

Pengembangan Buku Ajar Biologi Digital Berbasis Konstruktivistik Pada Materi Virus Untuk Siswa SMA Kelas X (Fase E)

Ardiansyah¹, Adnan², Evi Ristiana³

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Makassar

arditao88@gmail.com¹, adnan@unm.ac.id², evi.ristiana@unm.ac.id³

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik pada materi virus untuk siswa SMA kelas X (Fase E). Jenis penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, sedangkan tahap implementasi dan evaluasi tidak dilaksanakan. Subjek penelitian terdiri dari 35 siswa kelas X MIPA SMAN 2 Makassar dan lima guru biologi dari sekolah berbeda sebagai responden analisis kebutuhan. Instrumen yang dikembangkan berupa instrumen analisis kebutuhan siswa dan wawancara guru, instrumen bahan pustaka, lembar validasi instrumen validasi produk, dan lembar validasi produk. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembelajaran masih berfokus pada keterampilan level kognitif (C1-C3), kurang mengintegrasikan pendekatan sains sebagai pengalaman belajar, dan bahan ajar masih terbatas buku cetak. Buku ajar biologi digital dikembangkan berdasarkan prinsip konstruktivistik: (1) *learning personalization*, (2) *reflective thinking*, (3) *problem solving and investigation*, (4) *relevance to daily-life*, (5) *collaborative learning*, (6) *discussion*, dan (7) *teacher scaffolding*. Proses pengembangan diawali dengan penyusunan naskah buku pada *Microsoft Word* (MW), kemudian mendesain buku menggunakan aplikasi *Canva* dan selanjutnya didigitalkan menggunakan *Heyzine* sebelum divalidasi oleh para ahli. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Buku Ajar Biologi Digital Berbasis Konstruktivistik yang dikembangkan memperoleh nilai kevalidan yaitu 4,2 sehingga dapat disimpulkan bahwa produk buku ajar berada pada kategori valid dan layak digunakan sebagai sumber belajar pada pembelajaran Biologi materi Virus.

Kata Kunci : buku ajar digital; konstruktivistik; materi virus, pembelajaran biologi

Abstract: This research aims to develop a constructivist-based digital biology textbook on the virus topic for Grade X Senior High School students (Phase E). This study is a *Research and Development* (R&D) utilizing the ADDIE development model, which includes the stages of analysis, design, and development, while the implementation and evaluation stages were not carried out. The research subjects consisted of 35 Grade X MIPA students at SMAN 2 Makassar and five biology teachers from different schools as respondents for the needs analysis. The instruments developed comprised student needs analysis instruments and teacher interviews, literature review instruments, product validation instrument sheets, and product validation sheets. The analysis results indicated that learning still primarily focused on low cognitive level skills (C1-C3), lacked the integration of the science approach as a learning experience, and instructional materials were still limited to printed textbooks. The digital biology textbook was developed based on seven constructivism principles: (1) *learning personalization*, (2) *reflective thinking*, (3) *problem solving and investigation*, (4) *relevance to daily-life*, (5) *collaborative learning*, (6) *discussion*, and (7) *teacher scaffolding*. The development process began with preparing the book manuscript in *Microsoft Word* (MW), followed by designing the book using the *Canva* application, and finally digitizing it using *Heyzine* before being validated by experts.

The research results show that the developed Constructivist-Based Digital Biology Textbook obtained a validity score of 4.2. It can be concluded that the textbook product falls into the valid category and is feasible for use as a learning resource in Biology learning on the Virus topic.

Keywords: *digital textbook; constructivism; virus topic, biology learning*

1. Pendahuluan

Pendidikan pada abad ke-21 tidak lagi cukup menekankan penguasaan materi semata, melainkan juga diarahkan pada penguatan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Septiani dan Susanti (2021) menjelaskan bahwa keterampilan tersebut meliputi kreativitas, kemampuan berpikir kritis dan analitis, komunikasi, serta kolaborasi. Sejalan dengan tuntutan tersebut, Kurikulum Merdeka dirancang sebagai pendekatan pembelajaran yang memberikan ruang bagi peserta didik untuk belajar secara aktif, bermakna, dan sesuai dengan tahap perkembangan mereka (Rahayu et al., 2022). Rahmayumita dan Hidayati (2023) menegaskan bahwa Kurikulum Merdeka berfokus pada penyederhanaan materi esensial dan penguatan kompetensi sesuai fase belajar peserta didik.

Perkembangan era Society 5.0 menuntut pemanfaatan teknologi di berbagai sektor kehidupan, termasuk pendidikan. Idayanti dan Suleman (2024) menyatakan bahwa integrasi teknologi merupakan kebutuhan penting dalam membangun masyarakat yang maju secara teknologi sekaligus bertanggung jawab secara sosial. Dalam konteks pembelajaran, kemajuan teknologi informasi dan komunikasi membuka peluang terciptanya proses belajar yang lebih fleksibel serta interaktif (Budihardjo & Prapanca, 2023). Mahrawi et al. (2021) menambahkan bahwa pembelajaran abad ke-21 menuntut guru dan peserta didik untuk aktif serta terampil dalam memanfaatkan teknologi sebagai bagian dari proses belajar.

Dalam pembelajaran biologi, media yang mampu memvisualisasikan konsep menjadi sangat dibutuhkan karena banyak materi bersifat abstrak. Materi virus pada siswa SMA kelas X Fase E merupakan salah satu contoh materi yang sulit dipahami jika hanya disampaikan melalui pendekatan konvensional. Virus merupakan entitas mikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung tanpa bantuan alat, sehingga penyajian melalui buku cetak dengan gambar statis sering kali kurang efektif. Kondisi ini menyebabkan pemahaman siswa terhadap materi virus cenderung bersifat tekstual dan kurang mendalam, sehingga diperlukan media pembelajaran yang mampu menampilkan konsep virus secara dinamis dan kontekstual.

