	Sangat Menarik
15	R15	54	60	90%	Sangat Menarik
16	R16	55	60	92%	Sangat Menarik
Jumlah		893	960	93,33%	Sangat Menarik
Rata-Rata		55,8125	60		

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dari uji coba skala besar dapat diketahui melalui Tabel 4.9 peserta didik mendapatkan rata-rata persentase 93% sehingga nilai tersebut dapat dikategorikan sangat valid pada interval 85%-100%.

c. Uji Keefektifan Media Augmented Reality

Untuk mengetahui sejauh mana produk yang dikembangkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa maka dilakukan uji efektivitas. Sebelum menggunakan media pembelajaran *Augmented reality* peserta didik diberikan *pretest* sebagai perlakuan awal dari pengujian efektivitas. Setelah penggunaan media pembelajaran ini peserta didik diberikan *posttest* yang memberikan gambaran seberapa efektif produk yang dibuat. Hasil *pretest* dan *posttest* untuk kelas X6 MAN 3 Banyuwangi dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10
Hasil Pretest dan Posttest

No	Responden	Nilai Pretest		Nilai Posttest	
		Skor	Kategori	Skor	Kategori
1	R1	45	Sedang	80	Sangat Tinggi
2	R2	50	Sedang	85	Sangat Tinggi
3	R3	45	Sedang	80	Sangat Tinggi
4	R4	45	Sedang	75	Tinggi
5	R5	50	Sedang	85	Sangat Tinggi
6	R6	55	Sedang	90	Sangat Tinggi
7	R7	50	Sedang	85	Sangat Tinggi
8	R8	25	Rendah	85	Tinggi
9	R9	45	Sedang	95	Sangat Tinggi
10	R10	40	Sedang	85	Tinggi
11	R11	55	Sedang	95	Sangat Tinggi
12	R12	50	Sedang	95	Sangat Tinggi
13	R13	45	Rendah	90	Sangat Tinggi
14	R14	65	Sedang	90	Sangat Tinggi
15	R15	55	Sedang	85	Sangat Tinggi
16	R16	40	Sedang	90	Sangat Tinggi
17	R17	45	Sedang	90	Sangat Tinggi
18	R18	55	Sedang	95	Sangat Tinggi
19	R19	45	Sedang	95	Sangat Tinggi
20	R20	55	Sedang	85	Tinggi
21	R21	40	Sedang	85	Sangat Tinggi
22	R22	50	Sedang	85	Tinggi
23	R23	55	Sedang	85	Sangat Tinggi
24	R24	55	Sedang	90	Sangat Tinggi
25	R25	45	Sedang	80	Sangat Tinggi
26	R26	60	Sedang	85	Tinggi
JUMLAH		1265	Sedang	2265	Sangat Tinggi
RATA-RATA		48,7		87,1	

Berdasarkan uji keefektifan media AR yang dilakukan satu kelas di X6 menggunakan *One Group Pretest Posttest Design*. Data pretest diperoleh dari hasil penilaian peserta didik sebelum menggunakan media AR, sedangkan *posttest* diperoleh dari hasil

penilaian peserta didik setelah menggunakan media pembelajaran AR. Berdasarkan Tabel 4.10 dari hasil *pretest* dan *posttest* diketahui jumlah skor *pretest* 1265 dengan rata-rata sebesar 48,7 yang dikategorikan sedang. Pada skor *posttest* diperoleh 2265 dengan rata-rata 87,1 yang dikategorikan sangat tinggi. Setelah mendapatkan hasil *pretest* dan *posttest* selanjutnya dilakukan uji hipotesis yang dimulai dari uji prasyarat.

1) Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui efektivitas dari data hasil *pretest-posttest* melalui uji prasyarat maka dilakukan Uji *Shapiro-Wilk*. Apabila hasil uji coba menunjukkan nilai signifikansi $<0,05$ maka data tersebut berdistribusi tidak normal, apabila data tersebut menunjukkan nilai signifikansi $>0,05$ maka data tersebut berdistribusi normal. Hasil uji coba normalitas menggunakan berbantuan SPSS versi 26 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11
Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest	.169	26	.054	.920	26	.044
Posttest	.231	26	.001	.900	26	.015

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari uji Shapiro-Wilk maka nilai signifikansi pada *pretest* sebesar 0,044 dan pada *posttest* sebesar 0,015 maka data penelitian berdistribusi tidak normal. Sehingga dari pengujian tersebut dilakukan uji non-parametrik menggunakan Uji Wilcoxon untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antara hasil *pretest* dan *posttest*

2) Uji Wilcoxon

Dari hasil Uji Normalitas maka diperoleh data tidak berdistribusi normal yang artinya dilanjutkan dengan uji coba Uji Wilcoxon. Pengujian ini dilakukan menggunakan SPSS versi 26 dengan hasil yang dapat diketahui pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12
Hasil Uji Wilcoxon

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Posttest - Pretest	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	26 ^b	13.50	351.00
	Ties	0 ^c		
	Total	26		

a. Posttest < Pretest

b. Posttest > Pretest

c. Posttest = Pretest

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari uji non-parametrik menggunakan uji Wilcoxon maka diperoleh data pada negative ranks tidak terdapat penurunan dari hasil mean ranks dan sum of ranks. Pada hasil positive ranks menunjukkan terdapat perbedaan sebesar 13.50 untuk nilai mean ranks dan sebesar 351.00 untuk

nilai sum of ranks sehingga nilai *pretest* dan *posttest* yang diperoleh dari 26 responden mengalami kenaikan.

Tabel 4. 13
Hasil Uji Statistik

	Posttest - Pretest
Z	-4.486 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Pada hasil uji statistik menunjukkan nilai signifikansi $<0,05$ yaitu sebesar 0,000 maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima dan terdapat perbedaan rata-rata nilai untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang signifikan antara *pretest-posttest*

3) Uji N-Gain

Uji N-Gain bertujuan untuk melihat bagaimana peningkatan sebelum dan sesudah menggunakan media. Analisis keefektifan produk *Augmented reality* diukur dengan hasil nilai *Pretest-Posttest*. Perhitungan *N-Gain* dilakukan menggunakan *software SPSS versi 26* dan hasil perhitungan dibandingkan dengan Tabel 4.14.

Tabel 4. 14
Hasil Perhitungan Uji N-Gain

Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	Gain Skor	Presentase
48,65	87,11	0,75	75 %

Pada Tabel 4.14 dapat diketahui perolehan nilai *N-Gain* sebesar 0,75. Berdasarkan Tabel 3.13 pada peningkatan skor *pretest* dan *posttest* termasuk dalam kategori tinggi. Sedangkan berdasarkan Tabel 4.15 maka diperoleh nilai presentase *N-Gain* sebesar 75% termasuk pada kriteria cukup efektif.

Tabel 4. 15
Deskriptif Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
NGAIN_SKOR	26	.55	.91	.7467	.10198
NGAIN_PERSEN	26	54.55	90.91	74.6732	10.19843
Valid N (listwise)	26				

Presentase cukup efektif. Sehingga dapat diketahui bahwa media *Augmented reality* cukup efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi daur biogeokimia di kelas X MAN 3 Banyuwangi.

5. *Evaluation* (Evaluasi)

Tahap ini bertujuan untuk menilai kualitas produk dan proses pembelajaran sebelum maupun sesudah tahap implementasi. Evaluasi yang dilakukan pada tahap ini mengacu pada tahap pengembangan yang dilakukan pada model ADDIE dan digunakan untuk menyempurkan produk setelah melewati tahap revisi dan validasi produk. Revisi dilakukan berdasarkan komentar dan saran dari validator ahli yaitu perbaikan dari pengajar verifikasi Ahli Pemberi Masukan (Dosen Pembimbing), ahli materi, ahli media dan ahli evaluasi berikut.

Tabel 4. 16
Komentar dan Saran Para Ahli

Nama Validator Ahli Pemberi Masukkan	Komentar dan saran
Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd	a. Tambahkan instrumen musik b. Perbaiki pada setiap tombol navigasi dan tambahkan tombol “klik disini” pada navigasi <i>Augmented reality</i> c. Letak susunan slide disesuaikan dengan menu

Tabel 4. 17
Komentar dan Saran Ahli Materi

Nama Validator Ahli Materi	Kritik dan saran
Bayu Sandika, S.Si. M.Si	- Cek dan pelajari kembali materi daur biogeokimia - Gunakan istilah dan definisi yang sesuai dengan teori di perguruan tinggi

Tabel 4. 18
Komentar dan Saran Ahli Media

Nama Validator Ahli Media	Kritik dan saran
Dr. Husni Mubarak, S.Pd., M.Si	- Logo dan judul diperbaiki pastikan sesuai dengan media yang digunakan - CP dan TP di tambahkan - Perhatikan penggunaan tombol <i>back</i> pada rumus <i>hyperlink</i> sesuai dengan bagian yang dituju - Perhatikan arah panah pada setiap elemen - Perhatikan kontras warna agar dapat terbaca dengan jelas - Aktifkan ketiga fitur yang tersedia pada web assemblr berupa , View 3D, <i>Scane Marker</i> dan <i>place it in your room</i>

Tabel 4. 19
Komentar dan Saran Ahli Evaluasi

Nama Validator Ahli Evaluasi	Kritik dan saran
Ira Nurmawati, S.Pd., M.Pd	- Perbaiki kesesuaian soal dengan indikator kemampuan berpikir kritis - Sesuaikan jawaban dengan teori terkait

B. Analisis Data

1. Analisis Data Validasi Ahli Materi

Berdasarkan Tabel validasi ahli materi yang dilakukan oleh bapak Bayu Sandika, S.Si., M.Si. Penilaian materi terdiri dari 16 pernyataan dengan jumlah skor yang diperoleh sebesar 66 dari total skor 75 kemudian dikalikan dengan 100%, sehingga persentase untuk validitas kriteria dapat diketahui sebesar 88% berdasarkan hasil validasi dengan kriteria sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang terdapat pada media AR yang dikembangkan sudah memiliki ketepatan penyajian materi yang sistematis dan mendapatkan penilaian yang baik. Setiap komponen materi yang terdapat dalam media telah ditinjau dari segi kelengkapan materi, kesesuaian objek 3D dengan konsep daur biogeokimia, dan keakuratan ilustrasi sehingga materi daur biogeokimia yang terdapat pada media AR sudah sesuai dan lengkap untuk ukuran media pembelajaran. didukung oleh pernyataan Ashari dalam penelitiannya yang menyebutkan bahwa media AR dapat digunakan untuk membantu memvisualisasikan konsep materi yang bersifat abstrak sehingga peserta didik dapat menerima materi dengan

mudah.⁶⁶ Penilaian validator ahli materi pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa produk *Augmented reality* pada materi daur biogeokimia melalui assemblr dinyatakan sangat valid oleh ahli materi dan layak digunakan dalam proses pembelajaran.

2. Analisis Data Validasi Ahli Media

Berdasarkan Tabel validasi ahli materi yang dilakukan oleh bapak Dr. Husni Mubarak, S.Pd., M.Si. pada penilaian media yang terdiri dari 13 pernyataan dengan jumlah skor yang diperoleh sebesar 62 dari total skor 65 kemudian dikalikan dengan 100%, sehingga persentase untuk validitas kriteria dapat diketahui sebesar 95% berdasarkan hasil validasi dengan kriteria sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa media AR yang dikembangkan memiliki desain media yang efektif dan efisien untuk mempelajari materi daur biogeokimia berdasarkan hasil penilaian validator ahli media. Media ini menampilkan dimensi tambahan narasi teks pada setiap penjelasan objek untuk mendukung peserta didik dalam menganalisis materi pembelajaran. Peserta didik dapat memperkaya pengalaman visual mereka dengan menggunakan visualisasi objek 3D maupun 2D secara nyata yang dapat membantu menjelaskan konsep yang kompleks serta penambahan tautan *website* untuk mengeksplor informasi lanjutan dalam media AR yang menjadikan materi pembelajaran lebih bervariasi dan memudahkan siswa untuk terlibat aktif. Sehingga media AR dapat digunakan sebagai inovasi media dengan kompatibilitas yang tersedia dalam assemblr studio. Hasil

⁶⁶ Ashari, "Analisis Pemanfaatan Media Pembelajaran Augmented Reality (Ar) Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis." 177-178

yang diperoleh dari penelitian ini sesuai dengan pendapat Shella salisna Rahmayani et al. yang menyebutkan bahwa penggunaan *Augmented reality* sebagai media pembelajaran dalam pembelajaran dapat memberikan pengalaman baru yang lebih mendalam kepada siswa sehingga pembelajaran menjadi lebih aktif karena penerapan pembelajarannya berpusat pada konteks dunia nyata.⁶⁷ Penggunaan media AR juga dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran, mengurangi kebosanan, dan meningkatkan daya ingat akan materi yang dipelajari, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 15
Peserta Didik Sedang Menggunakan Media AR

⁶⁷ Shella Salisna Rahmayani et al., “Studi Literatur: STEM Learning Berbasis Augmented Reality Guna Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa” 7 (2024). 291

Penggunaan media AR melalui assemblr studio dapat memberikan manfaat untuk peserta didik dalam mengeksplorasi materi daur biogeokimia dengan cara yang memungkinkan untuk mengajukan pertanyaan, melakukan penyelidikan untuk mengidentifikasi materi, dan membangun pemahaman. Pada penilain validator ahli media penelitian ini dapat disimpulkan bahwa produk *Augmented reality* pada materi daur biogeokimia melalui assemblr dinyatakan sangat valid oleh ahli materi dan layak digunakan dalam proses pembelajaran.

3. Analisis Data Validasi Ahli Evaluasi

Berdasarkan Tabel validasi ahli evaluasi yang dilakukan oleh ibu Ira Nurmawati, S.Pd., M.Pd pada penilaian angket validasi yang terdiri dari 10 pernyataan maka jumlah skor yang diperoleh sebesar 48 dari total skor 50 kemudian dikalikan dengan 100%, sehingga persentase untuk validitas kriteria dapat diketahui sebesar 96% sehingga hasil validasi yang diperoleh masuk pada kriteria sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa soal *pretest* dan *posttest* yang digunakan memenuhi kriteria untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa yang terdiri dari 5 soal dengan indikator dapat menganalisis argumen, mengidentifikasi, dan mengevaluasi asumsi-asumsi. Sehingga penilain validator ahli evaluasi pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa soal *pretest* dan *posttest* pada pengembangan media *Augmented reality* materi daur biogeokimia melalui assemblr dinyatakan sangat valid oleh ahli evaluasi dan layak digunakan dalam evaluasi pembelajaran.

4. Analisis Data Respon Peserta Didik

Uji respon peserta didik dilakukan setelah memperoleh hasil validasi dari ahli materi, ahli media dan ahli evaluasi. Media Augmented reality diuji cobakan kepada peserta didik kelas X MAN 3 Banyuwangi. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui respon peserta didik terhadap produk yang dikembangkan oleh peneliti berupa media *Augmented reality*. Pengujian respon peserta didik dilakukan sebanyak 2 kali melalui uji dengan skala kelompok kecil dan kelompok besar.

a. Analisis Kelompok Kecil

Uji kelompok kecil dilakukan sebanyak 9 peserta didik yang dipilih secara acak dari kelas X6 di MAN 3 Banyuwangi. Uji ini dilakukan pada 25 Februari 2025 dengan jumlah skor yang diberikan beragam oleh setiap siswa. Hasil angket respon peserta didik dalam uji skala kecil dapat dilihat pada Tabel 4.8 yang diperoleh presentase sebesar 94,25% dari 14 jumlah butir tinjauan, tersebut termasuk dalam kategori “sangat menarik”.

b. Analisis Kelompok Besar

Uji kelompok besar dilakukan sebanyak 16 peserta didik yang dipilih secara acak dari kelas X6 di MAN 3 Banyuwangi. Uji ini dilakukan pada 5 Maret 2025 dengan jumlah skor yang diberikan beragam oleh setiap siswa. Hasil angket respon peserta didik dalam uji skala besar dapat dilihat pada Tabel 4.9 yang diperoleh nilai rata-rata presentase sebesar 93% dari 14 jumlah butir tinjauan. Persentase

tersebut juga termasuk dalam kategori “sangat menarik”.

Media *Augmented reality* materi daur biogeokimia melalui assemblr merupakan media pembelajaran yang mengaitkan materi daur biogeokimia dengan menggunakan visualisasi yang nyata yang telah dilengkapi dengan petunjuk penggunaan yang cukup jelas. Media ini dapat digunakan guru dan peserta didik dengan tujuan untuk memudahkan dalam proses pembelajaran materi daur biogeokimia. berdasarkan hasil respon peserta didik diketahui bahwa media *Augmented reality* memiliki ilustrasi yang menarik sehingga peserta didik antusias dan media tersebut mampu meningkatkan tingkat kemampuan berpikir kritis.

5. Analisis Data Efektivitas

Uji keefektifan produk *Augmented reality* melalui assemblr pada materi daur biogeokimia dilakukan dengan uji coba skala besar kepada 26 peserta didik dari kelas X6 di MAN 3 Banyuwangi pada tanggal 5 Maret 2025. Hasil yang digunakan untuk menguji keefektifan ini diperoleh dari nilai *pretest* dan *posttest* dengan menggunakan soal *essay* sebanyak 5 butir soal yang sudah divalidasi. Sebelum dilakukan uji coba peserta didik diberikan soal *pretest* dahulu dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kemampuan peserta didik pada materi daur biogeokimia sebelum diberikan media pembelajaran yang telah dikembangkan oleh peneliti. Setelah diberikan pembelajaran menggunakan media *Augmented reality* kemudian diberikan soal *posttest* yang bertujuan untuk mengetahui keefektifan media terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Adapun hasil rata-rata yang diperoleh dari nilai uji *pretest* sebesar 48,7 dan rata-rata nilai *posttest* sebesar 87,1 yang mana hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan untuk membuktikan tingkat efektivitas produk *Augmented reality* yang digunakan dalam penelitian ini.

Hasil nilai *pretest* dan *posttest* yang diperoleh kemudian diuji menggunakan uji normalitas *Saphiro-Wilk* dengan bantuan SPSS versi 26. Berdasarkan Tabel 4.11 diketahui bahwa nilai signifikansi pada *pretest* dan *posttest* sebesar 0,04 dan 0,01 sehingga pengambilan keputusan dalam uji normalitas *Saphiro-Wilk* diatas data tidak berdistribusi normal. Pengujian dilanjutkan menggunakan uji non-parametrik menggunakan uji Wilcoxon, berdasarkan Tabel 4.12 menunjukkan nilai signifikansi yang diperoleh $<0,05$ yaitu sebesar 0,000 maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima dan terdapat perbedaan rata-rata nilai untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang signifikan antara *pretest-posttest*. Hasil perhitungan uji *N-Gain* untuk mengetahui tingkat efektivitas diperoleh nilai 0,75 dengan kriteria $\geq 0,70$ kategori tinggi dengan presentase sebesar 75% yang dikategorikan cukup efektif.

C. Revisi Produk

Revisi produk bertujuan untuk menyempurnakan desain produk sebagai respon atas saran dan masukan dari validator ahli agar dapat memenuhi tujuan pengajaran yang diinginkan yaitu meningkatkan kualitas dan efektivitas produk. Dari setiap elemen yang dievaluasi selama proses revisi termasuk tampilan cover, konten, dan kesesuaian media agar lebih maksimal dalam

mendukung pembelajaran. hasil perbandingan media *Augmented reality* materi daur biogeokimia sebelum dan sesudah direvisi.



