



**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN
MODIFIED AUGMENTED REALITY MATERI SISTEM GERAK PADA MANUSIA
UNTUK SISWA SMA KELAS XI**

**DEVELOPMENT OF MODIFIED AUGMENTED REALITY LEARNING MEDIA
FOR THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM IN HUMANS
FOR XI GRADE HIGH SCHOOL STUDENTS**

Ahmad Hidayatullah^{1*}, Triatmanto¹

¹Departemen Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Yogyakarta

*e-mail: ahmadhidayatullah.2019@student.uny.ac.id

Abstrak. Penelitian pengembangan ini dilatarbelakangi oleh besarnya potensi pemanfaatan teknologi *augmented reality* (AR) sebagai media pembelajaran. Terlebih pada materi sistem gerak manusia yang memungkinkan siswa untuk dapat memvisualisasikan bentuk dan posisi sebenarnya dari struktur otot, serta melihat bagaimana mekanisme terjadinya kontraksi otot secara lebih jelas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan berdasarkan hasil penilaian oleh ahli materi, ahli media, dan praktisi serta mengetahui hasil uji keterbacaan produk oleh siswa calon pengguna yaitu siswa SMA kelas XI. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) dengan menerapkan model Alessi and Trollip (2001), yang memiliki 3 tahapan utama yaitu perencanaan, desain, dan pengembangan. Subjek penelitian ini meliputi 2 orang ahli materi, 2 orang ahli media, dan 2 orang praktisi guru mata pelajaran biologi, serta responden uji keterbacaan yang terdiri dari 37 siswa SMA kelas XI MIPA. Objek penelitian ini adalah media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI yang bernama *Muscar.Edu* (*Muscle Structure Augmented Reality For Education*) dikemas dalam bentuk *website* berfokus pada visualisasi struktur dan mekanisme kontraksi otot. Berdasarkan hasil penilaian ahli materi, ahli media, dan praktisi guru mata pelajaran biologi, media pembelajaran ini layak untuk digunakan karena sudah memenuhi keseluruhan kriteria penilaian dan telah dilakukan perbaikan sesuai dengan saran yang diberikan, serta dapat terbaca dan dipahami dengan baik oleh calon pengguna yaitu siswa SMA kelas XI.

Kata Kunci: *Augmented Reality, Mekanisme Kontraksi Otot. Struktur Otot.*

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan salah satu aspek dalam kehidupan manusia yang sangat penting dan perlu untuk diperhatikan (Achadah, 2019). Pendidikan mengacu pada tindakan atau pengalaman yang mempengaruhi dan berhubungan dengan pertumbuhan atau perkembangan jiwa, karakter, atau kemampuan fisik seseorang (Rosad, 2019). Pendidikan secara formal terdiri dari beberapa jenjang di antaranya pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan tinggi. Pada tiap jenjang memiliki tujuan serta cara mengajar yang berbeda disesuaikan dengan perkembangan anak (Rosarina, et al., 2016). Salah satu perubahan signifikan yang terjadi adalah pada tuntutan cara berpikir anak. Mulai dari jenjang sekolah menengah, anak dituntut untuk bisa berpikir secara kritis dan logis (Halim, 2022). Mata pelajaran yang didapatkan pun tingkat kesulitannya sudah semakin tinggi. Maka dari itu perlu adanya sinergi dari anak sebagai siswa serta guru sebagai pengajar agar tujuan pembelajaran dari tiap jenjang bisa tercapai (Triwiyanto, 2022).

Salah satu mata pelajaran yang ada di sekolah menengah terlebih sekolah menengah atas jurusan MIPA adalah biologi (Setiadi & Kahar, 2021). Ruang lingkup biologi menurut BSCS (*Biological Science Curriculum Study*) mencakup tiga dimensi utama yaitu objek

biologi, ragam persoalan biologi, dan tingkat organisasi kehidupan (Brett, 1962). Pelaksanaan pembelajaran biologi harus memperhatikan tiga aspek utama yaitu subjek, objek, dan teknologi pendidikan (Kawuwung, 2017). Subjek dalam pembelajaran biologi adalah peserta didik, yaitu siswa yang belajar tentang ilmu biologi. Peserta didik berperan sebagai subjek yang aktif dalam proses pembelajaran. Objek dalam pembelajaran biologi adalah konsep-konsep biologi yang dipelajari. Pertemuan antara siswa dengan objek biologi yang dipelajarinya bisa dilakukan secara langsung maupun tidak langsung (melalui perantara) (Kawuwung, 2017). Menurut Irwandi & Fajeriadi (2020), pada pembelajaran biologi pertemuan antara siswa dengan objek yang dipelajari baik secara langsung maupun tidak langsung dapat meningkatkan produktivitas belajar secara signifikan. Siswa dapat mengamati, mempelajari karakteristik, serta berinteraksi dengan objek tersebut sesuai dengan konsep biologi yang sedang dipelajari.

Pertemuan siswa dengan objek belajar dapat membantu siswa untuk memperoleh pengalaman langsung yang lebih mendalam dan memperkuat pemahaman mereka terhadap materi yang sedang dipelajari (Sari et al., 2022). Siswa akan melihat dan merasakan sendiri fenomena yang terjadi dalam dunia biologi. Hal ini dapat memotivasi siswa serta membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan relevan (Jufri, et al., 2023). Menurut Febriana (2022), proses pembelajaran tersebut dapat terfasilitasi dengan menyesuaikan metode pembelajarannya serta menggunakan media pembelajaran yang sesuai. Media pembelajaran yang ada saat ini telah berkembang dengan pesat. Seiring berkembangnya zaman, pembuatan media pembelajaran telah menerapkan berbagai macam teknologi (Sudrajat, et al. (2024).