Kebutuhan akan media pembelajaran yang lebih sesuai dengan karakteristik materi virus diperkuat oleh hasil analisis kebutuhan peserta didik di SMAN 2 Makassar yang menunjukkan bahwa 75,42% siswa mengalami kesulitan memahami materi virus melalui buku ajar yang digunakan saat ini, dan 71,42% siswa menyatakan membutuhkan buku ajar digital untuk mempelajari materi tersebut. Selain itu, 71,42% siswa menyatakan lebih tertarik mempelajari virus menggunakan media digital dibandingkan buku cetak, dan bahkan 78,28% siswa menginginkan adanya animasi, simulasi, serta kuis interaktif dalam bahan ajar yang mereka gunakan. Temuan ini menunjukkan adanya kecenderungan kuat bahwa media pembelajaran digital merupakan kebutuhan, bukan sekadar preferensi. Siswa tidak hanya membutuhkan informasi, tetapi juga membutuhkan pengalaman belajar yang memungkinkan mereka memahami konsep melalui interaksi, observasi, dan eksplorasi.

Hasil wawancara dengan guru biologi menunjukkan bahwa pembelajaran materi virus masih menghadapi berbagai kendala, terutama keterbatasan media visual yang akurat,

dominannya metode ceramah, serta bahan ajar yang kurang mendukung aktivitas eksploratif. Guru menyatakan bahwa bahan ajar berupa buku cetak dan Power Point (PPT) belum mampu membantu siswa memahami konsep yang abstrak, dan struktur pembelajaran masih berpusat pada guru. Temuan ini sejalan dengan hasil analisis pustaka, yang menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan di sekolah masih didominasi media cetak (80%) dan modul (80%), sementara struktur buku ajar yang dianalisis tidak memuat unsur pendekatan konstruktivistik sama sekali (0%) dan sebagian besar tujuan pembelajarannya masih berada pada level kognitif (C) rendah (C1–C2: 100%). Konsistensi kedua sumber data tersebut mengindikasikan bahwa bahan ajar saat ini belum memenuhi tuntutan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran aktif, kritis, dan berpusat pada siswa. Oleh karena itu, integrasi hasil wawancara guru dan analisis pustaka secara jelas menunjukkan perlunya pengembangan bahan ajar digital berbasis konstruktivistik untuk mengatasi kekurangan bahan ajar konvensional dan meningkatkan kualitas pembelajaran materi virus.

Pengembangan bahan ajar dalam bentuk buku elektronik menjadi kebutuhan sekaligus solusi strategis bagi pendidik untuk mengatasi permasalahan tersebut, karena media digital mampu mendukung proses pembelajaran agar berlangsung lebih optimal, efisien, serta tetap selaras dengan capaian kompetensi yang ditetapkan. Adnan et al. (2021) menyatakan bahwa salah satu faktor yang menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami pembelajaran biologi adalah penggunaan bahan ajar yang bersifat monoton sehingga kurang melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran di kelas. Saadiah dalam Hanikah et al. (2022) menjelaskan bahwa e-book merupakan bentuk digital dari buku cetak yang dapat diakses melalui berbagai perangkat elektronik. Candra dan Irianto (2016) mengemukakan bahwa e-book memungkinkan pengintegrasian teks, gambar, animasi, serta video sehingga mampu memvisualisasikan materi yang bersifat abstrak. Astiti, Fadiawati, dan Tania (2016) menambahkan bahwa e-book memiliki karakteristik praktis, mudah diakses, dan interaktif, sehingga berpotensi meningkatkan motivasi belajar peserta didik.

Namun, efektivitas bahan ajar digital perlu didukung oleh pendekatan pembelajaran yang tepat. Pendekatan konstruktivistik menekankan peran aktif peserta didik dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman belajar. Model pembelajaran konstruktivistik dapat digunakan karena memberikan kesempatan bagi siswa untuk aktif membangun sendiri pengetahuan yang mereka peroleh selama proses belajar di kelas. Pembelajaran konstruktivistik akan memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengakses beragam sumber yang dapat digunakan untuk belajar. prinsip-prinsip pembelajaran konstruktivistik terdiri atas: (1) Learning Personalization, (2) Reflective Thinking, (3) Problem-solving and Investigation, (4) Relevance to Daily-life, (5) Collaborative Learning, (6) Discussion, dan (7) Teacher Scaffolding (Haruthaithanasan, 2010). Putri dan Putra (2019) menegaskan bahwa konstruktivisme mengutamakan aktivitas peserta didik dalam proses pembelajaran. Shymansky dalam Suparlan (2019) menyatakan bahwa konstruktivisme memungkinkan peserta didik mengkonstruksi pengetahuan secara mandiri dan mengaitkan pengetahuan baru dengan pengalaman sebelumnya.

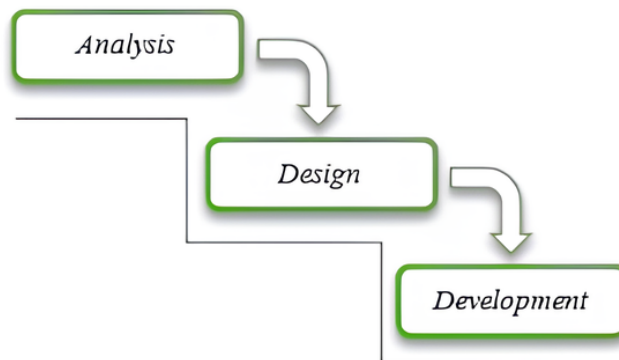
Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan e-book biologi berbasis konstruktivistik memberikan dampak positif terhadap pembelajaran. Jihadi (2021) melaporkan bahwa e-book biologi berbasis konstruktivistik mampu meningkatkan minat dan pemahaman konsep siswa. Adnan, Muharram, dan Jihadi (2019) juga menemukan bahwa penggunaan e-book berbasis konstruktivistik dapat meningkatkan motivasi belajar

siswa pada aspek atensi, relevansi, keyakinan, dan kepuasan. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa integrasi bahan ajar digital dengan pendekatan konstruktivistik memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi.