1. Ahli Materi

Tabel 4. 20

Hasil Revisi Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) Berdasarkan Saran dan Komentar Dari Validator



Materi

Istilah dan definisi yang sesuai dengan teori di perguruan tinggi

2. Ahli Media

Tabel 4. 21

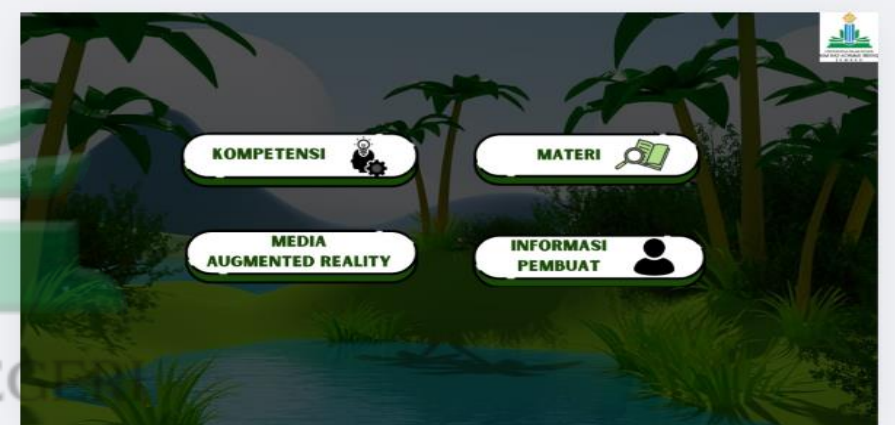
Hasil Revisi Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) Berdasarkan Saran dan Komentar Dari Validator Media

Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
	

Perbaikan pada tata letak penulisan pada bagian cover



Tambahan kompetensi pada bagian CP (Capaian pembelajaran) dan tata letaknya



Perbaikan pada urutan menu utama



Perbaikan pada bagian hyperlink



Perbaikan pada kontras warna pada elemen



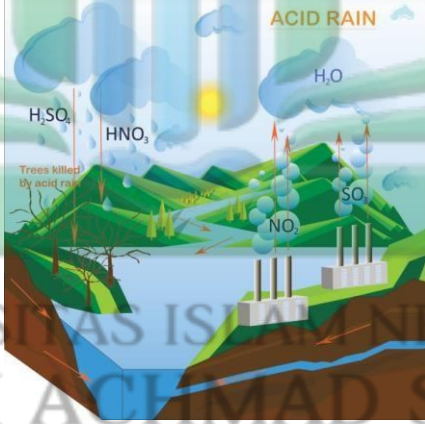
Tambahan elemen berputar sebagai suatu siklus pada setiap macam daur biogeokimia



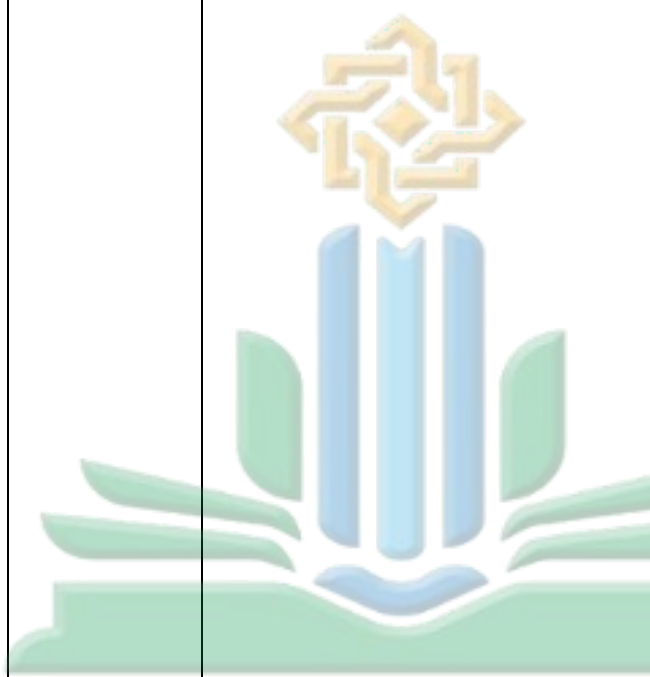
Mengaktifkan tiga fitur untuk mengakses yang dapat digunakan pada media

3. Ahli Evaluasi

Tabel 4. 22
Hasil Revisi Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR) Berdasarkan Saran dan Komentar Dari Validator Evaluasi

Aspek yang direvisi	Sebelum revisi	Sesudah revisi
Kesesuaian indikator pada setiap butir soal	1. Jelaskan apa yang kamu pahami tentang daur biogeokimia ? 2. Jelaskan menurutmu apa penyebab dari perubahan alam misalnya pemanasan global? 3. Analisis dampak ketidakseimbangan terjadinya hujan asam? 4. Bagaimana solusi terbaik untuk menanggulangi ketidakseimbangan daur hidrologi ! 5. Jelaskan bagaimana penggunaan pestisida secara berlebihan dapat mengganggu daur nitrogen dan fosfor ? 6. Bagaimana pencemaran merkuri mempengaruhi daur biogeokimia, khususnya daur air. Analisislah dampak jangka panjang terhadap 	1. Dalam ekosistem, daur hidrologi memainkan peran penting dalam menjaga ketersediaan air yang merupakan unsur esensial bagi kehidupan. Daur hidrologi melibatkan proses-proses seperti evaporasi, transpirasi, kondensasi, presipitasi, dan infiltrasi. Analisislah bagaimana gangguan pada salah satu tahap daur hidrologi dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem! Berikan satu contoh nyata dari dampak tersebut terhadap organisme yang hidup dalam ekosistem tersebut. 2. Penggunaan pestisida dalam pertanian bertujuan

	kesehatan manusia dan ekosistem! 7. Polusi udara di kota-kota besar menjadi permasalahan yang serius. Jelaskan bagaimana aktivitas manusia di perkotaan dapat mengganggu daur karbon dan nitrogen! 8. Hutan hujan tropis di Amazon memiliki peran penting dalam daur karbon global. Namun, deforestasi yang terus meningkat mengancam keseimbangan daur tersebut. Analisislah dampak deforestasi terhadap atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk senyawa organik daur karbon dan perubahan iklim global ! 9. Mengapa mikroorganisme memiliki peran penting dalam daur biogeokimia dan apa yang terjadi jika populasi mereka terganggu? 10. Apa saja inovasi yang dapat kita gunakan untuk meningkatkan efisiensi daur biogeokimia dalam konteks pembangunan berkelanjutan secara sederhana?	untuk mengendalikan hama dan meningkatkan hasil panen, namun penggunaan pestisida secara berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan. Analisislah upaya apa yang bisa dilakukan oleh petani agar penggunaan pupuk tidak mengganggu daur fosfor maupun nitrogen! 3. Daur nitrogen merupakan salah satu siklus biogeokimia yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Mikroorganisme berperan besar dalam proses ini, mulai dari fiksasi nitrogen hingga denitrifikasi. Identifikasilah jenis-jenis mikroorganisme yang berperan dalam daur nitrogen serta jelaskan fungsi masing-masing dalam setiap tahap siklus tersebut!
--	--	--

	 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ J E M B E R	4. Polusi udara di kota-kota besar menjadi permasalahan yang serius. Jelaskan bagaimana aktivitas manusia di perkotaan dapat mengganggu daur karbon dan nitrogen! 5. Pembakaran bahan bakar fosil yang terus meningkat dapat mengganggu keseimbangan daur karbon sehingga memicu terjadinya kenaikan suhu secara global. Bagaimana dampak jangka panjang terhadap ekosistem akibat peningkatan CO₂ dan Evaluasilah dampak peningkatan CO₂ terhadap keseimbangan ekosistem serta berikan solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak negatifnya!
--	---	---

BAB V

KAJIAN DAN SARAN

A. Kajian Produk yang Telah direvisi

Berdasarkan temuan penelitian dan analisis data, diperoleh bahwa:

1. Hasil validasi ahli materi menunjukkan persentase sebesar 88% yang mengindikasikan kategori sangat valid. Hasil validasi ahli media menunjukkan persentase sebesar 95% yang mengindikasikan kategori sangat valid. Hasil validasi ahli evaluasi menunjukkan persentase sebesar 96% yang mengindikasikan kategori sangat valid. Berdasarkan uji validitas tersebut maka media pembelajaran *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia dikategorikan sangat valid.

2. Hasil uji respon siswa

Hasil uji respon peserta didik pada uji coba lapangan diperoleh persentase rata-rata sebesar 94,25% dengan kategori sangat menarik pada uji skala kecil dan 93,33% pada uji skala besar. Berdasarkan uji coba maka dapat dikategorikan sangat menarik.

3. Hasil uji efektivitas media pembelajaran *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia sebagai media pembelajaran melalui pengujian dilanjutkan menggunakan uji non-parametrik menggunakan uji Wilcoxon yang menunjukkan nilai signifikansi yang diperoleh $<0,05$ yaitu sebesar 0,04 maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima dan terdapat perbedaan rata-rata nilai sebelum dan sesudah adanya media *Augmented reality* yang dibuktikan dari hasil uji N-

Gain yang diperoleh nilai sebesar 0,75 dengan kriteria $\geq 0,70$ kategori tinggi dengan presentase sebesar 75% yang dikategorikan cukup efektif.

Keunggulan dan kekurangan produk hasil pengembangan adalah:

a) Keunggulan Produk Hasil Pengembangan

Media *Augmented reality* melalui Assemblr studio pada materi daur biogeokimia sebagai media pembelajaran yang telah dikembangkan memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

- 1) Media *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia menarik perhatian siswa untuk belajar secara realistis dan dapat diakses dengan mudah.
- 2) Media *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia menyajikan materi yang ringkas, jelas, serta mudah dipahami melalui ilustrasi yang menarik.
- 3) Media *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia memiliki beberapa fitur seperti menyisipkan teks dan anotasi pada bagian objek yang diberikan interaktivitas sehingga berpeluang untuk siswa mampu menganalisis serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada peserta didik.

b) Kekurangan Produk Hasil Pengembangan

Media *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia sebagai media pembelajaran yang telah dikembangkan memiliki beberapa kekurangan yaitu:

- 1) Media *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur

biogeokimia terbatas pada materi daur biogeokimia dan akses jaringan data yang stabil.

- 2) Media *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia memerlukan peningkatan akun pro pada platform assemblr studio untuk objek 3d dan 2D selain yang tersedia secara gratis.

B. Saran Pemanfaatan, Diseminase, dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan media *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia dapat ditampilkan beberapa saran berikut:

13. Saran Pemanfaatan

- a. Media pembelajaran *Augmented reality* yang tersedia melalui link atau QR sebaiknya diberikan pada setiap peserta didik kelas X agar dapat diakses secara mandiri dan dipelajari kapan saja.
- b. Pendidik memberikan contoh ilustrasi serupa dengan contoh dalam media *Augmented reality* melalui assemblr studio untuk lebih meningkatkan kemampuan berpikir kritis yang dimiliki peserta didik.

2. Saran Diseminasi Produk

Media *Augmented reality* melalui assemblr studio pada materi daur biogeokimia memiliki potensi untuk disebarluaskan kepada siswa kelas X MIPA di seluruh MAN 3 Banyuwangi dengan tujuan untuk memfasilitasi proses pembelajaran siswa dan meningkatkan kapasitas berpikir kritis yang

dimiliki oleh peserta didik.

3. Saran Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Media pembelajaran *Augmented reality* melalui Assemlr studio yang dikembangkan terbatas pada materi daur biogeokimia dan dapat diakses apabila pengguna memiliki jaringan internet yang cukup stabil dan untuk fitur 3D dan 2D lanjutan memerlukan peningkatan akun pro pada platform assemlr studio. Oleh karena itu, pada pengembangan lebih lanjut memerlukan peningkatan visual dan kolaborasi melalui interaktivitas yang lebih realistis dan sinyal jaringan yang kuat.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Muafi As'ad and Aziz Abdullah. "Konsep Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi." *AL-MIKRAJ Jurnal Studi Islam dan Humaniora* 2, no. 2 (2021): 72–83.
- Agnes Irene Silitonga et al. "Implementasi Addie Model Dalam Pengembangan E-Module Berbasis Case Method." *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi* 6, no. 2 (October 13, 2022): 101, <https://doi.org/10.29103/sisfo.v6i2.10298>.
- Ahmad Farhan Sagara, "Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Versi Android Pada Materi Virus" (Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2022).
- Aisyah Fadilah et al. "Pengertian Media, Tujuan, Fungsi, Manfaat dan Urgensi Media Pembelajaran." *Journal of Student Research (JSR)* 1, no. 2 (2023): 01–17, <https://doi.org/10.55606/jsr.v1i2.938>.
- Alan Setyo Bawono And Galih Mahardika Christian Putra, "N IPS KELAS V SD," *Elementary School Teacher Journal* 6, no. 1 (2023): 4Pengembangan Augmented Reality Berbasis Assemblr Edu Pada Muatan Pelajara7–56.
- Anggy Giri Prawiyogi et al., "Penggunaan Media Big Book untuk Menumbuhkan Minat Membaca di Sekolah Dasar," *Jurnal Basicedu* 5, no. 1 (January 30, 2021): 446–52, <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i1.787>.
- Ardiansyah Harahap, Adi Sucipto, and Jupriyadi Jupriyadi. "Pemanfaatan Augmented Reality (Ar) Pada Media Pembelajaran Pengenalan Komponen Elektronika Berbasis Android." *Jurnal Ilmiah Infrastruktur Teknologi Informasi* 1, no. 1 (June 30, 2020): 20–25, <https://doi.org/10.33365/jiiti.v1i1.266>.
- Azhar Mada Raharja and Yusuf Suharto, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Pada Pembelajaran Geografi Materi Siklus Hidrologi Kelas X SMA," *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan* 7, no. 3 (August 7, 2024): 227–44, <https://doi.org/10.37329/cetta.v7i3.3500>.
- Batubara, Hamdan Husein. *Media Pembelajaran Efektif*. Semarang: Fatwa Publishing, 2020.
- Bayu Sandika, *EKOLOGI (Integrasi Islam Sains)* (Grobogan, Jawa Tengah: Yayasan Citra Dharma Cindekia, 2021).
- Departemen Agama Republik Indonesia. *Mushaf Aisyah Al-Qur'an Terjemah Dan Tafsir Untuk Wanita*: Bandung, Jabal, 2010.
- Diah latifah et al., "Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMK

Kelas Kekomposisi fungsi ditinjau dari Gaya Kognitif,” *Journal Mathematics Education Sigma [JMES]*, August 2, 2024, <https://doi.org/10.30596/jmes.v5i2.20785>.

Dini Ashari. “Analisis Pemanfaatan Media Pembelajaran Augmented Reality (Ar) Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis.” *Khazanah Pendidikan* 17, no. 1 (April 5, 2023): 176, <https://doi.org/10.30595/jkp.v17i1.16040>.

Fabio Arena et al. “An Overview of Augmented Reality.” *Computers* 11, no. 2 (February 19, 2022): 28, <https://doi.org/10.3390/computers11020028>.

Foster Obeng-Manu. “Effect of Financial Literacy on Investment Decision Among Economics Students.” *Journal of Finance & Economics Research* 7, no. 1 (January 2022): 16–30.

Haliza Shalsabillah, “Pengaruh Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) Pada Virus Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa (Studi Eksperimen Di Kelas X SMA Negeri Sumber Kabupaten Cirebon Tahun Ajaran 2023/2024)” (Universitas Siliwangi, n.d.).

Hamdan Husein Batubara. *Media Pembelajaran Efektif*. (Semarang: Fatawa Publishing, 2020)

Hamzah Pagarra et al., *Media Pembelajaran*, vol. 5 (Makassar: Badan Penerbit UNM, 2022).

Imas Cintamulya, “Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP berbasis Gaya Kognitif melalui Pembelajaran TPS (Think Pairs Share) dengan Media Poster” 12, no. 1 (n.d.): 8–14.

Knqi Wang et al., “Evaluate the Drivers for Digital Transformation in Higher Education Institutions in the Era of Industry 4.0 Based on Decision-Making Method,” *Journal of Innovation & Knowledge* 8, no. 3 (July 2023): 100364, <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100364>. *Jurnal of Innovation & Knowledge*, no. 8 (2023):2, <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100364>.

Laili Maghfiroatul Hamidah et al., “Pemanfaatan Media Digital Berbasis Web Assemblr Studio Sebagai Inovasi Pembelajaran Di Era Merdeka Belajar,” *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series* 7, no. 3 (August 18, 2024), <https://doi.org/10.20961/shes.v7i3.91782>.

Miasri et al., “Teknologi Pendidikan Sebagai Jembatan Reformasi Pembelajaran Di Indonesia Lebih Maju.” Wang et al. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, no. 1 (2022):53-54, <http://dx.doi.org/10.31602/jmpd.v2i1.6390>.

Miftahul Ulum and Nur Kholik, *Berpikir Kritis Dalam Konteks Pembelajaran Di*

Sekolah/Madrasah (Yogyakarta: PT. Duta Media Press, 2025).

Mohamad Miftah and Nur Rokhman, "Kriteria pemilihan dan prinsip pemanfaatan media pembelajaran berbasis TIK sesuai kebutuhan peserta didik," *Jurnal Ilmiah Pendidikan* 1, no. 4 (2022): 412–21, <https://doi.org/10.55904/educenter.v1i9.92>.

Muhamad Chairudin et al., "Studi Literatur Pemanfaatan Aplikasi Assemblr Edu Sebagai Media Pembelajaran Matematika Jenjang SMP/MTS," *Communnity Development Journal* 4, no. 2 (2023): 1312–18.

Muhammad Rizali Rachim, Agus Salim, and Qomario Qomario, "Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Terhadap Keaktifan Belajar Siswa Dalam Pendidikan Modern," *Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran* 4, no. 1 (April 30, 2024): 594–605, <https://doi.org/10.51574/jrip.v4i1.1407>.

Mulik Cholilah et al., "Pengembangan Kurikulum Merdeka Dalam Satuan Pendidikan Serta Implementasi Kurikulum Merdeka Pada Pembelajaran Abad 21," *Sanskara Pendidikan Dan Pengajaran* 1, no. 02 (May 31, 2023): 56–67, <https://doi.org/10.58812/spp.v1i02.110>.

Musliadi and Firdaus Daud, "Pengembangan Media Berbasis Augmented Reality (AR) Pada Pembelajaran Biologi Kelas XI SMA Negeri 13 Pangkep," *UNM Journal of Biological Education* 5, no. 2 (2022): 83–94, <https://doi.org/10.35580/ujbe.v5i2.34184>.

Nanda Eska Anugrah Nasution et al., "Relationship between Critical and Creative Thinking Skills and Learning Achievement in Biology with Reference to Educational Level and Gender," *Journal of Turkish Science Education*, March 31, 2023, 1, <https://doi.org/10.36681/tused.2023.005>.

Nilnalminach Ziyadatul, "Pengembangan Media Pembelajaran E-Komik Sistem Ekskresi Manusia Pada Pembentukan Urine Berbasis Kode Qr Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik Kelas Xi Ipa Man 2 Jember" (Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, 2023).

Norbertus Tri Suswanto Saptadi, "Media Pembelajaran," in *Prosedur Pemilihan Dan Prinsip Penggunaan Media* (Serang Banten: PT SADA KURNIA PUSTAKA, n.d.), vii, 166

Nurul Azizah, Imaniah Bazlina Wardani, and Ilham Saiful Fauzi, "The Development of Biology Practicum Guidebook Using Scientific Approach Based on Guided Inquiry for Senior High School Students," *Journal of Science and Technological Education* 3, no. 1 (2024): 2–4.

- Nurul Rahmaini and Salsabila Ogylva Chandra, "Pentingnya Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Matematika," *Griya Journal of Mathematics Education and Application* 4, no. 1 (March 29, 2024): 1–8, <https://doi.org/10.29303/griya.v4i1.420>.
- Rahmi Ramadhani and Nuraini Sri Bina, *Statistika Penelitian Pendidikan, Pertama* (Jakarta: Kencana, 2021).
- Ratna Indriani and Zaenal Abidin, "Literature Review: Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Pada Mata Pelajaran Biologi," *Jurnal Wahana Pendidikan* 9, no. 2 (August 31, 2022): 139, <https://doi.org/10.25157/wa.v9i2.8138>
- Robert Maribe Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach* (Boston, MA: Springer US, 2009), <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Ryan Gabriel Siringoringo and Muhamad Yanuar Alfaridzi, "Pengaruh Integrasi Teknologi Pembelajaran terhadap Efektivitas dan Transformasi Paradigma Pendidikan Era Digital," *Jurnal Yudistira: Publikasi Riset Ilmu Pendidikan dan Bahasa* 2, no. 3 (May 27, 2024): 66–76, <https://doi.org/10.61132/yudistira.v2i3.854>. *Jurnal Yudistira* 2, no. 3 (2024):67-68, <https://doi.org/10.61132/yudistira.v2i3.854>.
- Sa'dun Akbar. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2013.
- Salsa Novianti Ariadila et al., "Analisis Pentingnya Keterampilan Berpikir Kritis Terhadap Pembelajaran Bagi Siswa," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* 9, no. 20 (2023): 664–69, <https://doi.org/10.5281/zenodo.8436970>
- Sandi Mahdias Aziz, "Pengembangan Flash Card Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (AR) Pada Mata Pelajaran Biologi Materi Sistem Gerak Kelas XI MIPA Di SMAN 1 Krembung Kabupaten Sidoarjo" (Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, 2021).
- Siti Aisyah Resliani Hanifah, "Pengembangan Modul Elektronik Berbasis Canva Dan Assemblr Studio Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Materi Fluida Statis" (Bandung, UIN Sunan Gunung Djati, 2024).
- Slamet Widodo, Festi Ladyani, and La Ode Asrianto, *Buku Ajar Metode Penelitian* (Pangkalpinang: Penerbit Cv Science Techno Direct, 2023).
- Sugiarto, *Pengantar Biostatistika* (Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan, 2021).
- Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D* (Bandung: IKPI,

2022). hal 394

Sulaiman Sulaiman, M. Agus, and Indramini Indramini, “Pengaruh Penggunaan Media Film Animasi Terhadap Kemampuan Menulis Teks Narasi Siswa Kelas VII Smp Negeri 2 Galesong Selatan Kabupaten Takalar,” *Kode : Jurnal Bahasa* 11, no. 3 (September 27, 2022): 155–73, <https://doi.org/10.24114/kjb.v11i3.38827>.