Salah satu media pembelajaran berbasis teknologi yang dapat digunakan dalam pembelajaran biologi serta dapat mempertemukan siswa dengan objek yang dipelajarinya secara tidak langsung adalah *augmented reality* (AR). Menurut Khairi, et al., (2022), pengembangan media pembelajaran yang memanfaatkan teknologi *augmented reality* memiliki potensi yang besar karena memiliki banyak keunggulan, yakni memungkinkan pengguna (dalam hal ini siswa) untuk melihat dan berinteraksi dengan objek virtual yang ditampilkan di atas dunia nyata melalui perangkat seperti *smartphone*, tablet, atau *headset* khusus. Penggunaan media pembelajaran berbasis *augmented reality* dapat membantu siswa dalam memvisualisasikan konsep abstrak dan kompleks yang sulit untuk diperlihatkan melalui peraga fisik. Melalui media pembelajaran *augmented reality*, siswa dapat memperoleh pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif (Fenty, et al., 2014).

Sayangnya penggunaan dan pengembangan teknologi *augmented reality* sebagai media pembelajaran di Indonesia saat ini masih tergolong rendah. Menurut Zahwa & Syafi'i (2022), hal tersebut dikarenakan pengembangan media pembelajaran berbasis *augmented reality* memerlukan teknologi yang canggih dan cenderung mahal, kurangnya pengetahuan dan keterampilan, serta kurangnya pemahaman tentang potensi *augmented reality* sebagai media pembelajaran. Oleh karena itu, sebagai seorang pendidik perlu untuk memperluas pengetahuan dan ketrampilan agar dapat mengembangkan serta menggunakan media pembelajaran *augmented reality*. Selain itu, kekurangan yang dimiliki media pembelajaran berteknologi *augmented reality* yang ada saat ini hanya dapat menampilkan objek tiga dimensi bersifat statis dan tidak dapat menampilkan objek tiga dimensi yang dapat bergerak secara dinamis sehingga tidak dapat menggambarkan mekanisme atau proses (Sukmawati, et al., 2023). Oleh karena hal tersebut perlu dilakukan modifikasi agar potensi yang dimiliki oleh teknologi AR lebih optimal.

Materi sistem gerak pada manusia merupakan salah satu bab pada mata pelajaran biologi di jenjang SMA kelas XI semester ganjil. Menurut Rendi (2021), dalam pembelajaran struktur dan mekanisme kontraksi otot, siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep dikarenakan oleh beberapa hal. Misalnya siswa kesulitan dalam memvisualisasikan bentuk dan posisi sebenarnya dari otot-otot karena hanya melihat ilustrasi dua dimensi, siswa tidak dapat berinteraksi langsung dengan struktur otot, serta objek dua dimensi cenderung kurang menarik dan kurang memotivasi siswa untuk belajar. Seharusnya dalam pelaksanaan pembelajaran materi ini digunakan media bantu yang memungkinkan siswa untuk melihat objek tiga dimensi

secara interaktif, sehingga mereka dapat memvisualisasikan struktur dan mekanisme kontraksi otot dengan lebih baik.

Berdasarkan latar yang telah diuraikan, peneliti bermaksud untuk mengembangkan media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI. Dengan adanya pengembangan media tersebut diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif penyelesaian permasalahan yang efektif dan efisien. Pengembangan produk media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI ini bernama *Muscar.Edu (Muscle Structure Augmented Reality For Education)* dikemas dalam bentuk *website* yang akan berfokus pada visualisasi struktur dan mekanisme kontraksi otot. Hal tersebut memungkinkan siswa untuk melihat objek tiga dimensi secara interaktif di atas dunia nyata, sehingga siswa dapat memvisualisasikan bentuk dan posisi sebenarnya dari struktur otot serta melihat bagaimana mekanisme terjadinya kontraksi otot secara lebih jelas.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan menerapkan model Alessi and Trollip (2001), yang memiliki 3 tahapan utama yaitu tahap perencanaan (*planning*), tahap desain (*design*), dan tahap pengembangan (*development*). Tahap perencanaan (*planning*) merupakan tahapan yang dilakukan oleh peneliti untuk menentukan tujuan dan cakupan dari pengembangan suatu produk. Perencanaan dalam penelitian ini menyangkut analisis permasalahan, identifikasi karakteristik dan kesulitan siswa dalam pembelajaran, menentukan dan mengumpulkan sumber-sumber atau referensi yang dapat dijadikan acuan dalam proses pengembangan produk, serta melakukan brain storming untuk membuat konsep desain produk yang akan dikembangkan (Admadja & Marpanaji, 2016). Tahap desain (*design*) merupakan tahapan inisiasi ide konten awal hasil dari perencanaan. Tahap desain bertujuan untuk merancang desain pembelajaran berbasis teknologi agar sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik siswa, serta tepat sasaran. Tahap pengembangan (*development*) merupakan tahap penuangan konsep desain yang terdiri dari teks, ilustrasi, animasi, serta rancangan layout menjadi sebuah produk. Proses yang perlu dilalui pada tahap pengembangan meliputi pembuatan konten, pengembangan multimedia, penilaian media oleh validator/reviewer, uji keterbacaan oleh responden yakni calon pengguna media pembelajaran, serta revisi guna penyempurnaan produk media pembelajaran sesuai dengan masukan dan saran yang telah didapatkan dikembangkan (Admadja & Marpanaji, 2016).