Berdasarkan berbagai permasalahan dan hasil temuan yang telah diuraikan, pengembangan buku ajar biologi digital yang berlandaskan pendekatan konstruktivistik pada materi virus dipandang penting untuk menunjang pelaksanaan Kurikulum Merdeka. Buku ajar ini diharapkan dapat memfasilitasi pembelajaran yang bersifat aktif, mandiri, dan kontekstual, sekaligus membantu peserta didik memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap konsep virus. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik pada materi virus bagi siswa SMA kelas X (Fase E) yang memenuhi kriteria kevalidan sebagai salah satu sumber belajar biologi.

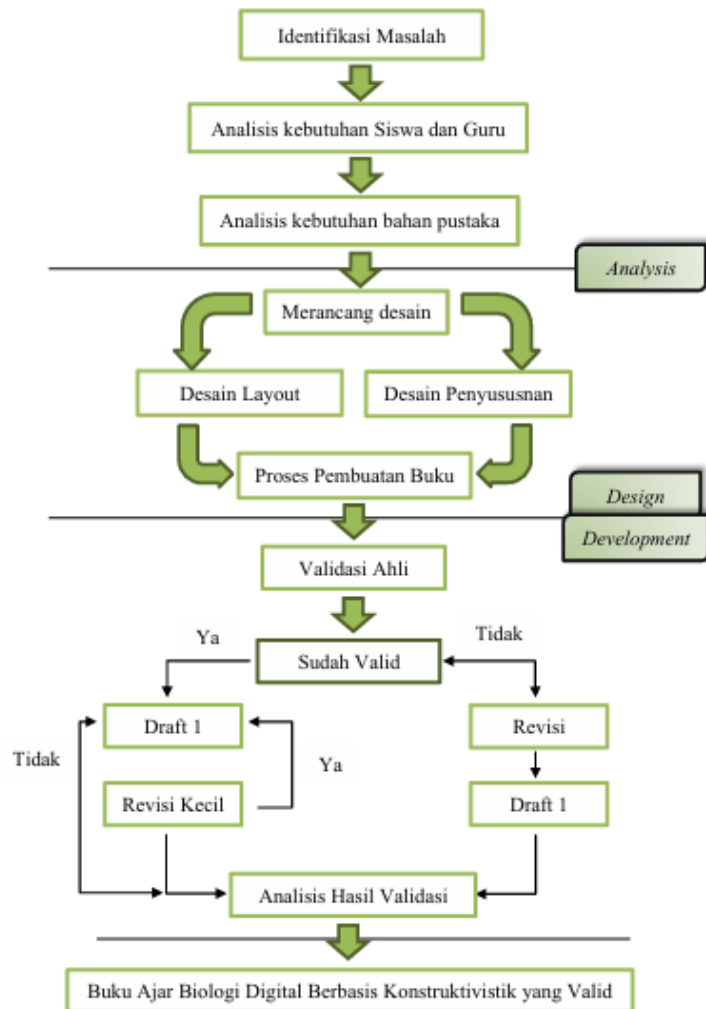
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau Research and Development (R&D). Metode R&D bertujuan untuk menghasilkan suatu produk serta menguji kelayakan produk tersebut. Dalam bidang pendidikan, penelitian pengembangan difokuskan pada pembuatan produk pembelajaran yang layak, valid, dan berkualitas untuk digunakan dalam proses pembelajaran, bukan untuk merumuskan teori. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ADDIE yang mencakup tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Namun, penelitian ini dibatasi hanya sampai tahap pengembangan. Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026, tepatnya pada bulan Agustus hingga September. Pengambilan data untuk tahap analisis kebutuhan dilakukan di SMAN 2 Makassar, sementara proses perancangan dan pengembangan produk dilangsungkan di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Makassar. Tahapan dalam model ADDIE meliputi: Analysis (analisis kebutuhan), Design (perancangan produk), Development (pengembangan produk dan validasi ahli). Alur tahapan ini menjadi pedoman kerja peneliti untuk menghasilkan produk pembelajaran yang berkualitas.



Gambar 1. Tahapan Model Pengembangan ADDIE

Setiap langkah model ADDIE tersebut tidak hanya berfungsi sebagai pedoman sistematis bagi peneliti dalam menghasilkan produk pembelajaran yang berkualitas, tetapi juga memastikan seluruh proses mulai dari analisis kebutuhan di sekolah hingga tahap perancangan dan validasi ahli di kampus dapat dieksekusi secara terukur, sebagaimana digambarkan secara komprehensif pada bagan prosedur pengembangan yang telah disusun.



Gambar 2. Prosedur pengembangan mengacu pada Model ADDIE

Subjek dalam penelitian pengembangan ini terdiri atas peserta didik dan guru. Subjek penelitian untuk analisis kebutuhan adalah peserta didik kelas X SMAN 2 Makassar yang berjumlah 35 siswa serta 5 orang guru bidang studi biologi di SMA. Pemilihan subjek ini didasarkan pada kebutuhan awal (tahap Analysis), di mana data dikumpulkan melalui wawancara dan penyebaran angket kepada siswa dan guru. Data dari siswa digunakan untuk mengetahui kebutuhan mereka terhadap media pembelajaran, terutama pada materi virus, agar termotivasi, aktif, dan mandiri. Data dari guru digunakan untuk mengetahui kebutuhan mereka terhadap media dan bahan ajar baru yang dapat memotivasi siswa dalam pembelajaran biologi, di mana penggunaan buku digital berbasis konstruktivistik dianggap sebagai solusi. Sementara itu, subjek utama dalam tahap validasi produk (Development), yang merupakan fokus akhir penelitian ini, adalah validator ahli. Validator ahli yang dilibatkan berjumlah dua orang, yang terdiri dari satu orang ahli materi biologi berlatar belakang Pendidikan dan kepakaran biologi dengan gelar akademik Guru Besar (Profesor), serta satu orang ahli media pembelajaran dengan gelar Doktor (Dr.) di bidang pendidikan/desain pembelajaran. Keduanya bertugas menilai dan menguji kelayakan awal buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik sebagai bagian dari tahap pengembangan.