Syahrudin Mahmud et al., *Media Pembelajaran* (Cirebon: Lovrinz Publishing, 2023).

Titin Titin et al., “Memahami Media Untuk Efektifitas Pembelajaran,” *JUTECH : Journal Education and Technology* 4, no. 2 (December 20, 2023): 111–23, <https://doi.org/10.31932/jutech.v4i2.2907>.

Undang-Undang (UU) Nomor 11 Tahun 2019 tentang sistem nasional ilmu pengetahuan dan teknologi.

Weni Febrianti, Zulyusri Zulyusri, and Lufri Lufri, “Meta Analisis: Pengembangan Soal Hots Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik,” *Bioilmi: Jurnal Pendidikan* 7, no. 1 (January 1, 2021): 39–45, <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v7i1.9506>.

wildan Hermansyah, “Pengembangan Bahan Ajar Ensiklopedia Ekosistem Terintegrasi Dengan Ayat-Ayat Al-Quran Pada Materi Ekosistem Untuk Siswa Kelas X Ipa Di Ma Miftahul Ulum Suren Jember” (Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, 2023).

Wira Suciono, *Berpikir Kritis (Tinjauan Kemandirian, Belajar, Kemampuan Akademik Dan Efikasi Diri)* (Jawa Barat: Adab, 2021).

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Pernyataan Tulisan

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan dibawah:

Nama : Agustina Fajriatin Haizatul Muna
NIM : 212101080031
Program Studi : Tadris Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Institusi : Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember

menyatakan dengan sebenarnya bahwa dalam hasil penelitian ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan dan ada klaim dari pihak lain, maka saya bersedia untuk diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan dari siapapun

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M

Jember, 02 Mei 2025

Saya yang menyatakan



Agustina Fajriatin Haizatul Muna
212101080031

Lampiran 2 Surat Keterangan Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
KANTOR KEMENTERIAN AGAMA KABUPATEN BANYUWANGI
MAN 3 BANYUWANGI**

Jalan Raya Srono
Telepon (0333) 397173 ; Faksimile (0333) 397173
Website : man3bwl.sch.id ;

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor: 482/Ma.13.30.03/PP.00.6/04/2025

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Drs. Ahmad Suyuti M.Pd.I
NIP : 196809101997031002
Pangkat/Gol : Pembina (IV/a)
Jabatan : Kepala MAN 3 Banyuwangi

Menerangkan Bahwa :

NIM : 212101080031
Nama : AGUSTINA FAJRIATIN HAIZATUL MUNA
Semester : Delapan
Program Studi : TADRIS BIOLOGI
Status : Mahasiswa UINKHAS Jember

Yang bersangkutan benar-benar telah melaksanakan Penelitian di MAN 3 Banyuwangi terhitung mulai tanggal 04 Maret 2025 s.d 11 Maret 2025 Sesuai dengan surat dari UINKHAS Jember nomor. B-2827/In.20/3.a/PP.009/02/2025 pada tanggal 25 Februari 2025.

Demikian Surat ini dibuat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Banyuwangi, 30 April 2025

Kepala,



Drs. Ahmad Suyuti, M.Pd.I
NIP. 196809101997031002

Lampiran 3 Surat Keterangan Selesai Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ JEMBER
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN**

Jl. Mataran No. 01 Mangli. Telp. (0331) 428104 Fax. (0331) 427005 Kode Pos: 68136
Website: [www.http://fuk.uinkhas-jember.ac.id](http://fuk.uinkhas-jember.ac.id) Email: tarbiyah.iainjember@gmail.com

Nomor : B-4120/In.20/3.a/PP.009/11/2024

Sifat : Biasa

Perihal : **Observasi Dan Wawancara Terkait
Penelitian Skripsi**

Yth. Kepala MAN 3 BANYUWANGI

Jl. Raya Srono, Srono, Sukomaju, Kec. Srono, Jl. Raya Srono, Srono, Sukomaju, Kec. Srono,

Dalam rangka menyelesaikan tugas Skripsi pada Fakultas Tarbiyah dan Ilmu
Keguruan, maka mohon diijinkan mahasiswa berikut :

NIM : 212101080031
Nama : AGUSTINA FAJRIATIN HAIZATUL MUNA
Semester : Semester tujuh
Program Studi : TADRIS BIOLOGI

untuk mengadakan Observasi selama 1 (satu) hari di lingkungan lembaga
wewenang Bapak/Ibu Drs. Ahmad Suyuti, M.Pd.I

Adapun pihak-pihak yang dituju adalah sebagai berikut:

1. Kepala Madrasah (Drs. Ahmad Suyuti, M.Pd.I)
2. Waka kurikulum (Ibu Eni Susiyani)
3. Guru Biologi (Wilis Anggraeni)

Demikian atas perkenan dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Jember, 12 November 2024

an. Dekan,

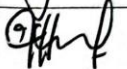
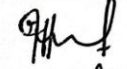
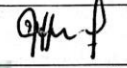
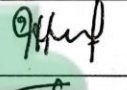
Wakil Dekan Bidang Akademik,



NOTIEUL UMAM

Lampiran 4 Jurnal Penelitian

JURNAL KEGIATAN PENELITIAN MAN 3 BANYUWANGI

No	Pelaksanaan	Kegiatan Penelitian	Paraf
1.	Senin, 11 November 2024	Penyerahan surat izin penelitian skripsi kepada sekolah	
2.	Selasa, 12 November 2024	Wawancara kepada guru biologi MAN 3 Banyuwangi	
3.	Senin, 25 November 2024	Pemberian angket kepada peserta didik sebagai analisis peserta didik kelas X MAN 3 Banyuwangi	
4.	Selasa, 4 Maret 2025	Pemberian angket validasi produk kepada guru biologi kelas X	
		Pembagian soal <i>pretest</i> kepada peserta didik	
5.	Selasa, 11 Maret 2025	Penyampaian materi kepada peserta didik	
		Pembagian produk <i>Augmented reality</i> pada peserta didik	
		Pembagian angket respon peserta didik	
		Pembagian soal <i>posttest</i> kepada peserta didik	
6.	Rabu, 11 Maret 2025	Meminta surat selesai penelitian ke sekolah	



Mengetahui,
Kepala Sekolah

Dr. Ahmad Suyuti, M.Pd.I

5 Maret 2025
Peneliti

Agustina Fajriatina.H.M.

Lampiran 5 Pedoman Wawancara

ANGKET PELAKSANAAN PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA

I. IDENTITAS GURU

1. Nama Lengkap : WILIS ANGGERAENI, S.Si
2. Sekolah : MAN 3 BANYUWANGI
3. Jenis Kelamin : ☒ Perempuan ☐ Laki-laki
4. Alamat : Dsn. Kebaman Rt 02 Rwi Srono
5. Telepon : 08113686799

II. PENDIDIKAN

1. Pendidikan Terakhir : S-1
2. Asal Lulusan : UNESA
3. Jurusan/Program Studi : BIOLOGI

Jember, 12 November 2024



(WILIS ANGGERAENI, S.Si)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

Lampiran 6 Hasil Wawancara

NO	Pertanyaan	Jawaban
1	Apa saja bahan ajar yang digunakan oleh ibu pada pelajaran biologi ?	Sejak kurikulum merdeka pembelajaran lebih bervariasi dari sebelumnya. Selain menggunakan buku paket di sekolah MAN 3 Banyuwangi juga terdapat UKBM (Unit Kegiatan Belajar Mandiri). Selain itu sekolah juga bekerjasama dengan platform pembelajaran <i>Quipper</i> guna menunjang pembelajaran, baik diluar sekolah maupun didalam sekolah untuk membantu proses pembelajaran.
2	Apakah metode pembelajaran biologi yang sering digunakan?	Metode pembelajaran yang sering diterapkan yaitu ceramah dan studi lapang.
3	Media pembelajaran apa yang sering digunakan ?	Powerpoint dan lembar teks lainnya
4	Apakah sebelumnya ibu pernah menerapkan pembelajaran biologi menggunakan <i>Augmented reality</i> ?	Belum, jadi untuk media yang berbaur tentang teknologi sekolah belum menggunakan secara maksimal terkait media-media terbaru.
5	Apakah terdapat kendala dalam proses pembelajaran biologi dikelas khususnya pada pokok bahasan Daur Biogeokimia ?	Iya, pada materi ini biasanya siswa hanya membayangkan apa yang terjadi pada biogeokimia sehingga beberapa siswa tidak antusias dalam pembelajaran dan mengalami kesulitan dalam memahami proses yang terjadi
6	Bagaimana gaya belajar yang dimiliki pada siswa kelas X di MAN 3 Banyuwangi?	Gaya belajara yang dimiliki siswa kelas X itu bervariasi ada yang visual dan audiovisual.
7	Bagaimana respon siswa dalam mempelajari materi daur biogeokimia ?	Siswa cukup membaca materi dan bagi siswa yang aktif maka mereka mencoba mendalami materi tersebut.
8	Ada berapa jumlah kelas X di MAN 3 Banyuwangi ?	Jadi di kelas X terdapat 9 kelas dan rata-rata jumlah siswanya ada 36 perkelas.

Lampiran 7 Angket Kebutuhan Siswa

Dilakukan melalui G-form dengan tautan sebagai berikut :

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfT9cJ5703m16YEMlrzqFpEY7ykB0LD6v7t9Veixq7Cm3zi0w/viewform?vc=0&c=0&w=1&flr=0>



ANALISIS KEBUTUHAN SISWA

Terima kasih atas kesediaan Anda untuk berpartisipasi dalam penelitian ini. Angket ini bertujuan untuk mengumpulkan data mengenai penerapan media pembelajaran biologi kelas X MIPA MAN 3 Banyuwangi. Jawaban Anda sangat berharga dan akan digunakan semata-mata untuk kepentingan penelitian ini. **Jawaban Anda tidak akan mempengaruhi nilai akademik Anda.**

Petunjuk:

1. Bacalah setiap pernyataan dengan teliti.
2. Pilihlah salah satu jawaban yang paling sesuai dengan pendapat Anda.
3. Berikan tanda centang (✓) pada kolom jawaban yang Anda pilih.
4. Jawablah semua pertanyaan dengan jujur dan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

agustinatitin595@gmail.com Ganti akun
Tidak dibagikan

*** Menunjukkan pertanyaan yang wajib diisi**

Nama *

Jawaban Anda

Berikutnya Kosongkan formulir

Jangan pernah mengirimkan sandi melalui Google Formulir.

Konten ini tidak dibuat atau didukung oleh Google. Laporkan Penyalahgunaan - Persyaratan Layanan - Kebijakan Privasi

Google Formulir

Lampiran 8 Hasil Angket Analisis Kebutuhan Siswa

Jumlah responden : 12 Responden

Nomor Butir	Pertanyaan	Jawaban	Jumlah (Responden)	Persentase (%)
1.	Media apa yang sering digunakan oleh guru dalam pembelajaran biologi ?	PPT	5	41,7
		LKS	1	8,3
		Vidio Pembelajaran	10	83,3
		Buku Paket	0	0
		Lainnya	2	16,7
2.	Kepemilikan smartphone	Ya	10	83,3
		Tidak	2	8,3
3.	Tujuan penggunaan tsmatphone	Berkomunikasi dengan orang lain	10	83,3
		Bermain game	3	25
		Mengakses media sosial	7	53,3
		Sebagai media pembelajaran	12	100
		Editing video, gambar, dsb.	8	66,7
		Lainnya	3	25
4.	Tanggapan terhadap materi daur biogeokimia	Tidak mudah	6	50
		Cukup mudah	2	16,7
		mudah	3	33,3
		Sangat mudah	1	8,3
5.	Bagaimana tanggapan anda terhadap media Augmented reality (AR) sebagai media pembelajaran	Sangat setuju	2	16,7
		Setuju	8	72,7
		Tidak setuju	1	9,1
		Sangat tidak setuju	0	0
6.	Sudahkah kalian meningkatkan kemampuan berpikir kritis	sudah	3	33,3
		Belum	2	25
		Kadang-kadang	4	41,7
7.	Jenis teknologi apa yang paling sering digunakan dalam pembelajaran dikelas	komputer	6	50
		Smartphone	10	83,3
		Tablet	0	0
		Proyektor	8	66,7
		Lainnya	1	8,3

Lampiran 9 Dokumentasi Wawancara



Lampiran 10 Validasi Ahli Materi

Judul Penelitian : Pengembangan *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assemblr Studio Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Daur Biogeokimia Kelas X MAN 3 Banyuwangi.

Peneliti : Agustina Fajriatin Haizatul Muna

Dosen Pembimbing : Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd

Instansi : FTIK / Tadris Biologi UIN KHAS JEMBER

Ahli Materi : Bayu Sandika, M.Si

Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli Media terhadap kelayakan media pembelajaran Biologi berupa konten *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler yang dikembangkan. Pendapat, kritik, saran, penilaian, dan komentar Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas media pembelajaran ini. Sehubungan dengan hal tersebut, dimohon Bapak/Ibu memberikan respon pada setiap pertanyaan dalam lembar kuesioner dengan memberikan tanda (√) pada kolom.

Keterangan Skala :

5 : Sangat Setuju

4 : Setuju

3 : Kurang Setuju

2 : Tidak Setuju

1 : Sangat tidak setuju

Komentar/saran Bapak/Ibu dimohon dituliskan pada kolom yang telah disediakan, Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi lembar validasi ini saya ucapkan terimakasih.

Angket Validasi Materi

No	Pernyataan	Skala Penilaian				
		5	4	3	2	1
1.	Ketepatan materi dengan tujuan pembelajaran					
2.	Materi pada media <i>Augmented reality</i> sesuai dengan capaian pembelajaran					
3.	Kelengkapan materi pada media <i>Augmented reality</i> sesuai dengan capaian pembelajaran					
4.	Media <i>Augmented reality</i> sesuai dengan perkembangan peserta didik					
5.	Ketepatan objek 3D sesuai dengan konsep materi daur biogeokimia					
6.	<i>Augmented reality</i> sesuai dengan perkembangan teknologi ilmu pengetahuan					
7.	Evaluasi pada materi daur					
8.	Biogeokimia mendorong rasa ingin tahu peserta didik					
9.	Terdapat petunjuk penggunaan					
10.	Keakuratan ilustrasi,dan kualitas pada materi Daur Biogeokimia					
11.	Penyusunan kata dan kalimat menunjukan keruntutan materi yang disajikan dalam <i>Augmented reality</i>					
12.	Materi daur biogeokimia pada media <i>Augmented reality</i> menggunakan kalimat yang mudah dipahami					
13.	<i>Augmented reality</i> memberikan daya tarik pada materi sistem daur biogeokimia					

14.	Terdapat petunjuk penggunaan dalam <i>Augmented reality</i> yang jelas					
15.	Kalimat dalam materi daur biogeokimia yang digunakan mudah dipahami					
16.	Kesesuaian materi daur biogeokimia dengan kaidah bahasa Indonesia yang baku					

A. Kebenaran Materi

Apabila terdapat kekurangan atau kesalahan pada media, mohon dituliskan kekurangan atau kesalahan pada kolom jenis kesalahan dan mohon berikan saran perbaikan pada kolom perbaikan.

No.	Jenis Kesalahan	Saran Perbaikan

B. Komentari dan saran

C. Kesimpulan

Kriteria validitas instrumen yang digunakan dapat kategorikan berdasarkan skor yang diperoleh dari validasi dengan rincian sebagai berikut:

Pencapaian nilai (Skor)	Kategori validitas	Keterangan
25.00-40.00	Tidak valid	Tidak boleh digunakan

41.00-55.00	Kurang valid	Tidak boleh digunakan
56.00-70.00	Cukup valid	Boleh digunakan setelah revisi besar
71.00-85.00	Valid	Boleh digunakan dengan revisi kecil
86.00-100.00	Sangat valid	Sangat baik untuk digunakan

Berdasarkan analisis validitas yang dilakukan, instrument ini memperoleh rata-rata skor validitor sebesar Skor ini menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran yang dilakukan berstatus Sangat Valid/Valid/Cukup Valid/Kurang Valid/Tidak Valid*

Jember,.....

Ahli Materi



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

*) Coret yang tidak perlu

Lampiran 11 Hasil Validasi Ahli Materi



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ JEMBER
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN**

Jl. Mataram No. 01 Mangli, Telp. (0331) 428104 Fax. (0331) 427005 Kode Pos: 68136
Website: [www.http://ftik.uinkhas-jember.ac.id](http://ftik.uinkhas-jember.ac.id) Email: tarbiyah.iainjember@gmail.com

Nomor : B-2827/In.20/3.a/PP.009/02/2025

Sifat : Biasa

Perihal : Permohonan Menjadi Validator

Yth. Bayu Sandika, M.Si

Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan UIN KHAS Jember

Bahwa dalam rangka menyelesaikan program S1 pada Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan mahasiswa dipersyaratkan untuk menyusun skripsi sebagai tugas akhir. Sehubungan dengan hal tersebut, dimohon kepada Saudara Mohammad Kholil, S.Si., M.Pd. untuk menjadi Validator Ahli Media, mahasiswa atas nama :

NIM : 212101080031
Nama : AGUSTINA FAJRIATIN HAIZATUL MUNA
Semester : Delapan
Program Studi : TADRIS BIOLOGI
Judul Skripsi : Pengembangan *Augmented Reality* (Ar) Melalui Aplikasi Assembler Edu Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Daur Biogeokimia Di Sma Kelas X Tahun Ajaran 2024/2025

Demikian atas kesediaan dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Jember, 19 Februari 2025



Beliau, *[Signature]* Dekan Bidang Akademik,

KHOTIBUL UMAM

A. Angket Validasi Materi

No	Pernyataan	Skala Penilaian				
		5	4	3	2	1
1.	Ketepatan materi dengan tujuan pembelajaran		✓			
2.	Materi pada media <i>augmented reality</i> sesuai dengan capaian pembelajaran	✓				
3.	Kelengkapan materi pada media <i>augmented reality</i> sesuai dengan capaian pembelajaran	✓				
4.	Media <i>augmented reality</i> sesuai dengan perkembangan peserta didik	✓				
5.	Ketepatan objek 3D sesuai dengan konsep materi daur biogeokimia	✓				
6.	<i>Augmented reality</i> sesuai dengan perkembangan teknologi ilmu pengetahuan	✓				
7.	Evaluasi pada materi daur					
8.	biogeokimia mendorong rasa ingin tahu peserta didik	✓				
9.	Terdapat petunjuk penggunaan					
10.	Keakuratan ilustrasi, dan kualitas pada materi Daur Biogeokimia		✓			
11.	Penyusunan kata dan kalimat menunjukan keruntutan materi yang disajikan dalam <i>augmented reality</i>		✓			
12.	Materi daur biogeokimia pada media <i>augmented reality</i>		✓			

	menggunakan kalimat yang mudah dipahami					
13.	<i>Augmented reality</i> memberikan daya tarik pada materi sistem daur biogeokimia	✓				
14.	Terdapat petunjuk penggunaan dalam augmented reality yang jelas	✓				
15.	Kalimat dalam materi daur biogeokimia yang digunakan mudah dipahami	✓				
16.	Kesesuaian materi daur biogeokimia dengan kaidah bahasa Indonesia yang baku	✓				

B. Kebenaran Materi

Apabila terdapat kekurangan atau kesalahan pada media, mohon dituliskan kekurangan atau kesalahan pada kolom jenis kesalahan dan mohon berikan saran perbaikan pada kolom perbaikan.