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta dan SMA Negeri 1 Pakem pada bulan Mei – September 2023. Subjek penelitian ini meliputi 2 orang ahli materi, 2 orang ahli media, dan 2 orang praktisi guru mata pelajaran biologi, serta responden uji keterbacaan yang terdiri dari 37 siswa SMA kelas XI MIPA. Objek penelitian ini adalah media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI. Teknik pengumpulan data yang digunakan berupa angket atau kuesioner.

Pada penelitian ini menggunakan instrumen pengumpulan data meliputi angket penilaian ahli media, angket penilaian ahli materi, dan praktisi guru mata pelajaran biologi, serta angket responden uji keterbacaan yang diisi oleh siswa SMA kelas XI MIPA. Angket yang digunakan pada penelitian ini adalah angket tertutup dengan menggunakan skala Guttman. Tujuan digunakannya skala Guttman adalah untuk memenuhi 100% dari pernyataan positif yang disebutkan dalam skala. Selain itu, pada lembar angket juga disediakan kolom untuk dapat dituliskan saran dan masukan pengembangan produk media pembelajaran. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis deskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Hasil Penelitian dan Pengembangan Model Alessi dan Trollip (2001)

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengembangkan media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI. Penelitian ini menerapkan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) model pengembangan Alessi and Trollip (2001). Model ini digunakan untuk membantu pengembangan dan implementasi produk berupa media pembelajaran berbasis teknologi yang efektif dengan 3 tahapan utama yaitu tahap perencanaan, desain, dan pengembangan (Tabel 1).

Tabel 1. Penelitian dan Pengembangan Model Alessi and Trollip (2001)

Tahapan	Langkah Pengembangan
Perencanaan (<i>Planning</i>)	<i>Define the scope</i> (Menentukan ruang lingkup)
	<i>Identify characteristics and problem learner</i> (Mengidentifikasi karakteristik dan masalah peserta didik)
	<i>Establish the constraints</i> (Menetapkan batasan-batasan)
	<i>Determine and collect resources</i> (Menentukan dan mengumpulkan sumber daya)
Desain (<i>Design</i>)	<i>Develop initial content ideas</i> (Mengembangkan ide konten awal)
	<i>Create storyboards</i> (Membuat papan cerita)
	<i>Prepare scripts</i> (Menyiapkan naskah)
	<i>Prepare prototype</i> (Menyiapkan prototipe)
Pengembangan (<i>Development</i>)	<i>Prepare the text</i> (Menyiapkan teks)
	<i>Create the graphics</i> (Membuat komponen grafis)
	<i>Produce the illustration and animation</i> (Membuat Ilustrasi dan Animasi)
	<i>Assemble the pieces</i> (Merakit setiap bagian)
	<i>Do an alpha test</i> (Melakukan pengujian alpha)
	<i>Make revisions</i> (Melakukan revisi)
	<i>Do a beta test</i> (Melakukan pengujian beta)
	<i>Make second revisions</i> (Melakukan revisi lanjutan)

Dilaksanakannya keseluruhan tahapan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan media Alessi dan Trollip (2001) menghasilkan produk akhir berupa media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI yang bernama *Muscar.Edu* (*Muscle Structure Augmented Reality for Education*). *Muscar.Edu* dikemas dalam bentuk *website* yang berfokus pada visualisasi struktur dan mekanisme kontraksi otot sudah layak untuk digunakan dan diimplementasikan dalam pembelajaran.

2. Hasil Penilaian Kelayakan Media Pembelajaran Berdasarkan Berdasarkan Reviewer Ahli

a. Penilaian Oleh Ahli Media

Tabel 2. Hasil Penilaian Ahli Media

Kriteria Penilaian	Jumlah Pernyataan	Jumlah Jawaban			
		Ahli Media 1		Ahli Media 2	
		Ya	Tidak	Ya	Tidak
Aspek Penyajian	3	3	0	3	0
Aspek Tampilan	3	3	0	3	0
Aspek Rekayasa Perangkat Lunak	3	3	0	3	0
Aspek Fitur <i>Augmented Reality</i>	3	3	0	3	0
Aspek Penggunaan	3	3	0	3	0

Penilaian oleh ahli media dilakukan dengan menggunakan angket penilaian. Angket berisi 15 pernyataan yang meliputi 5 aspek yaitu penyajian, tampilan, rekayasa perangkat lunak, fitur *augmented reality*, serta aspek penggunaan. Dari kelima aspek tersebut mendapatkan 100% jawaban “Ya” dengan beberapa saran dan masukan. Penilaian dari segi media sudah memenuhi standar penilaian kelayakan, namun dengan catatan harus dilakukan perbaikan sesuai dengan saran dan masukan.

b. Penilaian Oleh Ahli Materi

Penilaian oleh ahli materi untuk memperoleh saran dan penilaian terkait kebenaran konsep biologi pada isi materi yang digunakan pada produk media pembelajaran yang sedang dikembangkan. Penilaian ahli materi dilakukan dengan menggunakan angket yang didalamnya berisi keseluruhan konsep biologi yang digunakan dalam media pembelajaran. Berdasarkan hasil penilaian, terdapat perbaikan dan masukan pada konsep biologi yang tidak tepat. Perbaikan dilakukan agar tidak terjadi miskonsepsi pada konsep biologi yang dimuat serta untuk menyesuaikan level materi dengan target pembaca. Contoh perbaikan ada pada penulisan pada beberapa istilah biologi, perbaikan pada konsep perbedaan jenis-jenis otot, bioproses pada kontraksi otot, serta terdapat penyesuaian cakupan materi.

c. Penilaian Oleh Praktisi (Guru Biologi)

Hasil penilaian oleh praktisi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Penilaian Praktisi (Guru Biologi)