Uji validasi ini penting untuk memastikan produk yang dihasilkan memiliki derajat validitas yang memadai.

Instrumen penelitian disusun dan dikelompokkan sesuai dengan tahapan pelaksanaannya. Pada tahap analisis, instrumen yang digunakan meliputi wawancara serta penyebaran angket kepada siswa dan guru, disertai dengan kajian terhadap bahan pustaka yang digunakan di sekolah. Pada tahap pengembangan yang menjadi fokus penelitian, digunakan dua jenis lembar validasi, yaitu (1) lembar validasi instrumen penilaian produk dan (2) lembar validasi produk. Instrumen validasi produk berupa buku ajar dikembangkan secara mandiri oleh peneliti dengan mempertimbangkan beberapa aspek penilaian, antara lain kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan bahasa, kelayakan kegrafikan buku, serta aspek konstruktivistik. Prosedur penelitian mengacu pada tahapan model ADDIE yang dibatasi hingga tahap pengembangan. Tahapan tersebut meliputi: (1) Analysis (analisis kebutuhan siswa, guru, dan bahan pustaka), (2) Design (perencanaan desain produk, penetapan materi, penyusunan storyboard, serta pengaturan layout untuk menghasilkan Prototipe 1 atau draf awal), dan (3) Development (proses penyusunan buku berdasarkan Prototipe 1, dilanjutkan dengan validasi ahli menggunakan lembar validasi, revisi produk sesuai masukan validator, hingga diperoleh produk akhir berupa Prototipe 2 yang dinyatakan valid).

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini mencakup data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif berupa pendapat, saran, maupun masukan yang diberikan oleh tim ahli dan dimanfaatkan sebagai dasar dalam melakukan perbaikan terhadap produk. Sementara itu, data kuantitatif berupa hasil penilaian dalam bentuk skor terhadap pengembangan produk yang diperoleh dari para ahli dan selanjutnya dianalisis secara deskriptif hingga membentuk data berskala interval. Teknik analisis data dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

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

Analisis Kevalidan, Menggunakan statistik deskriptif untuk mengolah data kuantitatif dari dua validator ahli. Penilaian kevalidan dihitung berdasarkan skor validasi setiap aspek (SV A) dan skor validasi total buku ajar digital (SV S) menggunakan rumus berikut:

$$SVA = \frac{\sum \text{Skor Validator}}{\sum \text{item}}$$

$$SVS = \frac{\sum \text{Skor semua aspek}}{\sum \text{aspek}}$$

Menurut Sugiyono (2015) tahapan selanjutnya adalah skor validasi pengembangan bahan ajar pembelajaran disesuaikan dengan kriteria kevalidan sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria Kevalidan

Nilai	Keterangan
$1 \leq Va < 2$	Sangat Tidak valid
$2 \leq Va < 3$	Tidak valid
$3 \leq Va < 4$	Kurang valid
$4 \leq Va < 5$	Valid
$Va = 5$	Sangat valid

(Sugiyono, 2015)

Kriteria yang digunakan untuk memutuskan produk valid adalah: 1) nilai rata-rata kevalidan (Va) untuk setiap aspek minimal berada dalam kategori Valid, dan 2) nilai rerata

total keseluruhan aspek minimal berada dalam kategori Valid. Jika tidak valid, produk akan direvisi total atau direvisi dengan perbaikan, dan divalidasi ulang.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini berupa produk buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik pada materi virus untuk siswa SMA kelas X (Fase E) yang dikembangkan menggunakan model ADDIE hingga tahap pengembangan (development), Sebelum instrumen digunakan untuk menilai produk, instrumen penilaian dari lembar validasi yang dikembangkan terlebih dahulu diuji kevalidannya oleh validator ahli, Dimana hasil rekapitulasi penilaian terhadap instrumen tersebut secara ringkas disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Penilaian Validator Terhadap Instrumen Penilaian

No.	Komponen	Rata-Rata	Kategori
1.	Pernyataan 1	4,5	Valid
2.	Pernyataan 2	4,5	Valid
3.	Pernyataan 3	4,5	Valid
4.	Pernyataan 4	4,5	Valid
5.	Pernyataan 5	4	Valid
6.	Pernyataan 6	4	Valid
Rata-Rata		4,33	Valid

Hasil penilaian dari kedua validator terhadap lembar instrumen penelitian memperoleh skor rata-rata sebesar 4,33 dan termasuk dalam kategori valid. Setelah dinyatakan valid, tahap selanjutnya adalah validasi produk buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik. Hasil validasi produk dinilai oleh validator ahli dengan 5 aspek penilaian yaitu kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan Bahasa, kegrafikan desain buku, dan konstruktivistik buku. Hasil rekapitulasi penilaian validator secara singkat dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Buku Ajar Biologi Digital Berbasis Konstruktivistik

No.	Aspek Penilaian	Rata-Rata	Kategori
1.	Kelayakan Isi	4,1	Valid
2.	Kelayakan Penyajian	4,4	Valid
3.	Kelayakan Bahasa	4,1	Valid
4.	Kegrafikan Desain Buku	4,1	Valid
5.	Konstruktivistik Buku	4,3	Valid
Rata-Rata		4,2	Valid

