

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini berupa media pembelajaran berbasis AR Assemblr dilengkapi marker dalam sebuah buku panduan yang dikembangkan dengan tahapan *front-end analysis*, *planning*, dan *producing* serta tahap *evaluation* berupa validasi produk dan respon siswa.

1. Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis AR Assemblr

a. *Front-End Analysis*

Analisis awal untuk pengembangan media pembelajaran berbasis AR dilakukan dengan mengkaji penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Hasil penelitian-penelitian terdahulu dibandingkan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan produk. Analisis dari penelitian-penelitian terdahulu ini disajikan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Analisis Penelitian Terdahulu

No.	Hasil Penelitian	Kelebihan	Kekurangan
1.	Penelitian Akhmad Sugiarto tentang penggunaan media AR Assemblr EDU untuk meningkatkan pemahaman konsep peredaran darah.	<ul style="list-style-type: none">• AR Assemblr mudah digunakan	-
2.	Penelitian Bagas Yusuf Ilhamsyah, Sudarti, dan Singgih Bektiarso tentang modul fisika berbasis AR materi rangkaian arus searah.	<ul style="list-style-type: none">• Aplikasi ringan• Modul yang digunakan lengkap.• Ilustrasi bergerak	<ul style="list-style-type: none">• Marker pada modul berbentuk kode QR sehingga harus dipindai agar ilustrasi dapat ditampilkan.

No.	Hasil Penelitian	Kelebihan	Kekurangan
			<ul style="list-style-type: none"> • Ilustrasi tidak dapat diinteraksi (zoom, putar)
3.	Penelitian Devi Pauziah dan Wahyu Dian Laksanawati tentang media pembelajaran fisika berbasis AR materi struktur kristal.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplikasi ringan • Ilustrasi bergerak • Marker bukan kode QR. 	<ul style="list-style-type: none"> • Marker tidak dapat mewakili ilustrasi. • Ilustrasi tidak dapat diinteraksi (zoom, putar)

Selain itu, pada tahapan ini juga dilakukan pengumpulan informasi terkait *software* yang diperlukan dalam proses pengembangan. *Software-software* ini meliputi *software 3D modeling*, desain ilustrasi, penyedia AR, dan SDK atau IDE. Hasil analisis *software* ini disajikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Analisis *Software*

No.	<i>Software</i>	Kelebihan	Kekurangan
Ilustrasi 3D			
1.	Blender	<ul style="list-style-type: none"> • Fitur lengkap • Dapat digunakan offline 	<ul style="list-style-type: none"> • Berat (memerlukan spesifikasi komputer yang cukup tinggi)
2.	Tinkercad	<ul style="list-style-type: none"> • Ringan (tidak memerlukan spesifikasi komputer yang tinggi) • Mudah digunakan 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya tersedia online • Fitur tidak selengkap Blender
Ilustrasi 2D			
3.	Adobe Illustrator	<ul style="list-style-type: none"> • Fitur lengkap • Dapat digunakan offline 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada template
4.	Canva	<ul style="list-style-type: none"> • Ringan • Mudah digunakan • Berbasis web • Banyak menyediakan template 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya tersedia online • Fitur tidak selengkap Adobe Illustrator

No.	Software	Kelebihan	Kekurangan
Software/Layanan AR			
5.	Unity dan Vuforia	<ul style="list-style-type: none"> • Fitur AR lebih lengkap • Aplikasi hasil dapat digunakan di Android dan iOS 	<ul style="list-style-type: none"> • Perlu <i>programming</i>
6.	Android Studio IDE	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan langsung dengan Android SDK 	<ul style="list-style-type: none"> • Perlu <i>programming</i> • Memerlukan pemahaman tinggi tentang Android <i>development</i> dan ARCore • Aplikasi hasil hanya tersedia untuk perangkat android
7.	Assemblr Studio	<ul style="list-style-type: none"> • Sangat mudah digunakan, tidak perlu <i>coding</i> • Terintegrasi dengan layanan Assemblr • Ribuan aset 2D dan 3D yang dapat digunakan 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya tersedia online • Layanan gratis terbatas

Selanjutnya pada tahap ini juga dilakukan analisis materi untuk menentukan konsep abstrak dalam materi yang sesuai untuk disajikan dalam media pembelajaran berbasis AR. Analisis materi ini menggunakan buku *Fisika untuk SMA/MA Kelas XII* terbitan Kemendikbudristek yang ditulis oleh Sarah dan Suwarna (2022) sebagai sumber utama. Selain itu, buku *Physics: Principle with applications* oleh Giancoli (2014) dan *Fundamentals of Physics* oleh Halliday dkk. (2011) juga digunakan sebagai sumber tambahan.