Kriteria Penilaian	Jumlah Pernyataan	Jumlah Jawaban			
		Ahli Media 1		Ahli Media 2	
		Ya	Tidak	Ya	Tidak
Aspek Materi/Konten	4	4	0	4	0
Aspek Bahasa	4	4	0	4	0
Aspek Tampilan	3	3	0	3	0
Aspek Penggunaan	4	4	0	4	0

Penilaian oleh praktisi guru mata pelajaran biologi jenjang SMA dilakukan dengan menggunakan angket penilaian. Angket berisi 15 pernyataan yang meliputi 4 aspek yaitu materi/konten, bahasa, tampilan, dan penggunaan. Dari keempat aspek tersebut mendapatkan 100% jawaban “Ya” dengan beberapa saran dan masukan. Penilaian dari segi praktisi yakni guru mata pelajaran biologi sudah memenuhi standar penilaian kelayakan, namun dengan catatan harus dilakukan perbaikan sesuai dengan saran dan masukan.

3. Hasil Uji Keterbacaan Siswa

Hasil uji keterbacaan siswa ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Keterbacaan Siswa

Kriteria Penilaian	Jumlah	Jumlah	Jumlah Jawaban	
	Pernyataan	Responden	Ya	Tidak
Aspek Konten	3	37	111	0
Aspek Bahasa	3	37	111	0
Aspek Tampilan	3	37	111	0
Aspek Penggunaan	3	37	111	0
Aspek Ketertarikan Siswa	3	37	111	0

Uji keterbacaan siswa terhadap media pembelajaran yang dilakukan oleh calon pengguna media yakni siswa SMA kelas XI MIPA berjumlah 37 orang. Dilakukan dengan menggunakan angket uji keterbacaan yang berisi 15 pernyataan meliputi 5 aspek yaitu konten, bahasa, tampilan, dan penggunaan. Hasil uji keterbacaan yang dilakukan mendapatkan 100% jawaban “Ya”, artinya media pembelajaran yang dikembangkan dapat terbaca dan dipahami dengan baik oleh calon pengguna yaitu siswa.

Pembahasan

Penelitian pengembangan ini dilaksanakan untuk mengembangkan media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI sehingga didapatkan media pembelajaran yang layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Penelitian ini menerapkan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan media yang dikembangkan oleh Alessi dan Trollip (2001). Model ini dapat digunakan dalam konteks pengembangan produk pembelajaran berbasis teknologi yang mengintegrasikan berbagai komponen aplikasi multimedia. Metode penelitian dan pengembangan dengan model Alessi and Trollip memiliki tahapan 3 tahapan utama yaitu tahap perencanaan (*planning*), tahap desain (*design*), dan tahap pengembangan (*development*).

1. Tahap Perencanaan (*Planning*)

a. *Define The Scope* (Menentukan Ruang Lingkup)

Menentukan ruang lingkup merupakan langkah pertama dalam tahap perencanaan (*planning*) model pengembangan Alessi and Trollip. Langkah ini dilakukan untuk mengidentifikasi tujuan dan sasaran program instruksional (Rahman, 2019). Pada penelitian ini berdasarkan kajian studi yang telah dilakukan, didapatkan ruang lingkup penelitian yakni pengembangan inovasi media pembelajaran dengan memodifikasi *teknologi augmented reality* (AR) untuk materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI dengan model pengembangan media Alessi dan Trollip.

b. *Identify Characteristics and Problem Learner* (Mengidentifikasi Karakteristik dan Masalah Peserta Didik)

Pada langkah ini dilakukan identifikasi karakteristik peserta didik dan masalah yang mereka hadapi dalam pelaksanaan pembelajaran sesuai dengan penentuan ruang lingkup yang sudah dilakukan di langkah sebelumnya. Berdasarkan hasil identifikasi melalui kajian literatur, diketahui bahwa peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep pada pembelajaran biologi materi sistem gerak khususnya tentang struktur dan mekanisme kontraksi otot (Rendi, 2021). Peserta didik kesulitan dalam memvisualisasikan bentuk dan posisi sebenarnya dari otot-otot karena hanya melihat ilustrasi dua dimensi, peserta didik tidak dapat berinteraksi langsung dengan struktur otot, serta objek dua dimensi cenderung kurang menarik dan kurang memotivasi siswa untuk belajar.

c. *Establish The Constraints* (Menetapkan Batasan-Batasan)

Pada langkah ini dilakukan penentuan batasan-batasan penelitian yang akan dilaksanakan. Batasan yang diidentifikasi dalam langkah ini harus realistis dan dapat dicapai berdasarkan sumber daya yang tersedia sehingga tetap relevan dan efektif (Hidayati, 2021). Ditentukannya pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Subjek dibatasi pada reviewer/validator yang terdiri dari ahli media, ahli materi, dan praktisi guru mata pelajaran biologi serta responden uji keterbacaan produk yang terdiri dari siswa SMA MIPA kelas XI.
 - 2) Objek dibatasi pada produk berupa media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI.
 - 3) Aspek yang diteliti dalam penelitian ini dibatasi pada penelitian pengembangan (*research and development*) media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI dengan model pengembangan media Alessi dan Trollip (2001).
 - 4) Materi biologi yang ditampilkan dalam media pembelajaran adalah materi biologi kelas XI bab sistem gerak pada manusia sub bab otot khususnya struktur dan mekanisme kontraksi otot rangka.
- d. *Determine And Collect Resources* (Menentukan dan Mengumpulkan Sumber Daya)
Penentuan sumber daya meliputi bahan kajian biologi, teknologi, serta personel yang akan terlibat. Bahan kajian biologi yang dicari adalah materi sistem gerak pada manusia khususnya tentang struktur dan mekanisme otot. Bahan kajian biologi bisa didapatkan melalui sumber kredibel seperti buku teks, artikel ilmiah, jurnal, dan sumber daya lainnya baik fisik maupun digital (Saptasari, 2019). Penentuan teknologi meliputi perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan serta sesuai untuk pengembangan produk. Serta penentuan personel yang akan terlibat meliputi validator ahli dan responden uji coba.