Berdasarkan hasil penilaian validator ahli pada aspek kelayakan isi, buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik pada materi virus memperoleh skor rata-rata sebesar 4,1 dan termasuk dalam kategori valid. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa materi yang disajikan telah selaras dengan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka Fase E serta memiliki kedalaman dan keluasan isi yang sesuai dengan karakteristik peserta didik SMA. Kesesuaian tersebut tercermin dari penyajian konsep virus yang disusun secara sistematis, mencakup ciri-ciri, struktur, mekanisme reproduksi, hingga peran virus dalam kehidupan. Selain itu, materi disampaikan secara kontekstual sehingga memungkinkan peserta didik mengaitkan konsep biologi dengan fenomena nyata di lingkungan sekitarnya. Rasionalitas dari temuan ini menunjukkan bahwa buku ajar yang dirancang berdasarkan analisis kebutuhan guru dan peserta didik mampu menjawab permasalahan pembelajaran yang selama ini cenderung berpusat pada guru dan bersifat pasif. Melalui penerapan

pendekatan konstruktivistik, peserta didik didorong untuk membangun pengetahuan melalui kegiatan eksplorasi dan refleksi, sehingga pemahaman konsep menjadi lebih bermakna dan tidak sekadar menghafal informasi.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Jihadi (2021) yang menyatakan bahwa buku ajar biologi berbasis konstruktivistik memiliki kelayakan isi yang tinggi karena mampu mengaitkan konsep dengan pengalaman belajar siswa. Selain itu, Pratami (2024) juga menegaskan bahwa kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka menjadi faktor utama keberhasilan pengembangan bahan ajar. Perbedaan dengan penelitian sebelumnya terletak pada fokus materi, di mana penelitian ini secara khusus mengembangkan buku ajar digital pada materi virus yang bersifat abstrak dan kompleks. Dengan demikian, buku ajar yang dikembangkan tidak hanya valid secara isi, tetapi juga memberikan kontribusi sebagai alternatif sumber belajar inovatif. Hasil ini memperkuat bahwa pengembangan buku ajar berbasis konstruktivistik dapat dijadikan rujukan dalam pembelajaran biologi di SMA, khususnya untuk materi yang membutuhkan pemahaman konseptual mendalam.

Hasil penilaian validator ahli pada aspek kelayakan penyajian menunjukkan bahwa buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik memperoleh skor rata-rata sebesar 4,4 dan termasuk dalam kategori valid. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa sistematika penyajian buku telah disusun dengan baik sehingga memudahkan peserta didik dalam mengikuti alur pembelajaran. Penyampaian materi dimulai dari bagian pengantar berupa zona penasaran, kemudian dilanjutkan dengan pemaparan materi inti, kegiatan eksplorasi, penugasan, refleksi diri, serta evaluasi. Urutan tersebut mencerminkan alur pembelajaran yang runtut, logis, dan berorientasi pada peserta didik. Rasionalitas dari temuan ini menunjukkan bahwa penyajian yang tersusun secara sistematis serta dilengkapi dengan aktivitas eksploratif mampu meningkatkan keterlibatan aktif siswa dalam membangun pemahaman konsep. Selain itu, pemanfaatan ilustrasi, tabel, dan tata letak yang konsisten turut membantu peserta didik dalam memahami materi virus yang bersifat abstrak. Pola penyajian seperti ini menjadi penting karena siswa SMA memerlukan dukungan visual dan aktivitas pembelajaran yang dapat menstimulasi keterampilan berpikir tingkat tinggi agar proses pembelajaran tidak berlangsung monoton dan pasif.

Temuan ini selaras dengan pandangan Ardianto (2016) yang mengemukakan bahwa penyajian materi secara terstruktur disertai visual yang efektif mampu meningkatkan keterbacaan dan pemahaman peserta didik. Selain itu, Shofa et al. (2020) mengungkapkan bahwa bahan ajar digital yang disajikan secara interaktif dapat meningkatkan minat serta keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Kesamaan penelitian ini dengan studi tersebut terletak pada pemanfaatan aktivitas eksploratif dan dukungan visual sebagai media untuk membangun pemahaman konsep. Akan tetapi, perbedaan penelitian ini tampak pada pengintegrasian pendekatan konstruktivistik secara eksplisit pada setiap tahapan penyajian materi, terutama pada bagian refleksi dan penugasan berbasis konteks. Dengan demikian, penyajian buku ajar yang dikembangkan tidak hanya bersifat informatif, tetapi juga berfungsi sebagai sarana pembelajaran yang mendorong keaktifan siswa. Hal ini menegaskan bahwa penyajian buku ajar yang dirancang dengan baik dapat dijadikan contoh praktik pembelajaran yang efektif dalam mendukung implementasi Kurikulum Merdeka.

Hasil penilaian validator ahli pada aspek kelayakan bahasa dan kegrafikan menunjukkan bahwa buku ajar memperoleh skor rata-rata sebesar 4,1 dan termasuk dalam kategori valid. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan bahasa dalam buku

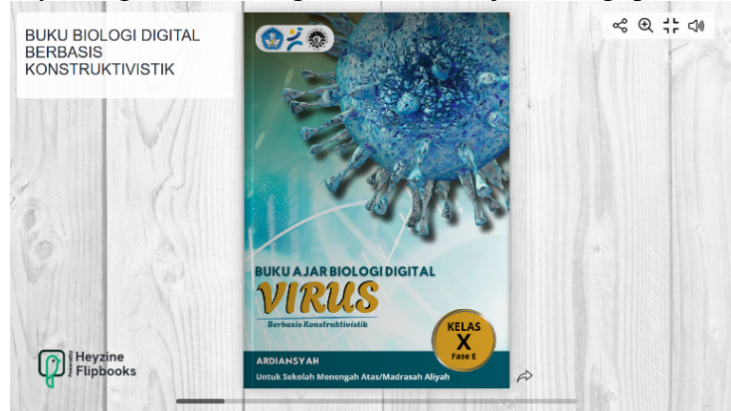
ajar telah disesuaikan dengan tingkat perkembangan peserta didik SMA sehingga mudah dipahami. Kalimat dirangkai secara runtut, jelas, tidak menimbulkan ambiguitas, serta menggunakan terminologi biologi yang tepat sehingga membantu siswa memahami konsep virus secara akurat. Ditinjau dari aspek kegrafikan, desain sampul, pemilihan warna, ilustrasi, dan tata letak dinilai menarik serta mampu mendukung penyampaian materi. Rasionalitas temuan ini menunjukkan bahwa perpaduan antara bahasa yang komunikatif dan desain visual yang efektif memiliki peran penting dalam meningkatkan minat baca serta motivasi belajar peserta didik. Materi biologi yang bersifat kompleks memerlukan keselarasan antara penyajian bahasa dan visual agar siswa tidak mengalami kesulitan dalam memahami konsep. Oleh karena itu, aspek kebahasaan dan kegrafikan menjadi faktor pendukung utama keberhasilan pengembangan buku ajar digital ini.