No.	Jenis Kesalahan	Saran Perbaikan
1.	Konsep daur hidrologi bukan hanya dari pemanasan air oleh matahari	Pembentukan uap besair juga dapat terjadi karena perbedaan tekanan pada permukaan air yg disebut evaporasi.
2.	Pada daur karbon bagian dekomposisi, proses dekomposisi tidak hanya menghasilkan CO ₂ ke udara	Daur karbon bukan hanya melibatkan CO ₂ , akan tetapi dapat juga rantai karbon yg tersimpan pada tanah

C. Komentar dan saran

- Cet dan pelajari kembali materi daur biogeokimia
- Gunakan istilah & definisi yang sesuai dengan teori di perguruan tinggi.



D. Kesimpulan

Kriteria validitas instrumen yang digunakan dapat kategorikan berdasarkan skor yang diperoleh dari validasi dengan rincian sebagai berikut:

Pencapaian nilai (Skor)	Kategori validitas	Keterangan
25.00-40.00	Tidak valid	Tidak boleh digunakan
41.00-55.00	Kurang valid	Tidak boleh digunakan
56.00-70.00	Cukup valid	Boleh digunakan setelah revisi besar
71.00-85.00	Valid	Boleh digunakan dengan revisi kecil
86.00-100.00	Sangat valid	Sangat baik untuk digunakan

Berdasarkan analisis validitas yang dilakukan, instrument ini memperoleh rata-rata skor validator sebesar 88.... Skor ini menunjukan bahwa pengembangan media pembelajaran yang dilakukan berstatus Sangat Valid/Valid/Cukup Valid/Kurang Valid/Tidak Valid*

Jember, 19 Februari 2025

Ahli Materi


Bayu Sandika M.Si.

*) Coret yang tidak perlu

Lampiran 12 Validasi Ahli Media

LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA

Judul Penelitian : Pengembangan *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler Studio Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Daur Biogeokimia Kelas X MAN 3 Banyuwangi.

Penyusun : Agustina Fajriatin Haizatul Muna

Dosen Pembimbing : Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd

Instansi : FTIK / Tadris Biologi UIN KHAS JEMBER

Petunjuk :

Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli Media terhadap kelayakan media pembelajaran Biologi berupa konten *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler yang dikembangkan. Pendapat, kritik, saran, penilaian, dan komentar Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas media pembelajaran ini. Sehubungan dengan hal tersebut, dimohon Bapak/Ibu memberikan respon pada setiap pertanyaan dalam lembar kuesioner dengan memberikan tanda (✓) pada kolom.

Keterangan Skala :

- 5 : Sangat Setuju
- 4 : Setuju
- 3 : Kurang Setuju
- 2.: Tidak Setuju
- 1 : Sangat tidak setuju

Komentar/saran Bapak/Ibu dimohon dituliskan pada kolom yang telah disediakan, Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi lembar validasi ini saya ucapkan terimakasih.

Tabel Penilaian Media

No	Pernyataan	Skala Penilaian				
		5	4	3	2	1
1.	Pengembangan <i>augmented reality</i> melalui Assemblr studio efektif dan efisien					
2.	Media <i>augmented reality</i> melalui Assemblr Edu mudah diaplikasikan					
3.	Media <i>augmented reality</i> melalui Assemblr edu sudah kompatibilitas					
4.	Kecepatan pada kamera menampilkan gambar					
5.	Desain gambar marker sesuai dengan objek 3D					
6.	Kombinasi warna gambar dan video sesuai dengan konteks materi					
7.	Kejelasan petunjuk pengguna					
8.	Kelancaran dalam pengoperasian <i>augmented reality</i>					
9.	Media <i>augmented reality</i> dapat digunakan sebagai alternatif dan inovasi media pembelajaran siswa					
10.	Kualitas dan tampilan media dapat mendukung untuk					

	memahami materi pembelajaran					
11.	Meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta menarik untuk peserta didik.					
12.	Dapat digunakan sebagai media pembelajaran mandiri bagi siswa					
13.	Kebermanfaatan bagi siswa dan guru sebagai media pembelajaran yang menarik					
Total Skor						

A. Kebenaran Media

Apabila terdapat kekurangan atau kesalahan pada media, mohon dituliskan kekurangan atau kesalahan pada kolom jenis kesalahan dan mohon berikan saran perbaikan pada kolom perbaikan.

No.	Jenis Kesalahan	Saran Perbaikan

B. Komentar dan saran

--

C. Kesimpulan

Kriteria validitas instrumen yang digunakan dapat kategorikan berdasarkan skor yang diperoleh dari validasi dengan rincian sebagai berikut:

Pencapaian nilai (Skor)	Kategori validitas	Keterangan
25.00-40.00	Tidak valid	Tidak boleh digunakan
41.00-55.00	Kurang valid	Tidak boleh digunakan
56.00-70.00	Cukup valid	Boleh digunakan setelah revisi besar
71.00-85.00	Valid	Boleh digunakan dengan revisi kecil
86.00-100.00	Sangat valid	Sangat baik untuk digunakan

Berdasarkan analisis validitas yang dilakukan, instrument ini memperoleh rata-rata skor validitor sebesar Skor ini menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran yang dilakukan berstatus Sangat Valid/Valid/Cukup Valid/Kurang Valid/Tidak Valid*

Jember,.....

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R
Ahli Media

*) Coret yang tidak perlu

Lampiran 13 Hasil Validasi Ahli Media

LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA

Judul Penelitian : Pengembangan *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Daur Biogeokimia Kelas X Mipa MAN 3 Banyuwangi.

Peneliti : Agustina Fajriatin Haizatul Muna

Dosen Pembimbing : Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd

Instansi : FTIK / Tadris Biologi UIN KHAS JEMBER

Ahli Media : Dr. Husni Mubarak, S. Pd., M.Si

Petunjuk :

Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli Media terhadap kelayakan media pembelajaran Biologi berupa konten *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler yang dikembangkan. Pendapat, kritik, saran, penilaian, dan komentar Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas media pembelajaran ini. Sehubungan dengan hal tersebut, dimohon Bapak/Ibu memberikan respon pada setiap pertanyaan dalam lembar kuesioner dengan memberikan tanda (✓) pada kolom.

Keterangan Skala :

5 : Sangat Setuju

4 : Setuju

3 : Kurang Setuju

2 : Tidak Setuju

1 : Sangat tidak setuju

Komentar/saran Bapak/Ibu dimohon dituliskan pada kolom yang telah disediakan, Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi lembar validasi ini saya ucapkan terimakasih.

A. Tabel Penilaian Media

No	Pernyataan	Skala Penilaian				
		5	4	3	2	1
1.	Pengembangan <i>augmented reality</i> melalui Assemblr Edu efektif dan efisien	✓				
2.	Media <i>augmented reality</i> melalui Assemblr Edu mudah diaplikasikan		✓			
3.	Media <i>augmented reality</i> melalui Assemblr edu sudah kompatibilitas		✓			
4.	Kecepatan pada kamera menampilkan gambar	✓				
5.	Desain gambar marker sesuai dengan objek 3D	✓				
6.	Kombinasi warna gambar dan video sesuai dengan konteks materi	✓				
7.	Kejelasan petunjuk pengguna	✓				
8.	Kelancaran dalam pengoperasian <i>augmented reality</i>		✓			
9.	Media <i>augmented reality</i> dapat digunakan sebagai alternatif dan inovasi media pembelajaran siswa	✓				
10.	Kualitas dan tampilan media dapat mendukung untuk	✓				

	memahami materi pembelajaran					
11.	Meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta menarik untuk peserta didik.	✓				
12.	Dapat digunakan sebagai media pembelajaran mandiri bagi siswa	✓				
13.	Kebermanfaatan bagi siswa dan guru sebagai media pembelajaran yang menarik	✓				
Total Skor						

B. Kebenaran Media

Apabila terdapat kekurangan atau kesalahan pada media, mohon dituliskan kekurangan atau kesalahan pada kolom jenis kesalahan dan mohon berikan saran perbaikan pada kolom perbaikan.

No.	Jenis Kesalahan	Saran Perbaikan

C. Komentar dan saran

- ① Logo dan judul diperbaiki
- ② nama lengkap pada kartu
- ③ CP + TP ditambahkan
- ④ Perbaiki penyusunan toolbar back.
- ⑤ tga opri harus ada semua.
- ⑥ Perbaiki arah pinjal.
- ⑦ ~~kontes awal~~

D. Kesimpulan

Kriteria validitas instrumen yang digunakan dapat kategorikan berdasarkan skor yang diperoleh dari validasi dengan rincian sebagai berikut:

Pencapaian nilai (Skor)	Kategori validitas	Keterangan
25.00-40.00	Tidak valid	Tidak boleh digunakan
41.00-55.00	Kurang valid	Tidak boleh digunakan
56.00-70.00	Cukup valid	Boleh digunakan setelah revisi besar
71.00-85.00	Valid	Boleh digunakan dengan revisi kecil
86.00-100.00	Sangat valid	Sangat baik untuk digunakan

Berdasarkan analisis validitas yang dilakukan, instrument ini memperoleh rata-rata skor validator sebesar Skor ini menunjukan bahwa pengembangan media pembelajaran yang dilakukan berstatus Sangat Valid/Valid/Cukup Valid/Kurang Valid/Tidak Valid*

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

Jember, 18 Februari 2021.

Ahli Media



Dr. Hwini Mubarak, S.Pd., M.Pd.

*) Coret yang tidak perlu

- Perbaiki sesuai saran perbaikan selama proses validasi berlangsung

D. Kesimpulan

Kriteria validitas instrumen yang digunakan dapat kategorikan berdasarkan skor yang diperoleh dari validasi dengan rincian sebagai berikut:

Pencapaian nilai (Skor)	Kategori validitas	Keterangan
25.00-40.00	Tidak valid	Tidak boleh digunakan
41.00-55.00	Kurang valid	Tidak boleh digunakan
56.00-70.00	Cukup valid	Boleh digunakan setelah revisi besar
71.00-85.00	Valid	Boleh digunakan dengan revisi kecil
86.00-100.00	Sangat valid	Sangat baik untuk digunakan

Berdasarkan analisis validitas yang dilakukan, instrument ini memperoleh rata-rata skor validator sebesar 95.... Skor ini menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran yang dilakukan berstatus Sangat Valid/~~Valid/Cukup Valid/Kurang Valid/Tidak Valid~~*

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R A

Jember, 24 Februari 2025

Ahli Media



Dr. Husni Mubarak, S.Pd., M. Si

*) Coret yang tidak perlu

Lampiran 14 Validasi Ahli Evaluasi

LEMBAR VALIDASI AHLI EVALUASI

Judul Penelitian : Pengembangan *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Daur Biogeokimia Kelas X Mipa MAN 3 Banyuwangi.

Peneliti : Agustina Fajriatin Haizatul Muna

Dosen Pembimbing : Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd

Instansi : FTIK / Tadris Biologi UIN KHAS JEMBER

Ahli Materi : Ira Nurmawati, S.Pd, M.Pd

Petunjuk :

Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli Media terhadap kelayakan media pembelajaran Biologi berupa konten *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler yang dikembangkan. Pendapat, kritik, saran, penilaian, dan komentar Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas media pembelajaran ini. Sehubungan dengan hal tersebut, dimohon Bapak/Ibu memberikan respon pada setiap pertanyaan dalam lembar kuesioner dengan memberikan tanda (✓) pada kolom.

Keterangan Skala :

- 5 : Sangat Setuju
- 4 : Setuju
- 3 : Kurang Setuju
- 2 : Tidak Setuju
- 3 : Sangat tidak setuju

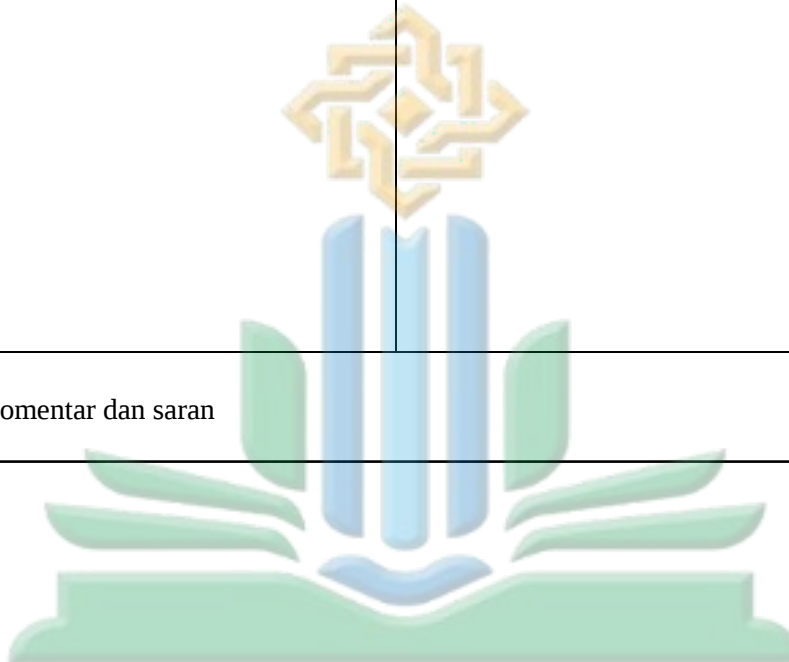
Komentar/saran Bapak/Ibu dimohon dituliskan pada kolom yang telah disediakan, Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi lembar validasi ini saya ucapkan terimakasih.

A. Angket Validasi Ahli Evaluasi

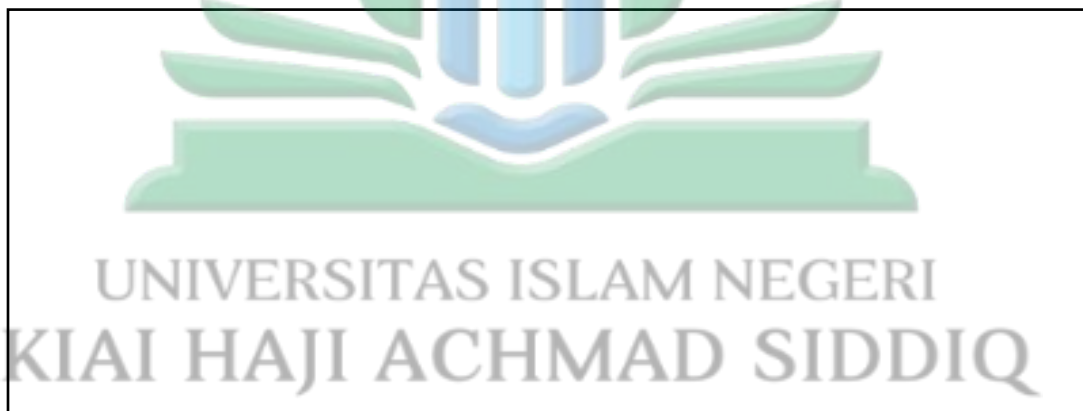
No	Pernyataan	Skala Penilaian				
		5	4	3	2	1
1.	Materi daur biogeokima sesuai dengan kurikulum dan tingkat kognitif siswa					
2.	Bahasa mudah dipahami dan tidak ambigu					
3.	Indikator berpikir kritis relevan dan terukur					
4.	Soal memenuhi kriteria validitas dan mengukur kemampuan berpikir kritis siswa					
5.	Proporsi soal seimbang dan representatif untuk setiap indikator berpikir kritis					
6.	Konteks soal relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa dan aplikatif.					
7.	Pokok soal mencerminkan isu-isu terkini terkait daur biogeokimia					
8.	Tata letak angket menarik, mudah dibaca, dan tidak membingungkan					
9.	Waktu pengerjaan memadai					
10.	Instruksi pengerjaan soal jelas dan mudah diikuti.					

B. Kebenaran Evaluasi

Apabila terdapat kekurangan atau kesalahan pada media, mohon dituliskan kekurangan atau kesalahan pada kolom jenis kesalahan dan mohon berikan saran perbaikan pada kolom perbaikan.

No.	Jenis Kesalahan	Saran Perbaikan
		

C. Komentar dan saran



D. Kesimpulan

Kriteria validitas instrumen yang digunakan dapat kategorikan berdasarkan skor yang diperoleh dari validasi dengan rincian sebagai berikut:

Pencapaian nilai (Skor)	Kategori validitas	Keterangan
25.00-40.00	Tidak valid	Tidak boleh digunakan
41.00-55.00	Kurang valid	Tidak boleh digunakan
56.00-70.00	Cukup valid	Boleh digunakan setelah revisi besar

71.00-85.00	Valid	Boleh digunakan dengan revisi kecil
86.00-100.00	Sangat valid	Sangat baik untuk digunakan

Berdasarkan analisis validitas yang dilakukan, instrument ini memperoleh rata-rata skor validitor sebesar Skor ini menunjukan bahwa pengembangan media pembelajaran yang dilakukan berstatus Sangat Valid/Valid/Cukup Valid/Kurang Valid/Tidak Valid*

Jember,.....

Ahli Evaluasi

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

*) Coret yang tidak perlu

Lampiran 15 Hasil Validasi Ahli Evaluasi

LEMBAR VALIDASI AHLI EVALUASI

Judul Penelitian : Pengembangan *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Daur Biogeokimia Kelas X Mipa MAN 3 Banyuwangi.

Peneliti : Agustina Fajriatin Haizatul Muna

Dosen Pembimbing : Dr. Nanda Eska Anugrah Nasution, M.Pd

Instansi : FTIK / Tadris Biologi UIN KHAS JEMBER

Ahli Materi : Ira Nurmawati, S.Pd, M.Pd

Petunjuk :

Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu selaku ahli Media terhadap kelayakan media pembelajaran Biologi berupa konten *Augmented Reality* (AR) Melalui Aplikasi Assembler yang dikembangkan. Pendapat, kritik, saran, penilaian, dan komentar Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas media pembelajaran ini. Sehubungan dengan hal tersebut, dimohon Bapak/Ibu memberikan respon pada setiap pertanyaan dalam lembar kuesioner dengan memberikan tanda (√) pada kolom.

Keterangan Skala :

5 : Sangat Setuju

4 : Setuju

3 : Kurang Setuju

2 : Tidak Setuju

1 : Sangat tidak setuju

Komentar/saran Bapak/Ibu dimohon dituliskan pada kolom yang telah disediakan, Atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi lembar validasi ini saya ucapkan terimakasih.

A. Angket Validasi Ahli Evaluasi

No	Pernyataan	Skala Penilaian				
		5	4	3	2	1
1.	Materi daur biogeokima sesuai dengan kurikulum dan tingkat kognitif siswa .	✓				
2.	Bahasa mudah dipahami dan tidak ambigu	✓				
3.	Indikator berpikir kritis relevan dan terukur	✓				
4.	Soal memenuhi kriteria validitas dan mengukur kemampuan berpikir kritis siswa		✓			
5.	Proporsi soal seimbang dan representatif untuk setiap indikator berpikir kritis		✓			
6.	Konteks soal relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa dan aplikatif.	✓				
7.	Pokok soal mencerminkan isu-isu terkini terkait daur biogeokimia	✓				
8.	Tata letak angket menarik, mudah dibaca, dan tidak membingungkan	✓				
9.	Waktu pengerjaan memadai	✓				
10.	Instruksi pengerjaan soal jelas dan mudah diikuti.	✓				

B. Kebenaran Evaluasi

Apabila terdapat kekurangan atau kesalahan pada media, mohon dituliskan kekurangan atau kesalahan pada kolom jenis kesalahan dan mohon berikan saran perbaikan pada kolom perbaikan.