2. Tahap Desain (*Design*)

- a. *Develop Initial Content Ideas* (Mengembangkan Ide Konten Awal)
Pada tahap ini peneliti melakukan implementasi hasil dari *brain storming* yang dituangkan ke dalam ide konten. Ide konten awal berisi mengenai gambaran umum yang mencakup keseluruhan topik konten dan nantinya akan dikembangkan menjadi lebih mendetail. Tujuannya agar ide konten yang dikembangkan dapat terarah dan tidak keluar dari apa yang sudah direncanakan (Susilana & Riyana, 2008). Hasil dari dilakukannya langkah ini adalah dibuatnya gambaran gambaran umum mengenai desain media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI.
- b. *Create Storyboards* (Membuat Papan Cerita)
Storyboard adalah serangkaian sketsa atau gambar yang disusun dalam urutan tertentu untuk menampilkan alur cerita dari sebuah produk visual. *Storyboard* sangat penting dalam proses pembuatan produk visual karena dapat membantu dalam merencanakan alur cerita, menentukan konten apa saja yang termuat dalam layar, serta memastikan bahwa pesan yang ingin disampaikan dapat tersampaikan dengan baik (Ariyana, 2022). Pada pengembangan media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI, *storyboard* dibuat dengan menggunakan *software* Canva.
- c. *Prepare Scripts* (Menyiapkan Naskah)
Naskah atau *scripts* adalah dokumen tertulis yang digunakan sebagai panduan dalam memproduksi sebuah media. Pada produksi media, naskah berisikan konten yang termuat, deskripsi konten, alur kerja dari media, serta penjabaran lainnya yang dapat mendetailkan seluruh aspek dalam perancangan sebuah media. Naskah dapat dibuat dalam berbagai format seperti outline, skenario, atau narasi, tergantung pada jenis media yang akan diproduksi (Susilana & Riyana, 2008). Pada pengembangan media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI, naskah dibuat dengan menggunakan *software* Microsoft Office Word. Naskah berisi mengenai rencana konten yang akan termuat di setiap layar halaman (*page*).

- d. *Prepare Prototype* (Menyiapkan Prototipe)
Prototipe yang dimaksud dalam tahap desain pada model pengembangan Alessi and Trollip (2001) adalah desain model atau purwarupa produk. Prototipe memuat desain visual berisi penggambaran bentuk atau rupa media secara detil serta bagaimana alur pengoprasiaannya (*operation flow*) sesuai dengan naskah dan *storyboard* (Dukut & Murniati, 2017). Pada penelitian ini prototipe dibuat dengan menggunakan *software* Canva. Prototipe yang dihasilkan berupa desain purwarupa media pembelajaran *modified augmented reality* untuk siswa SMA kelas XI materi sistem gerak pada manusia yang bernama Muscar.Edu (*Muscle Structure Augmented Reality for Education*) yang akan dikemas dalam bentuk *website* serta berfokus pada visualisasi struktur dan mekanisme kontraksi otot. Prototipe yang dihasilkan juga memuat *user interface* (UI) dan *user experience* (UX) media, sehingga dapat ditentukan *software coding* dan bahasa pemrograman apa yang cocok untuk mengimplementasikan UI dan UX yang telah dirancang tersebut.

3. Tahap Pengembangan (*Development*)

- a. *Prepare The Text* (Menyiapkan Teks)
Pada tahap ini keseluruhan komponen teks yang telah dibuat diberikan judul yang jelas dan dikumpulkan menjadi satu folder *file*. Tujuannya adalah agar keseluruhan komponen teks yang akan dimasukkan ke dalam media dapat tersip dengan baik serta tidak ada teks yang tercecer atau tidak termuat. Selain itu, dengan dijadikannya satu folder juga dapat memudahkan dalam pencarian *file* yang dibutuhkan.
- b. *Create The Graphics* (Membuat Komponen Grafis)
Pada tahap ini dibuat seluruh komponen grafis yang akan digunakan pada media. Grafis yang dibuat meliputi *botton*, *assets graphics*, *background*, *symbols*, *line*, *shape*, *color pallet*, dan *texture*. Komponen grafis dibuat dengan menggunakan *software* figma kemudian dilakukan *export* dengan format *.png* dan *.svg*. Setelah keseluruhan komponen grafis sudah dibuat kemudian dikumpulkan ke dalam folder sesuai dengan jenis file dan penggunaannya.
- c. *Produce The Illustration and Animation* (Membuat Ilustrasi dan Animasi)
Pmbuatan ilustrasi dan animasi tiga dimensi menggunakan *software* Blender. Ilustrasi yang dibuat adalah struktur otot, animasi yang dibuat adalah mekanisme kontraksi otot. *Software* Blender mendukung pembuatan objek tiga dimensi untuk *augmented reality*. Setelah ilustrasi dan animasi selesai dibuat, dilakukan *export* ke dalam format *.obj*. Untuk mengintegrasikan ilustrasi dan animasi tiga dimensi ke dalam *augmented reality*, digunakan *software* pihak ketiga yaitu *Sketchfab* sebagai player *augmented reality*. Setelah proses pengunggahan selesai, dilakukan proses *embedding* dengan menggunakan *tag <embed>* pada HTML untuk menyematkan media *augmented reality* ke dalam *website*.
- d. *Assemble The Pieces* (Merakit Setiap Bagian)
Langkah *assemble the pieces* merupakan langkah penting untuk menyatukan keseluruhan komponen aspek media menjadi satu kesatuan hingga didapatkan produk media pembelajaran yang utuh dan dapat digunakan. Terdapat beberapa tahap yang harus dilalui, diantaranya adalah proses pengkodean untuk membentuk sebuah *website*, *preview local website*, serta pengunggahan hasil *coding* agar *website* dapat diakses secara *online*. Proses pengkodean dilakukan dengan menggunakan *software* *Visual Studio Code (VSC)*, dengan bahasa pemrograman *JavaScript* yang dibantu oleh *ReactJS* (*Library JavaScript* yang digunakan untuk membangun antarmuka pengguna (*user interface*) pada *website* atau aplikasi web). Pengunggahan hasil *coding* guna dokumentasi progres dilakukan dengan menggunakan bantuan *GitHub*. Setelah itu akan dilakukan proses *deploy* dengan menggunakan bantuan *platform* Vercel (penyedia layanan *hosting*) agar *website* dapat diakses oleh siapa saja.
- e. *Do an Alpha Test* (Melakukan Pengujian Alpha)