Temuan ini sejalan dengan Asjad (2024) yang menyatakan bahwa penggunaan bahasa yang sesuai kaidah dan mudah dipahami akan meningkatkan efektivitas bahan ajar. Selain itu, Asthararianty dan Lesmana (2018) menjelaskan bahwa desain grafis yang konsisten dan menarik dapat membantu pembaca memahami pesan yang disampaikan dalam buku. Kesamaan dengan penelitian sebelumnya terlihat pada peran desain visual dalam meningkatkan motivasi belajar. Namun, perbedaan penelitian ini terletak pada penggunaan desain visual yang secara khusus diarahkan untuk mendukung aktivitas konstruktivistik, bukan sekadar estetika. Dengan demikian, buku ajar ini tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga fungsional dalam mendukung pembelajaran aktif. Hal ini memperkuat bahwa integrasi bahasa dan kegrafikan yang baik merupakan salah satu kunci keberhasilan pengembangan bahan ajar digital biologi.

Hasil penilaian pada aspek konstruktivistik menunjukkan bahwa buku ajar memperoleh skor rata-rata sebesar 4,3 dengan kategori valid. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa buku ajar biologi digital yang dikembangkan mampu memfasilitasi pembelajaran berlandaskan pendekatan konstruktivisme melalui kegiatan diskusi, eksplorasi, refleksi, serta penugasan yang bersifat kontekstual. Peserta didik tidak sekadar menerima informasi, melainkan turut terlibat secara aktif dalam proses membangun pengetahuan. Rasionalitas temuan ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan konstruktivistik memungkinkan siswa mengaitkan konsep virus dengan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari, seperti penyakit yang disebabkan oleh virus dan upaya pencegahannya. Aktivitas kolaboratif yang disajikan dalam buku ajar juga mendorong peserta didik untuk berdiskusi, mengemukakan argumen, dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Dengan demikian, buku ajar ini tidak hanya berperan sebagai sumber informasi, tetapi juga berfungsi sebagai sarana untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21.

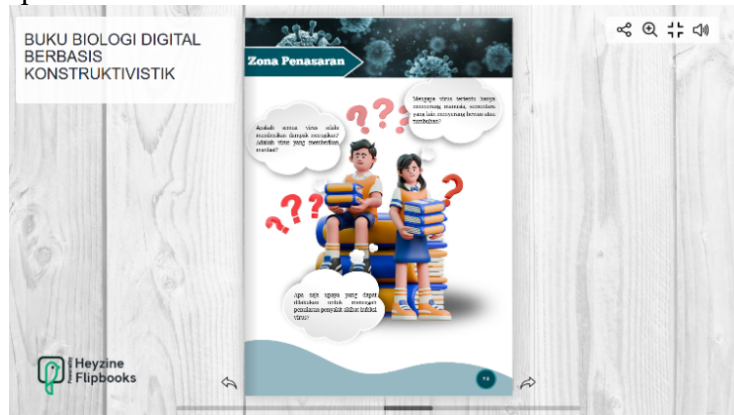
Temuan ini sejalan dengan Riyanti et al. (2021) yang menyatakan bahwa pembelajaran konstruktivistik secara empiris mampu meningkatkan keaktifan dan hasil belajar siswa, serta didukung oleh Jihadi (2021) yang menemukan bahwa bahan ajar biologi berbasis konstruktivistik efektif dalam membangun pemahaman konsep secara mandiri. Kesamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada penekanan pembelajaran yang berpusat pada siswa, sedangkan perbedaannya terletak pada pengembangan buku ajar digital yang disesuaikan dengan Kurikulum Merdeka dan materi virus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik pada materi virus dinyatakan valid dengan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 4,2. Validitas tersebut mencakup aspek kelayakan isi, penyajian, bahasa,

kegrafikan, serta penerapan prinsip konstruktivistik. Hal ini menunjukkan bahwa buku ajar yang dikembangkan layak digunakan sebagai sumber belajar biologi pada materi virus.

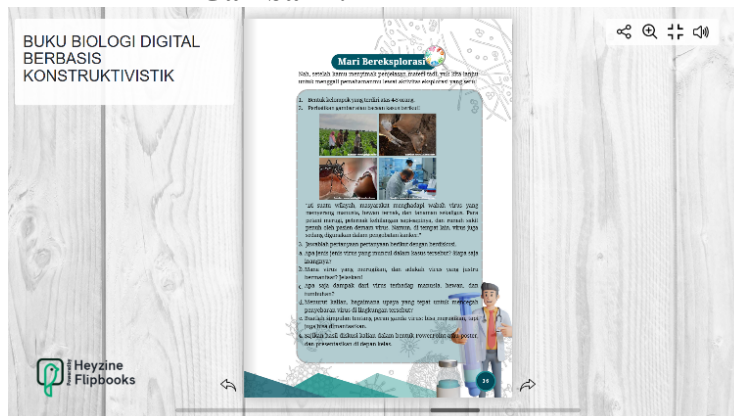


Gambar 3. Desain Sampul

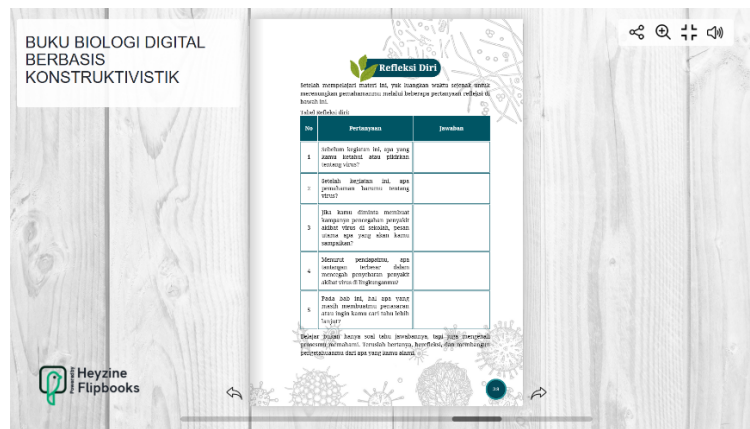
Desain Visual dan Tata Letak Menarik, Desain sampul yang menarik dan penggunaan warna yang konsisten dapat membangkitkan motivasi dan minat peserta didik dalam membaca. Tata letak yang efisien juga memberikan kemudahan bagi pembaca dalam menginterpretasikan pesan.