No.	Jenis Kesalahan	Saran Perbaikan
		- Perbaiki kesesuaian soal dengan indikator-indikator kemampuan berpikir kritis - Sesuaikan jawaban dengan teori terkait

C. Komentar dan saran

Perbaiki sesuai saran dan masukan dari validator

D. Kesimpulan

Kriteria validitas instrumen yang digunakan dapat kategorikan berdasarkan skor yang diperoleh dari validasi dengan rincian sebagai berikut:

Lampiran 16 Angket Peserta Didik

Lembar Angket Respon Peserta Didik Pada Pengembangan Pengembangan *Augmented Reality* (Ar) Melalui Aplikasi *Assembler* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Daur Biogeokimia

A. Identitas

Nama :
No Absen :
Kelas :

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi tentang pengalaman dan pendapat Anda terkait pengembangan media *Augmented reality* (AR) pada materi daur biogeokimia. Partisipasi Anda sangat berharga untuk membantu kami meningkatkan kualitas pembelajaran. Cara mengisi angket :

1. Bacalah setiap pernyataan dengan cermat
2. Berikan tanda centang (✓) pada kolom yang dipilih dengan keterangan skala berikut:

Kriteria	Skor
Sangat baik	: 5
Baik	: 4
Cukup	: 3
Kurang	: 2
Sangat Kurang	: 1

3. Jawablah dengan jujur dan sesuai dengan pengalaman serta pendapat anda yang sebenarnya
4. Setiap jawaban anda akan diterima dengan senang hati

NO	Pernyataan	Skala Penilaian				
		5	4	3	2	1
I. ASPEK KETERTARIKAN						
1.	Saya merasa bahwa <i>Augmented reality</i> melalui assemblr ini sesuatu yang baru					
2.	Saya senang mempelajari biologi menggunakan <i>Augmented reality</i>					
3.	Saya tidak bosan belajar biologi menggunakan <i>Augmented reality</i> berbasis <i>android</i>					
4.	<i>Augmented reality</i> melalui assemblr ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis					
5.	Warna yang digunakan dalam <i>Augmented reality</i> melalui assemblr sangat menarik bagi saya					
6.	<i>Gambar atau ilustrasi pada Augmented reality</i> melalui assemblr ini menarik dan mendukung penjelasan materi					
7.	Font ukuran huruf yang digunakan pada <i>Augmented reality</i> melalui assemblr sangat jelas					

8.	Ukuran <i>Augmented reality</i> melalui assemblr tidak terlalu besar sehingga mudah dibawa kemana-mana					
9.	<i>Augmented reality</i> berbasis android bias saya pelajari sendiri dan bersama					
II. ASPEK MATERI						
10.	Materi daur biogeokimia yang ada pada <i>Augmented reality</i> melalui assemblr mudah dipahami					
11.	Materi yang dijelaskan dalam media <i>Augmented reality</i> melalui assemblr sederhana dan ringkas					
III. ASPEK BAHASA						
12.	Kata dalam <i>Augmented reality</i> melalui assemblr ini jelas dan mudah dipahami					
13.	Bahasa yang digunakan sederhana dan mudah dimengerti					
14.	Huruf yang digunakan sederhana dan mudah dipahami					

Lampiran 17 Hasil Angket Peserta Didik

Lembar Angket Respon Peserta Didik Pada Pengembangan Pengembangan *Augmented Reality* (Ar) Melalui Aplikasi *Assembler* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Daur Biogeokimia

A. Identitas

Nama : Ridlo Mahdi Vikia
No Absen : 28
Kelas : X6

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi tentang pengalaman dan pendapat Anda terkait pengembangan media *Augmented reality* (AR) pada materi daur biogeokimia. Partisipasi Anda sangat berharga untuk membantu kami meningkatkan kualitas pembelajaran. Cara mengisi angket :

1. Bacalah setiap pernyataan dengan cermat
2. Berikan tanda centang (✓) pada kolom yang dipilih dengan keterangan skala berikut:

Kriteria	Skor
Sangat baik	: 5
Baik	: 4
Cukup	: 3
Kurang	: 2
Sangat Kurang	: 1

3. Jawablah dengan jujur dan sesuai dengan pengalaman serta pendapat anda yang sebenarnya
4. Setiap jawaban anda akan diterima dengan senang hati

NO	Pernyataan	Skala Penilaian				
		5	4	3	2	1
I. ASPEK KETERTARIKAN						
1.	Saya merasa bahwa <i>Augmented reality</i> melalui assemblr ini sesuatu yang baru	✓				
2.	Saya senang mempelajari biologi menggunakan <i>Augmented reality</i>	✓				
3.	Saya tidak bosan belajar biologi menggunakan <i>Augmented reality</i> berbasis <i>android</i>	✓				
4.	<i>Augmented reality</i> melalui assemblr ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis	✓				
5.	Warna yang digunakan dalam <i>Augmented reality</i> melalui assemblr sangat menarik bagi saya		✓			
6.	Gambar atau ilustrasi pada <i>Augmented reality</i> melalui assemblr ini menarik dan mendukung penjelasan materi	✓				
7.	Font ukuran huruf yang digunakan pada <i>Augmented reality</i> melalui assemblr sangat jelas	✓				
8.	Ukuran <i>Augmented reality</i> melalui assemblr tidak terlalu besar sehingga mudah dibawa kemana-mana	✓				

9.	<i>Augmented reality</i> berbasis android bias saya pelajari sendiri dan bersama	✓				
II. ASPEK MATERI						
10.	Materi daur biogeokimia yang ada pada <i>Augmented reality</i> melalui assemblr mudah dipahami	✓				
11.	Materi yang dijelaskan dalam media <i>Augmented reality</i> melalui assemblr sederhana dan ringkas	✓				
III. ASPEK BAHASA						
12.	Kata dalam <i>Augmented reality</i> melalui assemblr ini jelas dan mudah dipahami	✓				
13.	Bahasa yang digunakan sederhana dan mudah dimengerti	✓				
14.	Huruf yang digunakan sederhana dan mudah dipahami	✓				

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

Lampiran 18 Rekapitulasi Hasil Uji Coba Respon Peserta Didik Skala Kecil

No	Nama	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Jumlah Maksimal	Skor Maksimal
1	BALQIS FAHRIROTUR RIZKI AULIYA	5	5	4	5	5	5	4	3	5	5	5	5	56	60
2	DEA SAFIRA	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	57	60
3	DEWI HUMAIROH	4	5	3	5	5	4	5	5	4	5	5	5	55	60
4	KEYLA CINDY KHAIRUNNISA	3	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	56	60
5	M. KAFI RAYYAN ASSYIFA	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	57	60
6	NADIRA ZAHRA TUS SITA	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	56	60
7	MAULIDYA JAYA	4	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5	56	60
8	RIDLO MAHDI VIKIA	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	59	60
9	ZAHMIDA TASYA AULIA	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	57	60
TOTAL														509	540
RATA-RATA														56,55	60
PRESENTASE														94,25%	



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

Lampiran 19 Rekapitulasi Hasil Uji Coba Respon Peserta Didik Skala Besar

NO	NAMA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Jumlah Maksimal	Skor Maksimal
1	ANANDA TRI WIJAYA	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	56	60
2	ARINDA FITRI RAHMASARI	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	4	5	55	60
3	BALQIS FAHRIROTUR RIZKI AULIYA	5	5	5	5	3	5	5	5	4	5	4	5	56	60
4	DEA SAFIRA	5	5	3	4	5	4	5	4	4	5	4	4	52	60
5	DEWI HUMAIROH	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	59	60
6	INDY NANO DARMAWAN	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	58	60
7	KEYLA CINDY KHAIRUNNISA	5	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	57	60
8	M. KAFI RAYYAN ASSYIFA	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60	60
9	MAHISA ADHIPRAMANA	4	5	5	5	3	5	5	4	5	4	5	4	54	60
10	MAULIDYA JAYA KUSUMANINGTYAS	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	52	60
11	MUHAMMAD ULIL HAKIM	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	56	60
12	MUTIARA GABRIEL AVARIZA	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	58	60
13	NADIRA ZAHRA TUS SITA	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	57	60
14	NAILATUL FAJRIYAH	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	56	60
15	NAYLA NOERQOMARA OCTA	4	4	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5	55	60
16	NOVAL PRAYOGI MAULANA	4	4	5	5	4	5	5	3	5	4	5	4	53	60
17	QOTHRUN NADA NATANIA ALI	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	59	60
18	RAHAYU PUSPA NINGSIH	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	4	55	60
19	RIDLO MAHDI VIKIA	4	5	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	56	60
20	SESIL LITA DIANTARI	3	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	55	60
21	NOVAL PRAYOGI MAULANA	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	57	60
22	QOTHRUN NADA NATANIA ALI	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	57	60
23	RAHAYU PUSPA NINGSIH	4	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5	56	60
24	VEONIS AYU ANANTA	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	58	60
25	ZAHMIDA TASYA AULIA	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	56	60
26	SYIFA HIDAYATUS SHOLEKHAH	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4	57	60
TOTAL														1460	1560
RATA-RATA														56,15	60
PRESENTASE														93,33%	

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

Lampiran 20 Rekapitulasi Penskoran Hasil *Pretest*

NO	Responden	1	2	3	4	5	Total	Skor Tertinggi (Ideal)	Nilai	Kategori
1	Ananda Tri Wijaya	2	1	2	1	2	9	20	45	Sedang
2	Arinda Fitri Rahmasari	2	3	2	1	2	10	20	50	Sedang
3	Balqis Fahrirotur Rizki Auliya	3	2	1	2	1	9	20	45	Sedang
4	Dea Safira	2	2	1	2	2	9	20	45	Sedang
5	Dewi Humairoh	3	2	2	1	2	10	20	50	Sedang
6	Indy Nano Darmawan	2	3	2	2	2	11	20	55	Sedang
7	Keyla Cindy Khairunnisa	2	2	1	3	2	10	20	50	Sedang
8	M. Kafi Rayyan Assyifa	1	1	1	1	1	5	20	25	Rendah
9	Mahisa Adhipramana	2	2	1	2	2	9	20	45	Sedang
10	Maulidya Jaya Kusumaningtyas	1	2	1	2	2	8	20	40	Sedang
11	Muhammad Ulil Hakim	2	2	2	2	3	11	20	55	Sedang
12	Mutiara Gabriel Avariza	3	2	1	2	2	10	20	50	Sedang
13	Nadira Zahratus Sita	1	1	1	1	1	9	20	45	Sedang
14	Nailatul Fajriyah	2	2	1	2	2	13	20	65	Tinggi
15	Nayla Noerqomara Octa Novanka	2	1	2	2	1	11	20	55	Sedang
16	Noval Prayogi Maulana	2	2	1	2	1	8	20	40	Sedang
17	Qothrun Nada Natania Ali	2	2	1	2	2	9	20	45	Sedang
18	Tiara Dwi	2	2	2	2	3	11	20	55	Sedang
19	Ridlo Mahdi Vikia	2	2	1	2	2	9	20	45	Sedang
20	Sesil Lita Diantari	3	2	2	2	2	11	20	55	Sedang
21	Wulan Kasih Ramadani	2	1	2	1	2	8	20	40	Sedang
22	Veonis Ayu Ananta	2	2	2	2	2	10	20	50	Sedang
23	Rahayu Puspa Ningsih	3	2	3	1	2	11	20	55	Sedang
24	Sifa Aulia Rahma	2	2	2	2	3	11	20	55	Sedang
25	Zahmida Tasya Aulia	2	2	1	2	2	9	20	45	Sedang
26	Syifa Hidayatus Sholekhah	3	1	1	3	3	12	20	60	Tinggi

Lampiran 21 Rekapitulasi Penskoran Hasil Posttest

NO	Responden	1	2	3	4	5	Total	Skor Tertinggi (Ideal)	Nilai	Kategori
1	Ananda Tri Wijaya	3	4	3	3	3	16	20	80	Tinggi
2	Arinda Fitri Rahmasari	4	3	3	3	4	17	20	85	Tinggi
3	Balqis Fahrrotur Rizki Auliya	3	4	3	3	3	16	20	80	Tinggi
4	Dea Safira	3	3	3	3	3	15	20	75	Tinggi
5	Dewi Humairoh	4	3	3	4	4	17	20	85	Tinggi
6	Indy Nano Darmawan	4	4	3	3	4	18	20	90	Sangat Tinggi
7	Keyla Cindy Khairunnisa	4	3	3	3	4	17	20	85	Tinggi
8	M. Kafi Rayyan Assyifa	3	4	3	4	3	17	20	85	Tinggi
9	Mahisa Adhipramana	4	4	3	4	4	19	20	95	Sangat Tinggi
10	Maulidya Jaya Kusumaningtyas	3	4	3	4	3	17	20	85	Tinggi
11	Muhammad Ulil Hakim	4	4	3	4	4	19	20	95	Sangat Tinggi
12	Mutiara Gabriel Avariza	4	3	4	4	4	19	20	95	Sangat Tinggi
13	Nadira Zahratu Sita	4	4	3	4	3	18	20	90	Sangat Tinggi
14	Nailatul Fajriyah	4	4	3	4	3	18	20	90	Sangat Tinggi
15	Nayla Noerqomara Octa Novanka	3	3	3	4	4	17	20	85	Tinggi
16	Noval Prayogi Maulana	4	3	4	4	3	18	20	90	Sangat Tinggi
17	Qothrun Nada Natania Ali	3	4	4	4	3	18	20	90	Sangat Tinggi
18	Tiara Dwi	4	3	4	4	4	19	20	95	Sangat Tinggi
19	Ridlo Mahdi Vikia	4	4	4	3	4	19	20	95	Sangat Tinggi
20	Sesil Lita Diantari	4	4	3	3	3	17	20	85	Tinggi
21	Wulan Kasih Ramadani	4	3	3	4	3	17	20	85	Tinggi
22	Veonis Ayu Ananta	4	3	4	3	3	17	20	85	Tinggi
23	Rahayu Puspa Ningsih	4	4	3	3	3	17	20	85	Tinggi
24	Sifa Aulia Rahma	4	3	4	3	4	18	20	90	Sangat Tinggi
25	Zahmida Tasya Aulia	3	3	3	4	3	16	20	80	Tinggi
26	Syifa Hidayatus Sholekhah	4	3	4	3	3	17	20	85	Tinggi

Lampiran 22 Perangkat Pembelajaran

MODUL AJAR BIOLOGIFASE E (KELAS X)

DAUR BIOGEOKIMIA

I. INFORMASI UMUM

Identitas Modul				
Mata Pelajaran	Fase	Kelas	Semester	Tahun pelajaran
Biologi	E	X	Genap	2024/2025

Alokasi Waktu (JP)	Jumlah Pertemuan	Penulis Modul
4 JP (40 menit)	1	Agustina Fajriatin Haizatul Muna

Kompetensi Awal atau Kompetensi Prasyarat
Peserta didik mampu memahami konsep daur biogeokimia, menganalisis macam-macam daur biogeikimia beserta tahapan dari setiap daur (Hidrologi, Karbon, Nitrogen, Fosfor dan Sulfur) serta dapat menganalisis dampak ketidakseimbangan daur biogeokimia dan solusi sederhana yang dapat diterapkan untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

Penguatan	Dimensi	Elemen
Profil Pelajar Pancasila	Beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia.	Dalam aktivitas pembelajaran peserta didik ditanamkan kesadaran akan pentingnya mensyukuri nikmat Tuhan YME berupa tubuh yang sehat yang ditunjukkan melalui pengamalan akhlak mulia dan ilmiah.
	Berkebinekaan Global	Dalam aktivitas pembelajaran peserta didik melakukan pembiasaan untuk dapat bertukar pendapat dan bersikap terbuka terhadap perbedaan.

• Gotong royong	Dalam aktivitas pembelajaran peserta didik melakukan pembiasaan untuk dapat bekerja sama, berkomunikasi dan berkoordinasi melalui aktivitas kelompok.
• Mandiri	Dalam aktivitas pembelajaran peserta didik melakukan pembiasaan untuk dapat berinisiatif dan bekerja secara mandiri.
• Berpikir Kritis	Dalam aktivitas pembelajaran peserta didik melakukan pembiasaan untuk dapat secara kritis mengklarifikasi serta menganalisis gagasan dan informasi yang kompleks dan abstrak dari berbagai sumber.
• Kreatif	Dalam aktivitas pembelajaran peserta didik melakukan pembiasaan untuk dapat mengeksplorasi dan mengekspresikan pikirannya dalam bentuk karya gagasan, baik berupa karya performa maupun produk digital.

Sarana dan Prasarana Yang Diperlukan

1. Buku ajar biologi
2. Lembar Kerja Peserta Didik (*Pretest-Posttest*)
3. Media Pembelajaran *Augmented reality* (AR)
4. LCD Proyektor
5. *Handphone*

Target Peserta Didik

Peserta didik regular/tipikal umum, tidak ada kesulitan dalam mencerna dan memahami materi ajar.

Jumlah Peserta Didik
26 Peserta Didik

Model atau Metode Pembelajaran Yang Digunakan
Model Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem-Based Learning) Pendekatan pembelajaran ini berpusat pada siswa, di mana siswa dihadapkan pada masalah dunia nyata yang kompleks dan menantang untuk dipecahkan secara kolaboratif. Dalam konteks ini, metode diskusi kelompok dapat membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan komunikasi, pemecahan masalah, dan berpikir kritis. Siswa menggunakan media <i>Augmented reality</i> (AR) untuk belajar sambil mengeksplor secara visual.

II. KOMPONEN INTI

1. Capaian Pembelajaran

Elemen	Capaian Pembelajaran
Pemahaman Biologi	Pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan.

2. Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menganalisis macam-macam daur biogeokimia
2. Peserta didik dapat menganalisis dampak ketidakseimbangan daur biogeokimia
KKTP (Kriteria Kompetensi Tujuan Pembelajaran) • Dapat menganalisis proses tahapan daur biogeokimia • Dapat mengidentifikasi peran organisme dalam setiap daur biogeokimia. • Dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan daur biogeokimia

- Dapat memberikan solusi sederhana dari ketidakseimbangan daur biogeokimia

3. Pemahaman Bermakna

Pemahaman Bermakna
Memahami materi daur biogeokimia merupakan proses penting yang mengatur pergerakan dan transformasi unsur kimia melalui komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem. Memahami daur ini memberikan wawasan mendalam tentang keterkaitan erat antara makhluk hidup dan lingkungannya, pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem, dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, upaya konservasi serta aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari. Dengan pemahaman ini, kita dapat lebih menjaga alam dan berkontribusi pada keberlanjutan hidup di Bumi.

Pertanyaan Pematik
1. Pernahkah kalian bertanya-tanya, ke mana perginya daun-daun yang gugur di halaman sekolah?

4. Kegiatan Pembelajaran

Pertemuan 1

Kegiatan	Uraian Kegiatan
Kegiatan awal (15 Menit)	1. Guru membuka dengan salam dan mengajak peserta didik untuk berdo'a terlebih dahulu. 2. Guru memperkenalkan diri 3. Guru memeriksa kehadiran siswa 4. Guru menjelaskan tujuan pembelajaran pada materi proses daur biogeokimia Apersepsi Guru mengaitkan materi yang akan dipelajari dengan pengetahuan atau pengalaman sebelumnya yang sudah dimiliki oleh peserta didik melalui kallimat pemantik.

Kegiatan Inti (55 menit)	1. Melaksanakan <i>pretest</i> 2. Guru menyampaikan materi daur biogeokimia 3. Pembentukan Kelompok • Guru membagi peserta didik menjadi 5 kelompok kecil, masing - masing beranggotakan 6 peserta didik.
Penutup (10 menit)	1. Guru menutup pembelajaran dengan memberikan informasi terkait kegiatan pembelajaran selanjutnya 2. Guru menyampaikan harapan untuk pembelajaran berikutnya dan mengucapkan terima kasih atas partisipasi peserta didik. 3. Guru memimpin doa penutup sesuai agama dan kepercayaan masing-masing.

Pertemuan ke-2

Kegiatan	Uraian Kegiatan
Kegiatan awal (10 Menit)	1. Guru membuka dengan salam dan mengajak peserta didik untuk berdo'a terlebih dahulu. 2. Guru memeriksa kehadiran siswa 3. Guru mengulas sedikit tentang materi yang telah dipelajari pada pertemuan sebelumnya Apersepsi Guru mengaitkan materi yang akan dipelajari dengan pengetahuan atau pengalaman sebelumnya yang sudah dimiliki oleh peserta didik melalui kallimat pemantik
Kegiatan Inti (60 enit)	1. Peserta didik duduk bersama kelompok yang telah dibentuk dan diberikan LKPD 2. Peserta didik menggunakan media AR dalam memahami materi 3. Peserta didik melaksanakan diskusi selama 15 menit

	4. Peserta didik menyampaikan hasil diskusi 5. Peserta didik melaksanakan <i>posttest</i>
Penutup (15 menit)	- Guru menutup pembelajaran dengan memberikan informasi terkait percobaan yang akan dilakukan dipertemuan selanjutnya - Guru menyampaikan harapan untuk pembelajaran berikutnya dan mengucapkan terima kasih atas partisipasi peserta didik. - Guru memimpin doa penutup sesuai agama dan kepercayaan masing-masing.