Proses pengujian pertama dilakukan oleh para reviewer ahli. Para reviewer akan mencoba menggunakan *Muscar.Edu* media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI pada berbagai *device* baik *smartphone*, *laptop*, komputer, maupun tablet. Setelah itu, para reviewer melakukan penilaian dengan menggunakan angket penilaian ahli media, angket penilaian ahli materi, dan angket penilaian praktisi guru mata pelajaran biologi. Aspek yang dinilai oleh ahli materi meliputi kebenaran konsep biologi pada isi materi yang digunakan dalam produk media pembelajaran yang sedang dikembangkan yakni terkait materi sistem gerak pada manusia, khususnya struktur dan mekanisme kontraksi otot. Aspek yang dinilai oleh ahli media meliputi penyajian, tampilan, rekayasa perangkat lunak, fitur *augmented reality*, serta aspek penggunaan. Aspek yang dinilai oleh praktisi guru mata pelajaran biologi meliputi aspek materi/konten, bahasa, tampilan, dan penggunaan (Astutik & Mubarak, 2024). Hasil data dari keseluruhan angket penilaian tersebut digunakan untuk mengetahui kesalahan ataupun kekurangan media guna perbaikan dan penyempurnaan agar media yang dikembangkan layak untuk diimplementasikan dalam pembelajaran secara langsung.

f. *Make Revisions* (Melakukan Revisi)

Revisi dilakukan berdasarkan hasil penilaian yang telah dilakukan oleh para ahli. Revisi berpedoman pada hasil lembar instrumen yang meliputi angket penilaian ahli media, angket penilaian ahli materi, dan angket penilaian praktisi guru mata pelajaran biologi.

1) Revisi dari hasil penilaian oleh ahli materi

Berdasarkan hasil angket penilaian ahli materi, terdapat perbaikan dan masukan pada konsep biologi yang tidak tepat. Perbaikan dilakukan agar tidak terjadi miskonsepsi pada konsep biologi yang dimuat serta untuk menyesuaikan level materi dengan target pembaca. Contoh perbaikan konsep yang dilakukan misalnya pada pernyataan lebih lambatnya pergerakan otot polos dibandingkan dengan otot lurik. Pernyataan tersebut tidak tepat karena itu tidak selalu terjadi, tergantung dari situasi dan kondisi. Sebagai tindak lanjutnya dilakukan perbaikan pada kalimat “Otot polos menghasilkan gerakan yang lebih lambat dan ritmis” menjadi “Pada kondisi normal otot polos menghasilkan gerakan yang lebih lambat dan ritmis dibandingkan dengan otot lurik.

Hal yang sama juga terjadi pada konsep retikulum sarkoplasma. Retikulum sarkoplasma bukan menghentikan pelepasan, lebih tepatnya, kalsium akan kembali lagi ke retikulum. Sebagai tindak lanjutnya dilakukan perbaikan pada kalimat “Retikulum sarkoplasma menghentikan pelepasan kalsium (Ca^{2+}) menyebabkan struktur otot akan kembali pada keadaan semula” menjadi “Kalsium (Ca^{2+}) akan kembali lagi ke retikulum sarkoplasma menyebabkan struktur otot akan kembali pada keadaan semula”. Kemudian contoh perbaikan untuk penyesuaian level materi dengan target pembaca ada pada kalimat “Otot jantung merupakan penyusun organ jantung” yang terlalu sederhana untuk tingkat SMA. Jantung memiliki tiga jaringan penyusunnya, serta perlu diberikan keterangan sel otot menyusun pada bagian yang mana. Sebagai tindak lanjutnya dilakukan perbaikan dengan diberikan tambahan penjelasan mengenai tiga jaringan penyusun otot jantung yakni endokardium (lapisan dalam), miokardium (lapisan tengah berotot), dan epikardium (lapisan luar/ pelindung) serta letak sel otot yang berada di lapisan miokardium (lapisan tengah).

2) Revisi dari hasil penilaian oleh ahli media

Hasil angket penilaian oleh ahli media meliputi lima aspek yakni penyajian, tampilan, rekayasa perangkat lunak, fitur *augmented reality*, serta aspek penggunaan. Dari kelima aspek tersebut mendapatkan 100% jawaban “Ya” dengan beberapa saran dan masukan. Artinya media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI sudah memenuhi standar penilaian kelayakan dari segi media. Namun dengan catatan harus dilakukan perbaikan sesuai dengan saran dan masukan dari ahli media.