Gambar 4. Zona Penasaran



Gambar 5. Mari Bereksplorasi



Gambar 6. Refleksi Diri

Penyediaan Fitur Konstruktivistik Komprehensif, Buku ini bukan hanya menyediakan informasi, tetapi juga wahana eksplorasi pengetahuan. Fitur-fiturnya meliputi: Zona Penasaran (memicu proses berpikir dan mengaitkan materi dengan kehidupan nyata), Mari Bereksplorasi (instruksi aktivitas berbasis konstruktivistik), dan Refleksi Diri (mendorong siswa mengevaluasi proses berpikir dan hasil belajar).

Buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik pada materi virus yang dikembangkan dan dinyatakan valid telah mewujudkan tujuh prinsip konstruktivistik secara konkret ke dalam komponen isi dan fitur buku, yaitu: (1) *learning personalization* melalui pilihan bentuk penyajian tugas (poster, video, atau laporan singkat); (2) *reflective thinking* melalui kolom evaluasi diri di setiap akhir kegiatan; (3) *problem-solving and investigation* melalui studi kasus nyata seperti wabah flu burung dan Covid-19; (4) *relevance to daily-life* melalui pengaitan konsep materi dengan fenomena sehari-hari siswa; (5) *collaborative learning* melalui penugasan proyek kelompok; (6) *discussion* melalui rubrik perdebatan isu kontroversial seperti vaksinasi; dan (7) *teacher scaffolding* melalui panduan dukungan guru yang disematkan pada setiap bab pembelajaran.

Pengembangan buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik ini dapat dijadikan sebagai contoh praktik yang baik dalam proses pengembangan bahan ajar biologi di jenjang SMA. Buku ajar tersebut berpotensi untuk direplikasi maupun dikembangkan lebih lanjut pada materi biologi lainnya, serta telah teruji validitasnya untuk mendukung proses pembelajaran yang aktif, bermakna, dan selaras dengan kebutuhan peserta didik.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan rangkaian kegiatan penelitian dan pengembangan yang telah dilaksanakan, dapat dirumuskan simpulan bahwa buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik pada materi virus untuk peserta didik SMA kelas X (Fase E) telah berhasil dikembangkan dengan menerapkan model ADDIE yang dibatasi pada tahap analisis, perancangan, dan pengembangan. Pelaksanaan pengembangan didasarkan pada hasil analisis kebutuhan guru serta peserta didik yang mengindikasikan perlunya bahan ajar digital yang mampu menumbuhkan pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan berorientasi pada peserta didik. Produk buku ajar yang dihasilkan dirancang dengan mengintegrasikan komponen konstruktivistik berupa kegiatan eksplorasi, penugasan berbasis konteks, refleksi diri, serta evaluasi guna memfasilitasi peserta didik dalam membangun pemahaman konsep virus secara mandiri dan bermakna. Hasil penilaian kevalidan menunjukkan bahwa

buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik yang dikembangkan telah memenuhi kriteria valid dengan skor rata-rata keseluruhan sebesar 4,2 yang mencakup aspek kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, kegrafikan, dan konstruktivistik, sehingga dinyatakan layak dimanfaatkan sebagai sumber belajar biologi di tingkat SMA. Dengan terpenuhinya kriteria kevalidan tersebut, tujuan penelitian untuk menghasilkan produk buku ajar biologi digital berbasis konstruktivistik yang valid pada tahap pengembangan telah tercapai dan diharapkan dapat menjadi alternatif solusi yang berkualitas dalam mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, khususnya pada materi virus.

Daftar Pustaka

- Adnan, A., Faisal, F., & Dzulkarnain, A. F. (2021). Profil Kemampuan Berfikir Tingkat Tinggi Mahasiswa Biologi FMIPA UNM. Seminar Nasional Hasil Penelitian 2021: Penguatan Riset, Inovasi, dan Kreativitas Peneliti di Era Pandemi Covid-19. ISBN: 978-623-387-014-6.
- Adnan, A., Abimanyu, S., Patta, R., & Arsyad, N. (2014). The Improving of junior high school student in learning motivation through implementation constructivistic biology learning model based on information and communication technology. *Journal of Education and Practice*, 5(2), 63-71.
- Adnan, A., Muharram, M., & Jihadi, A. (2019). Pengembangan e-book biologi berbasis konstruktivistik untuk meningkatkan motivasi belajar siswa SMA Kelas XI. *Indonesian Journal of Educational Studies*, 22(2), 112-119.
- Adnan, A., Abimanyu, S., Bundu, P., & Arsyad, N. (2014). Enhance Cognitive Learning Of Junior High-School Students Through The Implementation Of Constructivist Models Of Learning Biology-Based ICT (ICT-Based MPBK). *International Journal Of Academic Research*, 6(6), 55-62.
- Amalia, F., & Kustijono, R. 2017. Efektifitas penggunaan *e-Book* dengan Sigil untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Seminar Nasional Fisika*, November, 81–85.
- Ardhianto, P. (2016). Tinjauan Desain pada Karya Poster; Studi Kasus Seri Poster" Marlyn Fish 2009". ANDHARUPA: Jurnal Desain Komunikasi Visual & Multimedia, 2(01), 15-22.
- Asjad, M. F. (2024). Penggunaan Bahasa Indonesia dalam Penulisan Karya Ilmiah. *Jurnal Pendidikan Mosikolah*, 4(1), 204-208.
- Asthararianty, A., & Lesmana, F. (2018). Studi Hermeneutik: Desain Layout Buku Biografi Merry Riana. *Jurnal Desain Komunikasi Visual Nirmana*, 18(1), 13-19.
- Astiti, N. Y., Fadiawati, N., & Tania, L. (2016). E-book interaktif sifat koligatif larutan berbasis fenomena kehidupan sehari-hari. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 5(2), 320-333.
- Budihardjo, M. F., & Prapanca, A. (2023). Pengembangan E-Modul Berplatform Android untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Teknologi Layanan Jaringan Untuk Siswa Kelas XI. *IT-Edu: Jurnal Information Technology and Education*, 8(2), 25-34.
- Candra, D. N. (2016). Perbandingan Hasil Belajar Siswa Antara Pembelajaran Contextual Teaching Learning (CTL) Menggunakan E-Book Dan Pembelajaran Konvensional Menggunakan Handout Pada Mata Pelajaran Kontruksi Bangunan Di Kelas X TGB SMK Negeri 2 Bojonegoro. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan*, 1(1/JKPTB/16).
- Handayani, S., Suranto, & Fatmawati, U. (2025). *Project-based virus enrichment module local*