5. Asessment

Diagnostik	: Melihat kesiapan dari peserta didik
Formatif	: LKPD
Sumatif	: UTS dan UAS

6. Pengayaan dan Remedial

Kegiatan Pengayaan dan Remedial	
Pengayaan	Peserta didik yang telah mencapai KKTP dalam evaluasi penilaian akan mengulas kembali materi yang telah dipelajari dan diberikan materi tambahan.
Remedial	Peserta didik yang belum menguasai materi (belum mencapai KKTP) akan dijelaskan kembali oleh guru materi. Kemudian guru melakukan penilaian kembali dengan soal yang sejenis atau memberikan tugas individu terkait dengan topik yang telah dibahas. Remedial dapat dilakukan pada waktu dan hari tertentu yang disesuaikan (pada saat masih terdapat sisa jam Pelajaran atau diluar jam Pelajaran).

7. Refleksi

Refleksi Peserta Didik	
Pertanyaan	Jawaban
Apakah pembelajaran yang saya lakukan sudah sesuai dengan apa yang saya rencanakan?	
Bagian rencana pembelajaran manakah yang sulit dilakukan?	
Apa yang dapat saya lakukan untuk mengatasi hal tersebut?	
Berapa persen peserta didik yang berhasil mencapai tujuan pembelajaran?	
Apa kesulitan yang dialami oleh peserta didik yang belum mencapai tujuan pembelajaran?	

Refleksi Peserta Didik	
Pertanyaan	Jawaban
Apakah materi pembelajaran hari ini sudah saya laksanakan ?	
Apakah peserta didik merasa senang dengan media pembelajaran yang digunakan?	
Apakah peserta didik senang dengan metode pembelajaran yang diterapkan?	
Apakah pembelajaran berjalan secara interaktif?	
Apa yang bias saya perbaiki sebagai guru dalam menyampaikan ?	

8. Lampiran

1. Bahan bacaan guru dan peserta didik
2. LKPD
3. Media Pembelajaran
4. Instrumen Penilaian
5. Daftar Pustaka

Mengetahui
Guru Mapel Biologi

Siti Nuriga Maghfiroh., S.Pd., M.Pd.

Banyuwangi, 25 Februari 2025
Peneliti

Agustina Fajriatin Haizatul Muna

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

BAHAN BACAAN GURU DAN PESERTA DIDIK

a) Konsep Daur Biogeokimia

Biogeokimia adalah pertukaran atau perubahan yang terus menerus, antara komponen biosfer yang hidup dengan tak hidup. Dalam suatu ekosistem, materi pada setiap tingkat trofik tidak hilang. Materi berupa unsur-unsur penyusun bahan organik tersebut didaur- ulang. Unsur-unsur tersebut masuk ke dalam komponen biotik melalui udara, tanah, dan air. Daur ulang materi tersebut melibatkan makhluk hidup dan faktor abiotik sehingga disebut daur biogeokimia. Daur biogeokimia memiliki fungsi sebagai daur materi yang mengembalikan semua unsur-unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun komponen abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi dapat terjaga.

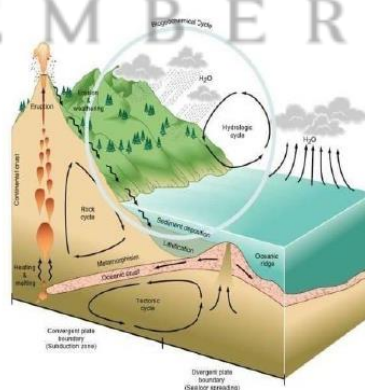
b) Macam-Macam Daur Biogeokimia

Adapun macam-macam daur biogeokimia yang diketahui antara lain daur karbon (C), daur oksigen (O₂), daur nitrogen (N), daur phosphor (P), dan daur sulfur (S).

1. Daur Hidrologi

A. Konsep Daur Hidrologi

Daur hidrologi adalah sebuah proses pergerakan air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung kontinyu atau secara terus menerus. Selain itu daur hidrologi juga merupakan daur yang bersifat konstan pada semua daerah.



Gambar 2. 2 Daur air
Sumber : Gramedia.com

Daur hidrologi dimulai dengan terjadinya penguapan air ke atmosfer. Air yang menguap tersebut kemudian mengalami proses kodensasi (penggumpalan) di udara yang kemudian membentuk gumpalan - gumpalan yang dikenal dengan istilah awan. Awan yang terbentuk kemudian jatuh kembali ke bumi dalam bentuk hujan atau salju yang disebabkan oleh adanya perubahan iklim dan cuaca. Butiran butiran air tersebut sebagian ada yang langsung masuk ke permukaan tanah (infiltrasi), dan sebagian mengalir sebagai aliran permukaan. Aliran permukaan yang mengalir kemudian masuk ke dalam tampungan tampungan seperti danau, waduk, dan cekungan tanah lain dan selanjutnya terulang kembali rangkaian siklus hidrologi.

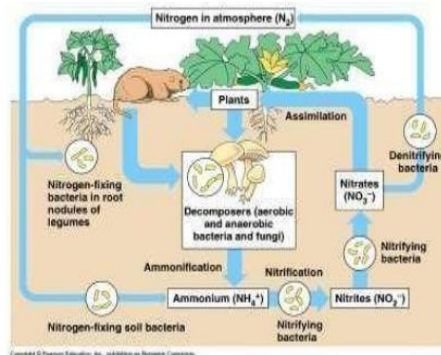
B. Manfaat Daur Hidrologi

1. Memastikan ketersediaan air bersih untuk kebutuhan makhluk hidup.
2. Untuk menjaga keseimbangan ekosistem
3. Untuk membantu mengatur iklim global
4. Menjaga kesuburan tanah dan menyediakan nutrisi bagi tanaman

2. Daur Nitrogen (N)

A. Konsep Daur Nitrogen

Unsur nitrogen (N) di dalam tubuh makhluk hidup merupakan salah satu komponen senyawa organik seperti protein, asam nukleat, vitamin dan hormon. Sementara itu, N di udara sebanyak 78% dalam bentuk gas N_2 . Gas N_2 tersebut dapat berubah menjadi NH_3 baik secara fisik (dengan tekanan yang sangat tinggi/petir atau elektromagnetis) maupun akibat aktivitas mikroorganisme simbiotik (*Rhizobium*) dengan tumbuhan legume dan juga akibat aktivitas non simbiotik (*Nostoc* dan *Anabaena*).



Gambar 2. 3 Daur Nitrogen
(Sumber : Campbell et al., 2012)

Bentuk yang tersedia untuk kehidupan Tumbuhan dapat menggunakan dua bentuk nitrogen anorganik amoniam (NH_4) dan nitrat (NO_3)-dan beberapa bentuk organik," seperti asam amino. Berbagai bakteri dapat menggunakan semua bentuk ini dan nitrit (NO_2). Hewan hanya dapat menggunakan bentuk-bentuk nitrogen organik.

Reservoir utama nitrogen adalah atmosfer, yang terdiri dari 80% gas nitrogen (N_2). Reservoir yang lain adalah tanah dan sedimen danau, sungai, dan lautan (nitrogen terikat); air permukaan tanah dan air tanah (nitrogen terlarut); serta biomassa organisme hidup.

Proses kunci Jalur utama bagi nitrogen untuk memasuki ekosistem adalah melalui fiksasi nitrogen (nitrogen fixation), konversi N_2 oleh bakteri menjadi bentuk-bentuk yang dapat digunakan untuk menyintesis senyawa-senyawa organik bernitrogen. Beberapa nitrogen juga difiksasi oleh petir. Pupuk nitrogen, hujan, dan debu yang tertiuap oleh angin juga dapat menyediakan cukup banyak masukan NH_4 dan NO_3 ke ekosistem. Amonifikasi (ammonification) mendekomposisi nitrogen organik menjadi NH_4 . Pada nitrifikasi (nitrification), NH_4 dikonversi menjadi NO_3 oleh bakteri nitrifikasi. Dalam kondisi anaerobik, bakteri Bukan denitrifikasi menggunakan NO_3 dalam metabolismenya, bukan O_2 , sehingga melepaskan N_2 dalam suatu proses yang disebut denitrifikasi (denitrification). Lebar anak panah mencerminkan kontribusi relatif dari setiap proses.

B. Tahapan Daur Nitrogen

Tahapan siklus nitrogen berlangsung sebagai berikut.

- 1) Atmosfer mengandung 80% nitrogen bebas (N_2) tumbuhan dapat menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3).
- 2) Beberapa bakteri pada bintil akar Leguminosa dan beberapa ganggang dapat memfiksasi N_2 dari udara.
- 3) Halilintar juga menghasilkan bentuk senyawa N_2 dan O. Senyawa tersebut terbawa air hujan berupa nitrat dan nitrit.
- 4) Mikroorganisme mengurai bangkai dan kotoran menjadi ammonium.

- 5) Bakteri denitrifikasi dalam tanah menguraikan nitrat menjadi N bebas ke udara.

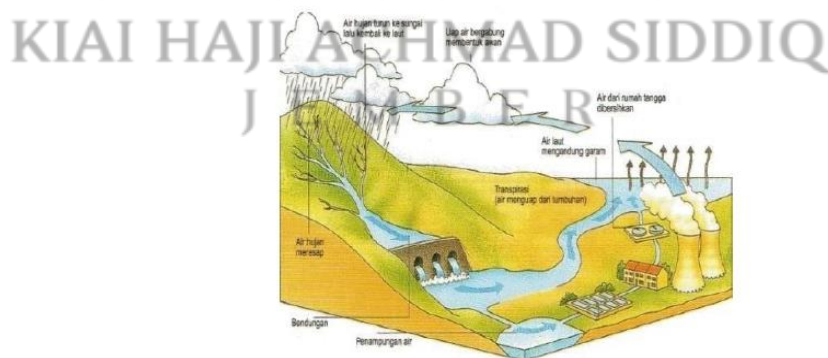
C. Manfaat Daur Nitrogen

1. Nitrogen berperan dalam pembentukan protein, asam amino dan klorofil untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman
2. Membantu tanaman menyerap nitrogen melalui proses fiksasi, sehingga pertumbuhannya menjadi optimal
3. Membantu menjaga keseimbangan ekosistem dengan memastikan ketersediaan nitrogen bagi berbagai organisme

3. Daur Karbon

A. Konsep Daur Karbon

Karbon dioksida di atmosfer berada dalam kadar 0,03%. Dengan adanya fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan dan makhluk hidup fotosintetik lainnya (Algae; Cyanobacteria) dan CO_2 udara serta H_2O dihasilkan karbohidrat ($\text{C}_x\text{H}_{2x-2}\text{O}_{x-1}\text{N}$). Karbohidrat digunakan oleh makhluk hidup tersebut untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Berdasarkan aliran energi, terjadi tingkatan makhluk hidup dimulai dengan tumbuhan sebagai produsen sekunder, sehingga secara tidak langsung semua makhluk hidup menggunakan CO_2 di udara. Sementara semua makhluk hidup juga melakukan respirasi untuk menghasilkan energi dan sebagai hasil sampingan respirasi adalah CO_2 yang akan kembali ke atmosfer.



Gambar 2. 4 Daur Karbon

Nilai penting biologis Karbon membentuk kerangka molekul-molekul organik yang esensial untuk semua organisme. **Bentuk yang tersedia** untuk

kehidupan Organisme-organisme fotosintetik memanfaatkan CO_2 selama fotosintesis dan mengonversi karbon menjadi bentuk-bentuk organik yang digunakan oleh konsumen, termasuk hewan, fungi, serta protista dan prokariota heterotrofik.

Reservoir utama karbon mencakup bahan bakar fosil, tanah, sedimen dari ekosistem perairan, lautan (senyawa karbon terlarut), biomassa tumbuhan dan hewan, serta atmosfer (CO_2). Reservoir terbesar adalah bebatuan sedimen seperti gamping; akan tetapi, perputaran karbon di lingkungan ini lambat sekali.

Proses kunci Fotosintesis oleh tumbuhan dan fitoplankton memindahkan banyak sekali CO_2 dari atmosfer setiap tahun. Kuantitas ini kira-kira sebanding dengan CO_2 yang ditambahkan ke atmosfer melalui respirasi selular oleh produsen dan konsumen. Dalam jangka waktu geologis, gunung berapi juga merupakan sumber CO_2 yang substansial. Pembakaran bahan bakar fosil menambahkan cukup banyak CO_2 tambahan ke atmosfer. Lebar anak panah mencerminkan kontribusi relatif dari setiap proses.

B. Tahapan Daur Karbon

Tahapan siklus Karbon berlangsung sebagai berikut:

1. Karbon di udara dalam bentuk CO_2 dan dapat terlarut dalam air.
2. Pada tumbuhan darat maupun fitoplankton di dalam air CO_2 diubah menjadi karbohidrat melalui proses fotosintesis. Dalam fotosintesis dihasilkan pula O_2 yang dilepas ke udara.
3. Karbohidrat digunakan oleh konsumen untuk mendapatkan energi. Konsumen juga melakukan respirasi yang menghasilkan CO_2 ke udara.
4. Penguraian oleh bakteri yang berjalan lambat dapat mengakibatkan penumpukan karbon bentuk batu bara dan minyak bumi.

C. Manfaat Daur Karbon

1. Menjaga keseimbangan konsentrasi karbon di atmosfer
2. Aspek Lingkungan Karbon memberikan isolasi dengan memerangkap panas matahari
3. Aspek biologis karbon menjadi bahan penyusun kehidupan dan membentuk ikatan yang stabil dengan unsur-unsur lain seperti pada proses fotosintesis

dan rantai makanan.

4. Daur Fosfor

a. Konsep Dasar

Fosfor merupakan salah satu unsur makanan yang penting bagi semua organisme karena berperan dalam pertumbuhan dan menyediakan energi. Proses siklus fosfor melibatkan transformasi fosfat dari bentuk non-organik menjadi organik, dan kembali ke bentuk tak organik secara berkelanjutan. Peran fosfor penting dalam pembentukan membran sel, struktur asam nukleat, dan dalam proses transfer energi selama respirasi. Terdapat dua bentuk utama fosfor di lingkungan, yakni senyawa fosfat organik yang hadir dalam makhluk hidup dan tumbuhan, serta senyawa fosfat tak organik yang terdapat di tanah, batuan, dan air. Sumber fosfor berasal dari proses pelapukan batuan mineral, seperti bahan bakar fosil, dan juga dari dekomposisi bahan organik dengan memecah organisme.



Gambar 2. 5 Daur Fosfor
(Sumber : Campbell et al., 2012)

Nilai penting biologis Organisme memerlukan fosfor sebagai penyusun utama asam nukleat, fosfolipid, dan ATP serta molekul penyimpanan energi lainnya, dan sebagai mineral penyusun tulang dan gigi.

Bentuk yang tersedia untuk kehidupan Bentuk anorganik fosfor yang paling penting secara biologis adalah fosfat (PO_4), yang diabsorpsi dan digunakan oleh tumbuhan dalam sintesis senyawa-senyawa organik.

Reservoir Akumulasi terbesar dari fosfor adalah dalam bebatuan sedimen yang berasal dari laut. Terdapat pula banyak fosfor dalam tanah, di dalam laut

(dalam bentuk terlarut), dan dalam organisme. Karena humus dan partikel-partikel tanah mengikat fosfat, pendaur-ulangan fosfor cenderung sedikit terlokalisasi pada ekosistem.

Proses kunci Pengikisan bebatuan akibat cuaca secara perlahan-lahan menambahkan PO_3 ke tanah; beberapa di antaranya tergelontor ke dalam air tanah dan air permukaan, dan pada akhirnya mencapai laut. Fosfat yang diambil oleh produsen dan digabungkan ke dalam molekul biologis dapat dimakan oleh konsumen dan disebarkan melalui jejaring makanan. Fosfat dikembalikan ke tanah atau air melalui dekomposisi biomassa atau ekskresi oleh konsumen. Karena tidak ada gas pengandung-fosfor yang signifikan, hanya ada sedikit fosfor yang bergerak melalui atmosfer, biasanya dalam bentuk debu dan percikan air laut. Lebar anak panah mencerminkan kontribusi relatif dari setiap proses.

b. Tahapan Daur Fosfor

1. Daur fosfor dimulai dari pelapukan batuan yang mengandung fosfor. Batuan tersebut mengalami erosi dan menghasilkan fosfat anorganik yang kemudian akan terdistribusi ke tanah maupun air. Kemudian Fosfat ini digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan oleh tumbuhan.
2. Terjadilah rantai makanan. Dengan demikian, fosfor berpindah dari tumbuhan ke hewan melalui rantai makanan ke tanah.
3. Ketika tumbuhan dan hewan mati, bakteri dan jamur pengurai akan menguraikan bahan organik yang mengandung fosfor. Proses penguraian ini menghasilkan fosfat anorganik yang akan kembali ke tanah.
4. Sebagian fosfor dapat terbawa air ke sungai dan danau, dan akhirnya mengendap di dasar perairan. Fosfor yang mengendap ini akan membentuk batuan sedimen.
5. Setelah melalui proses geologis yang sangat lama, batuan sedimen yang mengandung fosfor dapat terangkat ke permukaan bumi dan mengalami pelapukan kembali. Fosfor yang terlepas dari batuan ini akan memulai kembali daur fosfor Pelapukan batuan.

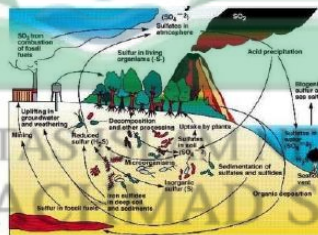
c. Manfaat Daur Fosfor

1. Bagi tumbuhan ketersediaan fosfor memiliki peran penting sebagai sumber makro.
2. Sebagai komponen penting pembentukan DNA atau RNA
3. Bagi manusia fosfor berperan penting dalam menjaga kesehatan tulang dan gigi
4. Menjaga keseimbangan ekosistem

5. Daur Sulfur

A. Konsep Daur Sulfur

Sumber daur sulfur berasal dari gunung berapi yang mengeluarkan gas H_2S yang kemudian menjadi H_2SO_2 dan selanjutnya menjadi $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_2$; sebagian lagi berasal dari industri kimia (baik pupuk ZA, bahan pemutih, deterjen maupun pabrik kertas) yang seringkali menghasilkan limbah dan mengandung S baik yang berupa SO_4 ; SO_2 atau S dan H_2S . Sementara hasil industri pupuk amonium sulfat $(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$ atau banyak dikenal dengan ZA digunakan sebagai salah satu pupuk anorganik sebagai sumber S untuk tumbuhan. Sebagian lagi merupakan hasil antara pupuk ZA yang juga dapat membentuk senyawa yang mengandung SO_2 yang selanjutnya menjadi senyawa asam H_2SO_4 .



Gambar 2. 6 Daur sulfur
Sumber: Sains.geoklik

B. Tahapan Daur Sulfur

1. Proses pertama yaitu SO_2 (Sulfur) yang berasal dari aktivitas vulkanik (erupsi), pembakaran bahan bakar fosil, (asap kendaraan dan asap pabrik dll).
2. Gas SO_2 di udara bersenyawa dengan O_2 dan H_2O akan membentuk asam sulfat H_2SO_4
3. Ion sulfat akan diserap oleh tumbuhan sebagai penyusun protein dalam tubuh dalam proses rantai makanan.