Contoh saran perbaikan aspek penyajian ada pada penulisan beberapa kata berbahasa asing yang belum miring. Sebagai tindak lanjutnya dilakukan perbaikan dengan memiringkan huruf/*italic* pada kata berbahasa asing. Contoh saran perbaikan aspek tampilan ada pada halaman daftar menu. Perlu tambahan gambar/ilustrasi yang relevan pada halaman daftar menu agar tidak terkesan kosong. Sebagai tindak lanjutnya dilakukan perbaikan pada halaman daftar menu dengan menambahkan *background* serta memperbesar ilustrasi sehingga tidak terkesan kosong lagi. Contoh saran perbaikan aspek rekayasa perangkat lunak ada pada tombol “Mulai” pada *dashboard* yang apabila memungkinkan dibuat dua warna yang berganti secara otomatis saat diklik. Sebagai tindak lanjutnya dilakukan perbaikan pada tombol “Mulai” dengan menambah animasi serta terjadi perubahan warna saat diklik.

3) Revisi dari hasil penilaian oleh praktisi/guru biologi

Hasil angket penilaian oleh praktisi meliputi empat aspek yakni aspek materi/konten, bahasa, tampilan, dan penggunaan. Dari keempat aspek tersebut mendapatkan 100% jawaban “Ya” dengan beberapa saran dan masukan. Artinya media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI sudah memenuhi standar penilaian kelayakan dari praktisi yaitu guru biologi SMA. Namun dengan catatan harus dilakukan perbaikan sesuai dengan saran dan masukan dari ahli media. Contoh saran perbaikan yang diberikan adalah pada waktu muat (*loading*) ilustrasi. Terdapat beberapa ilustrasi yang waktu muatnya lebih lama. Sebagai tindak lanjutnya dilakukan perbaikan dengan cara pengurangan resolusi ilustrasi (tanpa mengurangi kualitas ilustrasi) sehingga ukurannya menjadi lebih kecil dan lebih cepat dimuat. Contoh saran perbaikan lain yang diberikan adalah pada bagian mekanisme terjadinya kontraksi untuk poin ke 5, Zona H, Pita I dan Pita A, aktomiosin bisa ditampilkan pada ilustrasi gambar bergerak (ilustrasi otot kontraksi). Sebagai tindak lanjutnya dilakukan revisi pada ilustrasi bergerak di bagian mekanisme terjadinya kontraksi poin ke 5 yakni memunculkan zona H, pita I dan pita A, serta aktomiosin.

Revisi-revisi yang telah dilakukan akan membuat produk media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI layak untuk digunakan karena telah memenuhi keseluruhan kriteria penilaian oleh ahli materi, ahli media, dan praktisi guru biologi.

g. *Do a Beta Test* (Melakukan Pengujian Beta)

Pada tahap ini dilakukan dengan uji keterbacaan yang dilakukan oleh calon pengguna produk yaitu siswa SMA kelas XI MIPA yang berjumlah 37 orang. Sebelumnya, siswa mendapatkan penjelasan dan demonstrasi produk. Kemudian siswa mencoba mengoperasikan dan menggunakan produk secara langsung. Siswa akan menilai keterbacaan produk dengan menggunakan instrumen angket uji keterbacaan yang telah dibagikan. Tujuan dari penggunaan angket ini adalah untuk mengetahui sejauh mana produk tersebut dapat dipahami oleh target pembaca atau pengguna. Angket ini berisi tentang ke konten, bahasa, tampilan, dan penggunaan.

h. *Make Second Revisions* (Melakukan Revisi Lanjutan)

Revisi lanjutan dilakukan berdasarkan hasil angket uji keterbacaan yang telah diisi oleh responden. Angket uji keterbacaan produk yang digunakan berisi 15 butir pernyataan tentang kemudahan atau kesulitan dalam memahami isi produk, kebahasaan, tampilan produk, serta ketertarikan target pembaca atau pengguna. Dari keseluruhan aspek tersebut, media pembelajaran *Muscar.Edu* mendapatkan 100% jawaban “Ya” dengan beberapa saran dan masukan. Artinya media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI dapat terbaca dan dipahami dengan baik oleh calon pengguna yaitu siswa, namun dengan catatan harus dilakukan perbaikan sesuai dengan saran dan masukan.

Dengan dilaksanakannya keseluruhan tahapan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan media Alessi dan Trollip (2001) menghasilkan produk akhir berupa media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI yang bernama *Muscar.Edu (Muscle Structure Augmented Reality for Education)*. *Muscar.Edu* dikemas dalam bentuk *website* yang berfokus pada visualisasi struktur dan mekanisme kontraksi otot yang sudah layak untuk digunakan berdasarkan hasil penilaian oleh ahli media, ahli materi, dan ahli bahasa, serta dapat terbaca dengan baik berdasarkan hasil uji keterbacaan oleh siswa.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil penilaian yang dilakukan oleh ahli media, ahli materi, dan praktisi guru mata pelajaran biologi menunjukkan bahwa media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia untuk siswa SMA kelas XI bernama *Muscar.Edu (Muscle Structure Augmented Reality for Education)* layak untuk digunakan karena sudah memenuhi kriteria penilaian, serta telah dilakukan perbaikan sesuai dengan saran dan masukan. Hasil uji keterbacaan siswa menunjukkan bahwa media pembelajaran *modified augmented reality* materi sistem gerak pada manusia dapat terbaca dan dipahami dengan baik oleh responden yang terdiri dari siswa SMA kelas XI.