- issue context*. Journal of Education Research and Evaluation, 9(1), 112–122. Universitas Pendidikan Ganesha.
- Hanikah, H., Faiz, A., Nurhabibah, P., & Wardani, M. A. (2022). Penggunaan media interaktif berbasis ebook di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 7352-7359.
- Haruthaithanasan, T. (2010). *The effects of experiences with constructivist instruction on attitudes toward democracy among Thai college students*. University of Missouri-Columbia.
- Idayanti, Z., & Suleman, M. A. (2024). E-modul sebagai bahan ajar mandiri untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 8(1), 127-133.
- Ikrom, F. D., Ningtias, D., Hafidoh, H., Suhernah, S., & Yusup, M. (2025). Studi literatur: Pengaruh penggunaan media visual terhadap motivasi belajar. *Warta Dharmawangsa*, 19(1), 425-442.
- Jannah, N., Fadiawati, N., & Tania, L. 2017. Pengembangan *e-Book* Interaktif Berbasis Fenomena Kehidupan Sehari-hari tentang Pemisahan Campuran. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 6(1), 186–198.
- Jihadi, A. 2021. Pengembangan E-Book Biologi Konstruktivistik Pada Materi Struktur dan Fungsi Sel untuk Kelas XI SMA.
- Kemendikbudristek. (2022). Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Biologi Fase E-Fase F.
- Kusumam, A., Mukhidin, & Hasan, B. 2016. Pengembangan Bahan Ajar Mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik untuk Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 23(1), 28–39.
- Mahrawi, M., Usman, U., & Setiani, A. R. (2021). Pengembangan E-Modul Biologi sebagai Bahan Ajar pada Materi Sel. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Science Education*, 2(2), 96-104.
- Putra, G. T. S., Kesiman, M. W. A., & Darmawiguna, I. G. M. 2013. Pengembangan Media Pembelajaran Dreamweaver Model Tutorial pada mata pelajaran Mengelola Isi Halaman Web untuk Siswa Kelas XI Program Keahlian Multimedia di SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 1(2), 125–141.
- Putri, H., & Putra, P. (2019). Konsep teori belajar konstruktivisme anak usia dini di era revolusi industri 4.0. *PrimEarly: Jurnal Kajian Pendidikan Dasar dan Anak Usia Dini*, 2(2), 192-199.
- Pratami, R. (2024). Pendekatan Konstruktivisme dalam Kebijakan Pembelajaran Berbasis Proyek: Transformasi Pendidikan Menuju Kreativitas dan Kolaborasi Constructivism Approach in Project-based Learning Policy: Transforming Education Toward Creativity and Collaboration. *Jejaring Administrasi Publik*, 16(2), 76-87.
- Rahayu, R., Rosita, R., Rahayuningsih, Y. S., Hernawan, A. H., & Prihantini, P. (2022). Implementasi kurikulum merdeka belajar di sekolah penggerak. *Jurnal basicedu*, 6(4), 6313-6319.
- Rahmayumita, R., & Hidayati, N. (2023). Kurikulum Merdeka: Tantangan dan implementasinya pada pembelajaran Biologi. *Biology and Education Journal*, 3(1), 1-9.
- Restiyowati, I., & Sanjaya, I. G. M. 2012. Pengembangan *e-Book* Interaktif pada Materi Kimia Semester Genap Kelas XI SMA (Ebook the Matter of Interactive Even Semester Chemical Class XI High School). *Unesa Journal of Chemical Education*, 1(1), 130–135.
- Riyanti, R., Cahyono, E., Haryani, S., & Mindyarto, B. N. (2021). *Konstruktivisme dalam pembelajaran IPA abad 21. Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Universitas Negeri Semarang (SNPasca)*, 4(1), 849–857. Universitas Negeri Semarang.

- Sarah, S. (2024). Analisis Metode Pembelajaran Berbasis Teknologi dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Menengah Pertama Kelas IX SMP Muhammadiyah 22 Pamulang. *SEMNASFIP*.
- Septiani, D., & Susanti, S. (2021). Urgensi pembelajaran inkuiri di abad ke 21: kajian literatur. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 6(1).
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian & Pengembangan*. Alfabeta: Bandung.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Suparlan, S. (2019). Teori konstruktivisme dalam pembelajaran. *Islamika*, 1(2), 79-88.
- Shofa, M, I. I Wayan Redhana dan Putu Prima Juniartina. 2020. Analisis Kebutuhan Pengembangan Media Pembelajaran Ipa Berbasis Argument Mapping. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains Indonesia*. 3(1): 31-40.