4. Ketika makhluk hidup mati jasadnya akan diuraikan oleh bakteri/jamur dan akan menghasilkan gas H_2S yang akan dilepas di udara dan sebagian ke dalam tanah
5. H_2S diudara akan bersenyawa dengan oksigen untuk membentk Sulfur oksida (SO) dan sebagian yang berada ditanah akan berubah menjadi ion sulfat oleh bakteri sehingga dapat diserap kembali oleh tumbuhan

C. Manfaat Daur Sulfur

1. Sulfur dibutuhkan oleh tumbuhan untuk pertumbuhan dan perkembangan, serta oleh hewan untuk berbagai fungsi tubuh
2. Berperan dalam berbagai proses biokimia dalam tanah dan air, mempengaruhi kesuburan tanah dan kualitas air
3. Berperan dalam pembuatan pupuk, asam sulfat, dan bahan kimia lainnya

c) Ketidakseimbangan Daur Biogeokimia

Ketidakseimbangan daur biogeokimia akibat aktivitas manusia menimbulkan dampak serius bagi lingkungan dan kehidupan di bumi. Penggunaan pupuk fosfor dan nitrogen berlebihan memicu terjadinya eutrofikasi, pertumbuhan alga berlebihan yang menyebabkan penurunan oksigen dalam air dan membahayakan kehidupan akuatik. Deforestasi, atau penebangan hutan, dapat mengurangi kemampuan bumi menyerap karbon dioksida sehingga dapat mempercepat terjadinya pemanasan global, dan menyebabkan erosi tanah serta hilangnya keanekaragaman hayati. Pembakaran bahan bakar fosil dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida, yang menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Selain itu, pembakaran fosil juga menghasilkan polutan udara yang menyebabkan hujan asam yang dapat merusak hutan, tanaman, dan bangunan. Semua aktivitas ini berkontribusi pada pencemaran tanah dan air, merusak ekosistem, dan mengancam kesehatan manusia serta kualitas lingkungan secara keseluruhan.

**LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK
(LKPD)**

Satuan Pendidikan :

Mata Pelajaran :

Kelas/Semester :

Hari/tanggal :

Materi :

Anggota Kelompok

1.
2.
3.
4.
5.
6.

SOAL DISKUSI

1. Analisislah dampak ketidakseimbangan daur biogeokimia akibat aktivitas manusia terutama yang ada di daerah kalian ?
2. Identifikasi tahapan penyebab terjadinya ketidakseimbangan tersebut ?
3. Berikan solusi sederhana yang dapat diterapkan !

Jawaban :



SOAL

PRETEST dan POSTTEST

1. Dalam ekosistem, daur hidrologi memainkan peran penting dalam menjaga ketersediaan air yang merupakan unsur esensial bagi kehidupan. Daur hidrologi melibatkan proses-proses seperti evaporasi dan transpirasi, kondensasi, presipitasi, dan infiltrasi. Analisislah bagaimana gangguan pada salah satu tahap daur hidrologi dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem! Berikan satu contoh nyata dari dampak tersebut terhadap organisme yang hidup dalam ekosistem tersebut.
2. Penggunaan pupuk kimia dalam pertanian bertujuan untuk mengendalikan hama dan meningkatkan hasil panen, namun penggunaan secara berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan. Analisislah upaya apa yang bisa dilakukan oleh petani agar penggunaan pupuk tidak mengganggu daur fosfor maupun nitrogen!
3. Daur nitrogen merupakan salah satu siklus biogeokimia yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Mikroorganisme berperan besar dalam proses ini, mulai dari fiksasi nitrogen hingga denitrifikasi. Identifikasilah jenis-jenis mikroorganisme yang berperan dalam daur nitrogen serta jelaskan fungsi masing-masing dalam setiap tahap siklus tersebut!
4. Polusi udara di kota-kota besar menjadi permasalahan yang serius. Jelaskan bagaimana aktivitas manusia di perkotaan dapat mengganggu daur karbon dan nitrogen!
5. Pembakaran bahan bakar fosil yang terus meningkat dapat mengganggu keseimbangan daur karbon sehingga memicu terjadinya kenaikan suhu secara global. Bagaimana dampak jangka panjang terhadap ekosistem akibat peningkatan CO₂ dan Evaluasilah dampak peningkatan CO₂ terhadap keseimbangan ekosistem serta berikan solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak negatifnya.

KUNCI JAWABAN

1. Dalam ekosistem, daur hidrologi memainkan peran penting untuk menjaga ketersediaan air yang merupakan unsur esensial bagi kehidupan.
 - a. Filtrasi : Masuknya air ke dalam tanah setelah tahap presipitasi (Hujan, salju, dll) proses ini penting karena menyimpan air dalam tanah untuk digunakan oleh tumbuhan organisme lainnya. Contoh gangguan pada tahap ini yaitu deforestasi. Hutan berfungsi sebagai penyerap air hujan dan menyimpannya didalam tanah melalui akar-akar pohon. Ketika pohon dibabat maka kemampuan tanah untuk menyerap air berkurang dan akar pohon yang berfungsi untuk menyimpan cadangan air menjadi hilang sehingga tanah tidak dapat meresap dengan baik. Hal ini juga Fungsi dari akar ini yaitu untuk menyimpan cadangan makanan Dampak terhadap ekosistem
 1. Meningkatnya run off (aliran permukaan) yang dapat menyebabkan erosi tanah dan banjir
 2. Perubahan iklim mikro karena berkurangnya evaporasi dan transpirasi tumbuhan yang mengurangi jumlah presipitasi.
 - a. Evaporasi dan transpirasi : proses penguapan air dari permukaan bumi (laut, danau, sungai, tanah), sementara transpirasi adalah pelepasan uap air dari tumbuhan melalui stomata. Kedua proses ini memindahkan air dari permukaan bumi ke atmosfer dalam bentuk uap air. Gangguan yang mengurangi evaporasi dan transpirasi akan mengurangi jumlah uap air di atmosfer.
 - b. Kondensasi : Proses perubahan uap air di atmosfer menjadi partikel-partikel air atau es kecil yang membentuk awan proses ini dipengaruhi oleh suhu. Jika kondensasi terhambat, pembentukan awan akan berkurang, yang berarti potensi terjadinya presipitasi juga menurun. Hal ini akan memperparah masalah kekeringan dan kekurangan air di ekosistem darat.. Contoh polusi udara yang tinggi, terutama partikel-

partikel halus dari pembakaran bahan bakar fosil, dapat bertindak sebagai inti kondensasi yang berlebihan. Meskipun awalnya dapat meningkatkan pembentukan awan, dalam kondisi tertentu, polusi berat dapat mengubah sifat awan dan bahkan menghambat presipitasi. Di daerah industri dengan polusi udara parah, hujan asam dapat terbentuk, yang merusak vegetasi dan kehidupan akuatik. Selain itu, perubahan iklim global yang menyebabkan peningkatan suhu atmosfer secara keseluruhan juga dapat mempengaruhi proses kondensasi dan pola pembentukan awan yang stabil.

c. Presipitasi : Segala bentuk curahan air dari atmosfer ke permukaan bumi, seperti hujan, salju, hujan es, dan kabut. Gangguan pada pola presipitasi, baik dalam jumlah maupun waktu, dapat memiliki dampak signifikan pada ekosistem. Kekurangan presipitasi menyebabkan kekeringan, kekurangan air bagi tumbuhan dan hewan, peningkatan risiko kebakaran hutan, dan penurunan produktivitas ekosistem. Sebaliknya, presipitasi yang berlebihan dan intens dapat menyebabkan banjir, erosi tanah, dan kerusakan habitat.

- Kalau penguapan berkurang: Misalnya karena banyak hutan ditebang, jadi lebih sedikit air yang naik ke atas. Akibatnya, awan jadi sedikit, hujannya juga sedikit. Ini bisa bikin kekeringan, tumbuhan dan hewan kekurangan air. Contohnya: Di Jember kalau musim kemarau panjang karena hutan di pegunungan gundul, sawah-sawah bisa kering kerontang, petani gagal panen, dan hewan-hewan di sungai juga susah cari minum.

- Kalau pembentukan awan terganggu: Misalnya karena polusi udara yang parah, awan jadi aneh dan malah susah nurunin hujan. Ini juga bikin kering.

- Kalau hujan jadi sedikit atau banyak sekali: Kalau hujannya sedikit terus, ya sama kayak tadi, kekeringan. Tapi kalau hujannya deras

banget terus-terusan, bisa banjir. Banjir ini bisa merusak rumah hewan, menghanyutkan makanan tumbuhan, dan bikin tumbuhan mati karena terlalu banyak air. Contohnya: Hujan deras di Jember bisa bikin sungai meluap, sawah dan rumah kebanjiran, ikan-ikan di sungai hanyut, dan tanaman padi bisa rusak.

Kalau air susah masuk ke tanah: Misalnya karena jalanan di kota banyak yang diaspal, air hujan jadi langsung lari ke sungai, nggak sempat diserap tanah. Ini bikin air tanah jadi sedikit, sumur-sumur kering pas kemarau, dan risiko banjir juga meningkat karena air cepat numpuk. Intinya, daur air ini kayak rantai. Kalau satu mata rantainya rusak, semuanya bisa kena imbasnya. Jadi, kita harus jaga alam biar daur air ini tetap berjalan lancar demi kelangsungan hidup semua makhluk di bumi.

2. Gunakan Pupuk Sesuai Kebutuhan Tanaman, Ini teorinya paling penting. Petani harus tahu persis berapa banyak pupuk yang dibutuhkan tanamannya, kapan waktu yang tepat memberikannya, bagaimana cara memberikannya yang benar, dan jenis pupuk yang tepat. Jangan asal tabur banyak-banyak, pikirnya biar subur, padahal malah bikin masalah. Sebelum kasih pupuk, petani sebaiknya mengecek kondisi tanahnya. Penggunaan pupuk organik, kayak kompos atau pupuk kandang, lebih ramah lingkungan. Dia melepaskan nutrisi ke tanah pelan-pelan, jadi nggak langsung "booming" kayak pupuk kimia yang bisa kelebihan dan lari ke mana-mana (terbawa air hujan, misalnya, dan ganggu siklus di tempat lain). Pengendalian Hama Terpadu (PHT), Kalau hamanya nggak terlalu parah, coba cara lain dulu selain pestisida kimia yang keras. Misalnya, pakai musuh alami hama (kayak ladybug buat makan kutu daun), Intinya, petani perlu lebih pintar dan hati-hati dalam menggunakan pupuk. Jangan cuma mikir hasil panen sekarang, tapi juga pikirin kesehatan tanah dan lingkungan jangka panjang biar pertaniannya bisa terus berkelanjutan.

3. Nitrogen berperan penting bagi semua makhluk hidup, seperti bahan baku bikin protein dan DNA. Tapi sayangnya, nitrogen di udara (N_2) itu bentuknya susah dipakai langsung sama tumbuhan dan hewan.

1. Fiksasi Nitrogen (Pengikatan Nitrogen dari Udara):

- Bakteri *Rhizobium*: Ini bakteri baik yang tinggal di akar tanaman kacang-kacangan (kayak kedelai, kacang tanah). Mereka bikin "rumah" di akar namanya bintil akar. Di dalam bintil ini, mereka punya kemampuan ajaib mengubah nitrogen dari udara jadi amonia (NH_3), bentuk nitrogen yang bisa dipakai tanaman. Ini kayak kerjasama yang saling menguntungkan: bakteri dapat makanan dari tanaman, tanaman dapat pupuk nitrogen gratis!

- Bakteri *Azotobacter* dan *Clostridium* (hidup bebas di tanah): Bakteri ini juga bisa melakukan fiksasi nitrogen, tapi mereka nggak butuh "rumah" di akar tanaman. Mereka hidup bebas di dalam tanah dan mengubah nitrogen udara jadi amonia. Kerjanya memang nggak seefisien *Rhizobium*, tapi tetap penting.

- *Cyanobacteria* (alga biru-hijau): Ini bukan bakteri sejati, tapi mereka punya kemampuan fotosintesis kayak tumbuhan dan juga bisa fiksasi nitrogen, terutama di lingkungan perairan dan tanah lembab.

2. Amonifikasi (Pengubahan Bahan Organik Jadi Amonia):

- Berbagai jenis bakteri dan fungi (jamur): Ketika ada makhluk hidup mati (tumbuhan, hewan) atau kotorannya, bahan organiknya diurai oleh berbagai jenis bakteri dan jamur. Proses penguraian ini menghasilkan amonia (NH_3) atau ion amonium (NH_4^+). Ini seperti "daur ulang" nitrogen dari makhluk hidup yang sudah mati.

3. Nitrifikasi (Pengubahan Amonia Jadi Nitrit dan Nitrat): Ini proses dua langkah yang dilakukan oleh dua jenis bakteri yang berbeda:

- Bakteri *Nitrosomonas*: Bakteri ini mengubah amonia (NH_3) atau ion amonium (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-). Nitrit ini masih belum terlalu berguna buat tanaman.
- Bakteri *Nitrobacter*: Bakteri ini melanjutkan kerja *Nitrosomonas* dengan mengubah nitrit (NO_2^-) menjadi nitrat (NO_3^-). Nah, nitrat inilah bentuk nitrogen yang paling mudah diserap oleh akar tanaman.

4. Denitrifikasi (Pengubahan Nitrat Jadi Gas Nitrogen Kembali ke Udara):

- Berbagai jenis bakteri anaerob (hidup tanpa oksigen), contohnya *Pseudomonas*: Dalam kondisi kekurangan oksigen (misalnya di tanah yang tergenang air), bakteri denitrifikasi ini mengubah nitrat (NO_3^-) kembali menjadi gas nitrogen (N_2) yang lepas ke udara. Proses ini penting untuk menjaga keseimbangan nitrogen di bumi, tapi kalau berlebihan bisa bikin nitrogen yang tersedia buat tanaman jadi berkurang.

Jadi, bakteri-bakteri ini kayak tim pekerja yang punya tugas masing-masing dalam daur nitrogen. Ada yang "nangkap" nitrogen dari udara, ada yang "daur ulang" nitrogen dari makhluk mati, ada yang "mengubah" nitrogen jadi bentuk yang bisa dipakai tanaman, dan ada juga yang "mengembalikan" nitrogen ke udara. Tanpa mereka, kehidupan di bumi pasti akan sangat terganggu karena tumbuhan dan hewan nggak akan punya cukup nitrogen untuk tumbuh dan berkembang.

4. Polusi udara dikota-kota besar disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penggunaan kendaraan bermotor, industri, dan pembakaran sampah. Aktivitas ini menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida dan nitrogen oksida yang mengganggu daur karbon dan nitrogen. Penyebab utama polusi udara yaitu kendaraan bermotor yang menghasilkan CO, NO₂, dan partikel halus. Sekanjutnya proses industri juga menghasilkan gas berbahaya dan partikel pencemar.

- a. Dampak pada daur karbon, peningkatan CO₂ dari pembakaran bahan bakar fosil dapat meningkatkan konsentrasi CO₂ dan mempercepat pemanasan global. Kondisi CO₂ yang tinggi dapat merubah pola pertumbuhan tanaman dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Peningkatan tersebut apabila terus terjadi dampak jangka panjang yang ditimbulkan yaitu kemarau panjang atau hujan badai yang sering terjadi, es kutub utara dan selatan bisa mencair lebih banyak. Ini bikin permukaan air laut naik, jadi daerah pantai bisa tenggelam.
- b. Dampak pada daur nitrogen, kendaraan dan industri melepaskan nitrogen oksida yang berkontribusi pada pembentukan hujan asam yang dapat merusak tanah dan tanaman, nitrogen berlebih juga dapat menyebabkan pertumbuhan alga secara berlebihan dapat mengurangi kualitas air.

Nitrogen itu penting bagi makhluk hidup, terutama dalam pembentukan protein. Nitrogen banyak ditemukan di udara akan tetapi tidak dapat langsung digunakan oleh tumbuhan. Terdapat bakteri di dalam tanah yang dapat membantu. Terdapat bakteri di tanah yang bantu ubah nitrogen dari udara jadi bentuk yang bisa diserap tumbuhan. Hewan dapat nitrogen dari makan tumbuhan atau hewan lain. Pas makhluk hidup mati, nitrogennya balik lagi ke tanah. Gangguan di kota Pembakaran Bahan Bakar: Pembakaran bahan bakar di kendaraan dan pabrik nggak cuma mengeluarkan CO₂, tapi juga senyawa nitrogen oksida yang termasuk polutan udara berbahaya bagi kesehatan dan juga bisa bereaksi di atmosfer jadi hujan asam. Limbah dari pabrik dan rumah tangga (misalnya dari pupuk kimia atau deterjen) yang mengandung banyak nitrogen kalau dibuang sembarangan ke sungai atau tanah bisa bikin kelebihan nutrisi (eutrofikasi). Ini bisa bikin alga tumbuh subur banget di air, nutupin sinar matahari, dan pas alga mati dan membusuk, oksigen di air jadi habis. Kekurangan oksigen ini bisa membunuh ikan dan makhluk air lainnya.

MEDIA PEMBELAJARAN



Media dapat diakses melalui QR atau melalui link

<https://byluminous.my.canva.site/salinan-dari-daur-biogeokimia>



Error! Reference source not found.



Pedoman Pengamatan Sikap

Nama :

Kelas :

Semester :

Mata Pelajaran :

Karakter yang dibangun	Perilaku yang diamati	Kategori			
		MB	MBK	B	M
Mandiri	Tidak bergantung pada orang lain				
Religious	Selalu berdoa di awal dan di akhir pembelajaran, menjawab salam				
Tanggung jawab	Menyelesaikan tugas yang diberikan				
Bernalar	Mengidentifikasi, mengolah				

Kategori	Keterangan
Memerlukan Bimbingan	Peserta didik belum menampilkan yang dinyatakan dalam rubrik
Mulai Berkembang	Peserta didik menampilkan perilaku yang dinyatakan dalam rubrik perilaku tetapi belum konsisten
Berkembang	Peserta didik mulai konsisten menampilkan perilaku yang dinyatakan dalam rubrik
Membudaya	Peserta didik selalu konsisten menampilkan perilaku yang dinyatakan dalam rubric

B. Aspek dan Rubrik Penilaian

Penskoran tes keterampilan berpikir kritis pada soal *pretest* dan *posttest*.