DAFTAR PUSTAKA

- Achadah, A. (2019). Evaluasi dalam pendidikan sebagai alat ukur hasil belajar. *An-Nuha: Jurnal Kajian Islam, Pendidikan, Budaya Dan Sosial*, 6(1), 97-114.
- Alessi, S.M., & Trollip, S.R. (2001). *Multimedia for Learning: Methods and Development*. Allyn & Bacon.
- Ariyana, R.Y. (2022). *Pengantar Sistem Multimedia*. AKPRIND Press.
- Astutik, A. R., & Mubarak, H. (2024). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN VIDEO ANIMASI STOP-MOTION PADA SUBMATERI FERTILISASI UNTUK SISWA KELAS XI MIPA DI SMA NURIS JEMBER. *Jurnal Edukasi Biologi*, 10(1), 33-41.
- Brett, W. J. (1962). BSCS Biology. *Contemporary Education*, 33(5), 116.
- Dukut, E.M., & Murniati, C.T. (2017). *Alternatif Pembelajaran Present Tense dengan Cergam Animasi Bahasa Inggris Interaktif yang Berbasis Budaya Year 1*. [Doctoral Dissertation]. Universitas Katolik Soegijapranata.
- Febriana, E.M. (2022). *Pengembangan Media Praktikum Virtual Berbasis Android Materi Virus Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas X Ditingkat SMA*. [Doctoral Dissertation]. UIN Raden Intan Lampung.
- Fenty, E. M. A., Rayi Pradono, I., & Nurochmah, D. (2014). Implementasi Augmented Reality Pada Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Materi Fotosintesis Untuk Siswa Kelas 5 SD Budi Luhur Pondok Aren. *Semantik*, 4(1).
- Halim, A. (2022). Signifikansi dan implementasi berpikir kritis dalam proyeksi dunia pendidikan abad 21 pada tingkat sekolah dasar. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 3(03), 404-418.
- Hidayati, E. (2021). *Efektivitas Metode Blended Learning Dalam Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) Pada Mata Pelajaran Alqur'An Hadits di Mi Syafiyah Kembangarum Mranggen Tahun Pelajaran 2020/2021*. [Doctoral Dissertation]. Universitas Islam Sultan Agung.

- Irwandi, I., & Fajeriadi, H. (2020). Pemanfaatan lingkungan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan minat dan hasil belajar siswa SMA di kawasan pesisir, Kalimantan Selatan. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 1(2), 66-73.
- Jufri, A. P., Asri, W. K., Mannahali, M., & Vidya, A. (2023). *Strategi Pembelajaran: Menggali Potensi Belajar Melalui Model, Pendekatan, dan Metode yang Efektif*. Ananta Vidya.
- Kawuwung, F.R. (2017). Pengaruh Pembelajaran Numbered Heads Together terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Biologi Peserta Didik SMA Negeri 1 Wori di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(1).
- Khairi, A., Kohar, S., Widodo, H.K., Ghufron, M.A., Kamalludin, I., Prasetya, D., Prabowo, D.S., Setiawan, S., Syukron, A.A., & Anggraeni, D., (2022). *Teknologi Pembelajaran: Konsep Dan Pengembangannya Di Era Society 5.0*. Penerbit NEM.
- Rahman, H. A. (2019). *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Prezi melalui Model Alessi & Trollip di Sekolah Menengah Atas Kabupaten Sukoharjo*. [Doctoral Dissertation]. UNS (Sebelas Maret University).
- Rendi, A. (2021). *Penerapan Augmented Reality Pengenalan Jenis Olahraga Berbasis Android*. [Doctoral Dissertation]. Universitas Putera Batam.
- Rosad, A. M. (2019). Implementasi pendidikan karakter melalui manajemen sekolah. *Tarbawi: Jurnal Keilmuan Manajemen Pendidikan*, 5(02), 173-190.
- Rosarina, G., Sudin, A., & Sujana, A. (2016). Penerapan model discovery learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi perubahan wujud benda. *Jurnal Pena Ilmiah*, 1(1).
- Saptasari, M., Sunarmi, S., Sulasmi, E. S., Wicaksono, R. S., & Sudrajat, A. K. (2019). Information literacy skill: An alternative to support biology student's learning outcomes. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 5(3), 451-458.
- Sari, M. S., Sa'diyah, K., Anggarani, D. A., Adriyati, S. D. K., Sudrajat, A. K., & Wicaksono, R. S. (2022, December). Assessing students' learning outcomes during the Covid-19 pandemic: What should teachers pay attention to?. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2600, No. 1). AIP Publishing.
- Setiadi, A. E., & Kahar, A. P. (2021). Analisis standarisasi laboratorium biologi Sekolah Menengah Atas (SMA) di Kota Pontianak (The analysis of standardization of biology laboratory at senior high school in Pontianak). *Jurnal Ilmiah Didaktika*, 21(2), 195-207.
- Sudrajat, A. K., & Ibrohim, H. S. Demographic factors affecting technological pedagogical content knowledge in Generation-Z preservice biology teachers. *Int J Eval & Res Educ ISSN*, 2252(8822), 3797.
- Sukmawati, F., Santosa, E.B., & Rejekiningsih, T. (2023). *Inovasi Media Pembelajaran Virtual Reality dalam Pendidikan: Transformasi Pendidikan era 5.0*. Pradina Pustaka
- Susilana, R., & Riyana, C. (2008). *Media Pembelajaran: Hakikat, Pengembangan, Pemanfaatan, dan Penilaian*. Wacana Prima.
- Triwiyanto, T. (2022). *Manajemen Kurikulum dan Pembelajaran*. Bumi Aksara.
- Zahwa, F.A., & Syafi'i, I. (2022). Pemilihan pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi informasi. *Equilibrium: Jurnal Penelitian Pendidikan dan Ekonomi*, 19(01), 61-78.