Indikator	No	Skor	Penjelasan
Mengidentifikasi asumsi-asumsi	1	4	Mampu menjawab secara mendalam tentang bagaimana gangguan pada satu tahap daur hidrologi dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem secara menyeluruh, disertai dengan contoh nyata yang relevan dan spesifik yang menggambarkan dampak pada organisme. Penjelasan sangat jelas dan terstruktur.
		3	Analisis jawaban cukup akurat dan mendalam, namun terdapat sedikit kekurangan dalam detail atau kelengkapan contoh. Pemahaman tentang pengaruh gangguan pada daur hidrologi dan dampaknya pada ekosistem cukup baik.
		2	Analisis jawaban kurang mendalam atau kurang akurat. Terdapat kesalahan konseptual kecil atau contoh yang diberikan kurang relevan atau spesifik. Pemahaman tentang

			pengaruh gangguan pada daur hidrologi dan dampaknya pada ekosistem terbatas. Penjelasan kurang terstruktur.
		1	Jawaban sangat terbatas atau tidak akurat. Menunjukkan sedikit pemahaman tentang daur hidrologi atau dampaknya pada ekosistem.
		0	Tidak ada jawaban atau jawaban tidak relevan sama sekali dengan pertanyaan. Menunjukkan sama sekali tidak ada pemahaman tentang topik yang ditanyakan.
Menentukan suatu tindakan	2	4	Mampu menganalisis upaya-upaya yang sangat efektif dan beragam, menunjukkan pemahaman yang kuat tentang daur fosfor dan nitrogen serta bagaimana penggunaan pupuk berlebihan dapat mengganggunya. Solusi yang diberikan realistis dan berkelanjutan.
		3	Jawaban cukup akurat dan relevan, menganalisis upaya-upaya yang dapat dilakukan dengan baik, namun terdapat beberapa aspek yang kurang mendalam atau kurang lengkap dalam solusi yang ditawarkan. Pemahaman tentang daur fosfor dan nitrogen cukup baik
		2	Jawaban kurang akurat atau kurang relevan terkait upaya-upaya yang diusulkan tidak sepenuhnya efektif atau tidak mempertimbangkan semua aspek daur fosfor dan nitrogen.
		1	Jawaban sangat terbatas atau tidak akurat. Upaya-upaya yang diusulkan tidak relevan atau tidak menunjukkan pemahaman tentang daur fosfor dan nitrogen
		0	Tidak ada jawaban atau jawaban tidak relevan sama sekali dengan pertanyaan. Menunjukkan sama sekali tidak ada pemahaman tentang topik yang ditanyakan.
Menganalisis	3	4	Mampu mengidentifikasi semua jenis

argumen			mikroorganisme yang relevan dengan sangat akurat. Menjelaskan fungsi masing-masing mikroorganisme pada setiap tahap daur nitrogen dengan sangat jelas, rinci, dan benar secara ilmiah. Menunjukkan pemahaman yang sangat mendalam tentang peran mikroorganisme.
		3	Mengidentifikasi sebagian besar mikroorganisme yang relevan dengan akurat. Menjelaskan fungsi masing-masing mikroorganisme pada setiap tahap daur nitrogen dengan cukup jelas dan benar secara ilmiah, meskipun terdapat sedikit kekurangan dalam menjelaskan jawaban.
		2	Mengidentifikasi sebagian kecil mikroorganisme yang relevan, atau ada beberapa kesalahan identifikasi. Penjelasan fungsi mikroorganisme kurang jelas, tidak lengkap, atau terdapat kesalahan konseptual.
		1	Hanya mengidentifikasi satu atau dua mikroorganisme, atau identifikasi salah. Penjelasan fungsi mikroorganisme sangat terbatas atau tidak ada.
		0	Tidak ada jawaban atau jawaban tidak relevan sama sekali dengan pertanyaan. Menunjukkan sama sekali tidak ada pemahaman tentang topik yang ditanyakan.
Menganalisis argumen	4	4	Mampu Menjelaskan secara sangat jelas dan rinci bagaimana berbagai aktivitas manusia di perkotaan secara spesifik mengganggu daur karbon dan nitrogen. Analisis yang diberikan menunjukkan pemahaman yang kuat tentang keterkaitan antara aktivitas manusia dan siklus biogeokimia.
		3	Menjelaskan dengan cukup jelas bagaimana aktivitas manusia di perkotaan mengganggu daur karbon dan nitrogen, namun mungkin ada beberapa poin yang kurang rinci atau kurang komprehensif
		2	Penjelasan mengenai gangguan daur karbon

			dan nitrogen akibat aktivitas manusia kurang jelas, tidak lengkap, atau ada kesalahan konseptual.
		1	Penjelasan sangat terbatas atau tidak ada. Menunjukkan sedikit pemahaman atau kesalahan konsep mengenai gangguan daur karbon dan nitrogen.
		0	Tidak ada jawaban atau jawaban tidak relevan sama sekali dengan pertanyaan. Menunjukkan sama sekali tidak ada pemahaman tentang topik yang ditanyakan.
Menentukan suatu tindakan	5	4	Mampu mengidentifikasi dan menjelaskan dampak jangka panjang peningkatan CO ₂ terhadap ekosistem secara sangat komprehensif dan mendalam. Melakukan evaluasi yang kritis terhadap dampak tersebut. Mengusulkan solusi-solusi yang sangat inovatif, realistis, dan berpotensi besar untuk mengurangi dampak negatif.
		3	Mampu mengidentifikasi dan menjelaskan dampak jangka panjang peningkatan CO ₂ terhadap ekosistem dengan cukup baik. Evaluasi yang diberikan cukup memadai. Mengusulkan beberapa solusi yang relevan, meskipun terdapat kurang inovatif atau kurang mendalam.
		2	Mampu mengidentifikasi beberapa dampak peningkatan CO ₂ , tetapi penjelasannya dangkal atau kurang akurat. Evaluasi yang diberikan terbatas. Solusi yang diusulkan tidak realistis, tidak efektif, atau sangat umum.
		1	Hanya mengidentifikasi sedikit dampak peningkatan CO ₂ , atau penjelasannya salah. Tidak ada evaluasi atau evaluasi yang salah. Solusi yang diusulkan tidak ada atau tidak relevan sama sekali.
		0	Tidak ada jawaban atau jawaban tidak relevan sama sekali dengan pertanyaan. Menunjukkan

			sama sekali tidak ada pemahaman tentang topik yang ditanyakan.
--	--	--	--

Nilai akhir yang diperoleh merupakan akumulasi dari perolehan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Total skor}}{\text{skor ideal}} \times 100\%$$

Hasil yang diperoleh dikategorikan berdasarkan berikut:

Kategori	Interval %
Sangat tinggi	≥87 %
Tinggi	58-86%
Sedang	30-57%
Rendah	16-29%
Sangat rendah	≤ 15%

DAFTAR PUSTAKA

- Sandika, Bayu. *EKOLOGI (Integrasi Islam Sains)*. Grobogan, Jawa Tengah: Yayasan Citra Dharma Cindekia, 2021.
- Jones Mary, et.all. 2007. *As Level and A Level Biology Second edition*. Cambridge:: Cambridge University Press
- Rumiyati. 2016. *Biologi X semester 2*. Klaten: Intan Pariwara

Lampiran 23 Hasil Pretest- Posttest

dan smpn X.6
X.6

Pretest ~~1~~ ~~2~~

1) Jika salah satu faktor di dalam hidrologi terganggu, keseimbangan ekosistem akan terdampak. Misalnya, jika infiltrasi terganggu akibat urbanisasi yang menyebabkan tanah tertutup beton dan aspal, air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah dengan baik. Contohnya: berkurangnya air tanah dapat menyebabkan matinya vegetasi di hutan, yg mengakibatkan berkurangnya habitat bagi hewan.

2) Rotasi tanaman & tanaman tertutup:

- menanam legum yg memiliki bakteri pengikat nitrogen alami
- Penggunaan pupuk organik
- Aplikasi pupuk berimbang
- Pengelolaan lahan konservatif

3) 1. Bakteri fiksasi nitrogen
/ mengikat nitrogen dari udara menjadi amonia yg digunka oleh tanaman

2) bakteri nitrifikasi

3) Bakteri denitrifikasi

4) bakteri amonifikasi

1) Daur karbon : Peningkat penggunaan kendaraan bermotor

2) daur nitrogen : polusi udara akibat pembakaran bahan bakar fosil

dampak lanjutan : udara memburuk

3) Pemanasan global : suhu bumi meningkat

• Kenaikan permukaan air laut

• gangguan ekosistem

• Pengasaman laut

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
JEMBER

Wulan Kasih Ramadani.

X - e

nomor Absen 35.

PRETEST.

1. Gangguan Pada salah satu tahap dari hidrologi dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem. misalnya, pengundulan hutan dapat menyebabkan curah hujan berkurang, sehingga ketersediaan air di ekosistem tersebut juga berkurang. hal ini dapat menyebabkan kematian dan hewan yg hidup di hutan hujan tropis mengalami kesulitan yg berkaitan hidup.
2. 1) Menggunakan Pestisida secara bijak dan tepat dosis.
1) memilih pestisida yg ramah lingkungan
1) melakukan rotasi tanaman.
3. 1) Bakteri nitrogen-fixing - mengubah nitrogen di atmosfer menjadi ammonia
1) bakteri pengurai:
2 1) Bakteri nifit:
1) bakteri nitrat.
1) bakteri denitrifikasi.
4. 1) Penanaman bahan bakar fosil
1) Deforestasi
2 1) Pertanian
1) industri
5. 1) Perubahan pola cuaca
1) kenaikan permukaan air laut
2 1) kehilangan keanekaragaman hayati
1) Gangguan ekosistem laut.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

No. _____

Date _____

☐	Nama : Ridio Mahdi Uliya
☐	Kelas : X.6
☐	No Absen : 28
☐	
☐	
☐	<u>Posttest</u>
☐	
☐	1. Daur hidrologi atau siklus air yg berproses pd pergerakan air dari atmosfer ke
☐	bumi dan kembali lagi ke esensial bagi kehidupan! Dampak Gangguan Pada
☐	daur hidrologi : Gangguan pd salah satu tahapan siklus hidrologi dapat mengga-
☐	nggu keseimbangan ekosistem. misalnya, deforestasi mengurangi transpirasi
☐	sehingga mengurangi jumlah uap air yang kembali ke atmosfer. Hal ini dapat
☐	menyebabkan penurunan curah hujan di wilayah tersebut, yang berdampak pada
☐	ketersediaan air bagi tanaman, hewan, dan manusia. Contoh nyata :
☐	kekeringan dan kematian pohon di hutan Amazon.
☐	
☐	2. 1). Penggunaan pestisida yang bijaksana : Petani Peru bijak dan menggunakan pestisida
☐	2). Pengendalian hama terpadu (PHT) : menerapkan PHT yang mengombinasikan
☐	berbagai metode pengendalian hama.
☐	3). Penggunaan pestisida yang selektif : memilih jenis pestisida yang selektif dan
☐	memiliki dampak minimal terhadap organisme non target dan lingkungan.
☐	4). Rotasi tanaman : dengan melakukan rotasi tanaman, bisa membantu memutus
☐	siklus hidup hama dan penyakit.
☐	5). Pengelolaan residu pestisida : kalau kita mengelola residu dgn benar, kita
☐	bisa mencegah pencemaran tanah dan air.
☐	6). Edukasi dan pelatihan : sebagai petani harus mendapatkan edukasi dan pelatihan
☐	mengeai penggunaan pestisida yang aman.
☐	
☐	3. Fiksasi nitrogen : Proses mengubah nitrogen di udara menjadi amonia.
☐	* Rhizobium : Bakteri ini mengikat nitrogen bebas didalam tanah dan
☐	mengubahnya menjadi nitrat.

No. _____

Date. _____

- ☐ * **Azotobacter** : Berperan sebagai fiksasi nitrogen dan mengikat nitrogen bebas di dalam tanah.
- ☐ * **Clostridium** : Bakteri yang berperan dalam fiksasi nitrogen.
- ☐ * **Cyanobacteria** : Bakteri yang dapat melakukan fiksasi nitrogen.
- ☐ * **Frankia** : Bakteri yg dapat melakukan fiksasi nitrogen.
- ☐ * **Azotobacteraceae** : Bakteri yang dapat melakukan fiksasi nitrogen.
- ☐ - **Nitrifikasi** : Proses konversi amonium menjadi nitrat.
 - ☐ → **Nitrosomonas** : mengubah amonia menjadi nitrit.
 - ☐ → **Nitrosococcus** : mengubah amonia menjadi nitrit.
 - ☐ → **Nitrobacter** : Mengubah nitrit menjadi nitrat.
- ☐ - **Amonifikasi** : Proses penguraian materi organik menjadi amonium.
- ☐ * **Bakteri dan jamur pengurai (dekomposer)** : membusukkan tanaman dan bangkai, mengubah nitrogen organik menjadi amonium.
- ☐ - **Denitrifikasi** : Proses reduksi nitrat menjadi gas nitrogen.
 - ☐ → **Pseudomonas** : mengubah nitrat menjadi nitrogen yang dikembalikan ke atmosfer.
 - ☐ → **Thiobacillus denitrificans** : mengambil oksigen dari senyawa nitrat di dalam tanah.
 - ☐ → **Clostridium** : memproses nitrat utk mendapatkan oksigen dan mengeluarkan gas nitrogen.
- ☐ 4. * **Emisi CO₂** : Pembakaran bahan bakar fosil (kendaraan, industri meningkat CO₂ di atmosfer).
- ☐ * **Pollusi udara** : Industri dan pembakaran sampah melepaskan polutan berbahaya.
- ☐ * **Penggunaan hutan** : mengurangi penyerapan CO₂ alami.
- ☐ * **Limbah nitrogen** : Limbah dan pupuk mencemari air, menyebabkan eutrofikasi.
- ☐ 5. **Dampak terhadap keseimbangan ekosistem** :

VISION

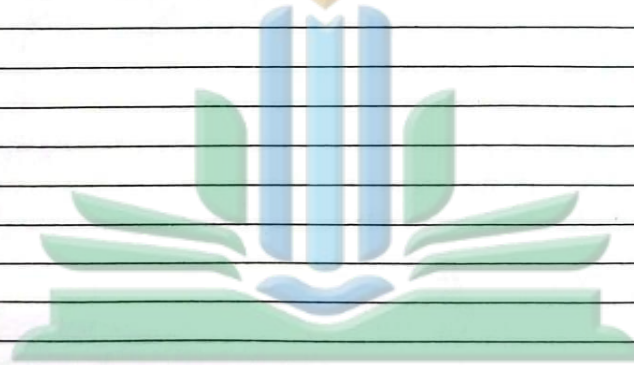
No. _____

Date. _____

- | | |
|--|--|
| ☐ 1). Perubahan Iklim Global | ☐ 4). Kerusakan lingkungan hidup. |
| ☐ 2). Kenaikan permukaan laut | ☐ 5). Kekeringan dan kelaparan |
| ☐ 3). Gangguan ekosistem | ☐ 6). kebakaran hutan. |

☐ ~ Solusi untuk mengurangi dampak negatif

- | |
|--|
| ☐ 1). Mengurangi emisi karbon |
| ☐ 2). Adaptasi terhadap perubahan iklim |
| ☐ 3). Menjaga dan memulihkan lingkungan |
| ☐ 4). Pertanian berkelanjutan |
| ☐ 5). Pengelolaan lahan gambut. |



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

VISION

Lampiran 24 Hasil Uji Statistik

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest	.268	26	.000	.817	26	.000
Posttest	.233	26	.001	.812	26	.000

a. Lilliefors Significance Correction

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
X2 - X1	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	26 ^b	13.50	351.00
	Ties	0 ^c		
	Total	26		

a. X2 < X1

b. X2 > X1

c. X2 = X1

Test Statistics^a

	X2 - X1
Z	-4.481 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

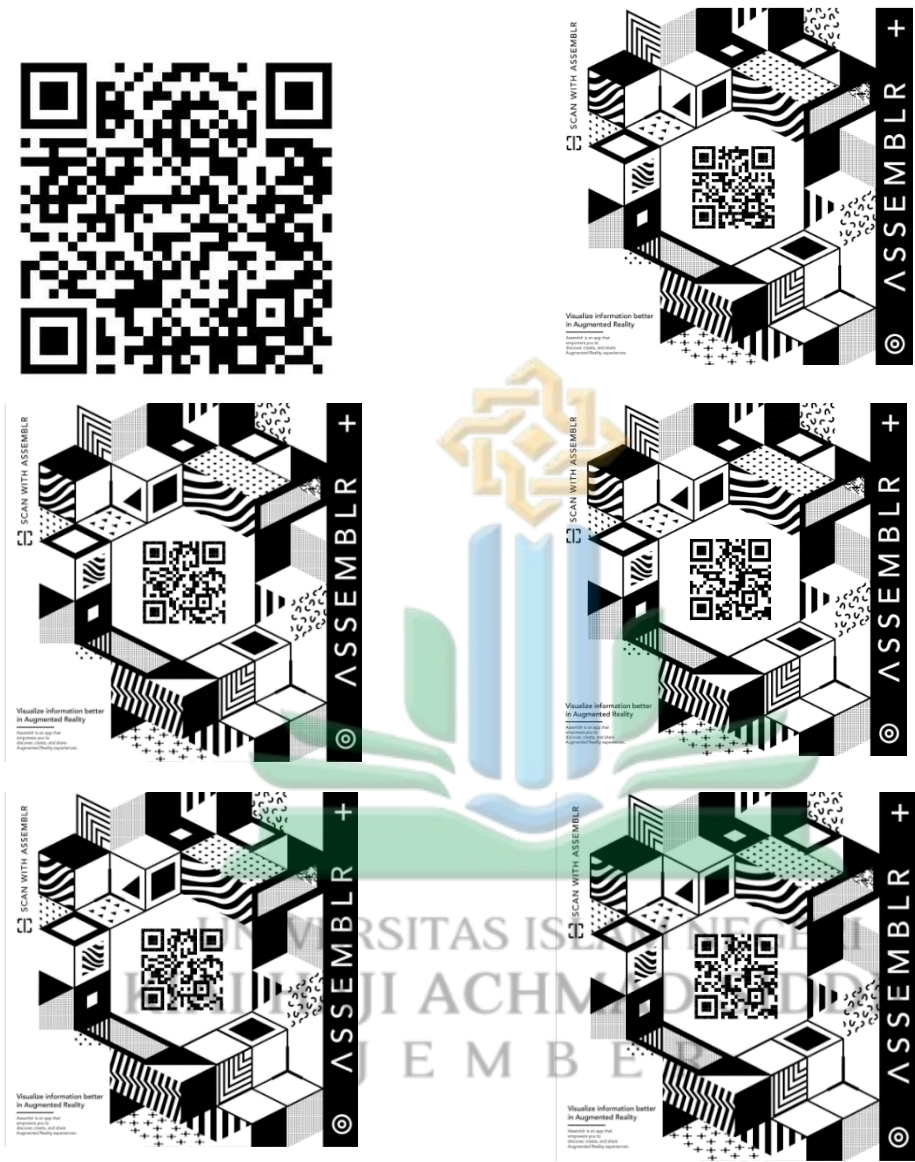
b. Based on negative ranks.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ngain_Skor	26	45.00	75.00	54.2308	8.08608
Ngain_persen	26	4500.00	7500.00	5423.0769	808.60754
Valid N (listwise)	26				

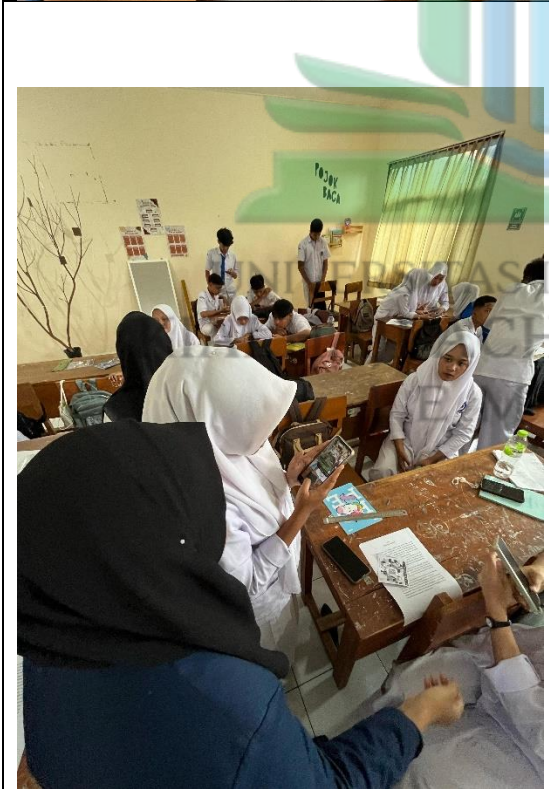
No	Responden	x	y	y-x	100 - x	N-Gain Skor	N-Gain (%)
1	R1	40	90	50	83	60	60
2	R2	50	95	45	90	50	50
3	R3	45	90	45	82	55	55
4	R4	45	85	40	73	55	55
5	R5	50	90	40	80	50	50
6	R6	55	95	40	89	45	45
7	R7	50	95	45	90	50	50
8	R8	25	85	60	80	75	75
9	R9	45	95	50	91	55	55
10	R10	40	85	45	75	60	60
11	R11	55	95	40	89	45	45
12	R12	50	95	45	90	50	50
13	R13	25	90	65	87	75	75
14	R14	45	95	50	91	55	55
15	R15	40	95	55	92	60	60
16	R16	40	90	50	83	60	60
17	R17	45	90	45	82	55	55
18	R18	55	95	40	89	45	45
19	R19	45	95	50	91	55	55
20	R20	55	85	30	67	45	45
21	R21	40	90	50	83	60	60
22	R22	50	85	35	70	50	50
23	R23	55	90	35	78	45	45
24	R24	55	90	35	78	45	45
25	R25	45	90	45	82	55	55
26	R26	45	85	40	73	55	55

Lampiran 24 Media Augmented Reality



Lampiran 25 Dokumentasi







UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
KIAI HAJI ACHMAD SIDDIQ
J E M B E R

Lampiran 26 Biodata Penulis

BIODATA PENULIS



1. Identitas

Nama : Agustina Fajriatin Haizatun Muna
NIM : 212101080031
Tempat, Tanggal Lahir : Banyuwangi, 30 Agustus 2002
Alamat : Dusun Yudomulyo RT 001 RW 003, Desa Ringintelu, Kec. Bangorejo, Kab. Banyuwangi
E-mail : agustinatitin595@gmail.com
Jurusan : Pendidikan Sains
Program Studi : Tadris Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

2. Riwayat Pendidikan

TK Taman Indria	: 2006-2008
SDN 1 Kebondalem	: 2008-2015
SMPN 1 Bangorejo	: 2015-2018
SMAN 1 Bangorejo	: 2018-2021
UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember	: 2021-2025