Tabel 4.3 Analisis Materi

No.	Materi	Tujuan Pembelajaran (Kurikulum Merdeka)	Konsep Abstrak dalam Materi
1	Medan Magnet	Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menerapkan konsep kemagnetan (gaya magnet, medan magnet induksi, GGL induksi, dan induktansi) pada berbagai produk teknologi serta mampu merancang dan mengembangkan alat sederhana berdasarkan konsep kemagnetan	<ul style="list-style-type: none"> • Medan magnet dan garis-garis medan magnet • Gaya magnet • Medan magnet induksi
2	Listrik Statis	Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat menerapkan konsep listrik statis (gaya listrik, medan listrik, energi potensial listrik, potensial listrik, kapasitansi kapasitor, dan rangkaian kapasitor) pada produk teknologi. Selain itu, kalian juga mampu membuat proyek sederhana aplikasi listrik statis untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.	<ul style="list-style-type: none"> • Muatan listrik • Gaya elektrostatik • Medan listrik dan garis-garis medan listrik
3	Gelombang Elektromagnetik	Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat mengidentifikasi gelombang elektromagnetik (proses terjadinya, sifat-sifat, spektrum, dan laju gelombang elektromagnetik), serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.	<ul style="list-style-type: none"> • Gelombang elektromagnetik • Efek Doppler pada GE

b. Planning

Berdasarkan hasil analisis awal, peneliti membuat rancangan media pembelajaran berbasis AR dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Ilustrasi 3D dibuat menggunakan Blender.
- 2) Marker (ilustrasi 2D) dibuat menggunakan Adobe Illustrator.
- 3) Marker dapat berdiri sendiri tanpa harus dipindai.
- 4) Aplikasi dan layanan 3D yang digunakan adalah Assemblr Studio.
- 5) Materi yang dipilih untuk media pembelajaran berbasis AR adalah medan magnet dengan submateri medan magnet induksi yang meliputi medan magnet induksi pada kawat lurus, melingkar, dan solenoida.

c. Producing

Tahap produksi ini berisi pembuatan ilustrasi 3D menggunakan Blender, pembuatan marker menggunakan Adobe Illustrator, pembuatan media AR di Assemblr Studio, dan pembuatan buku panduan untuk media pembelajaran berbasis AR di Microsoft Word. Pada tahap ini terdapat beberapa desain dan revisi pada produk untuk menghasilkan produk yang paling sesuai.

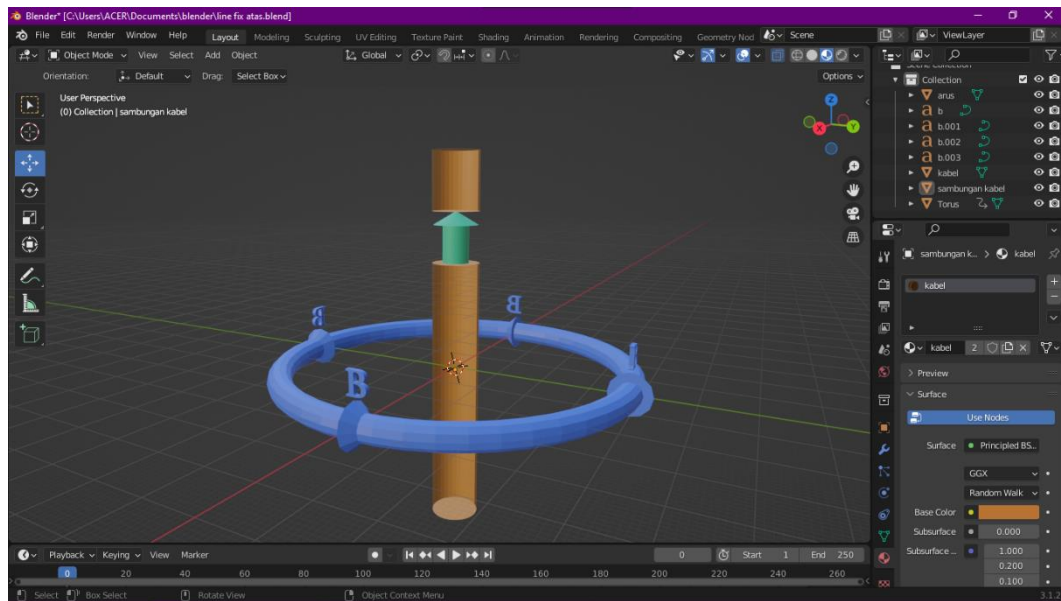
a Pembuatan ilustrasi 3D

Pembuatan ilustrasi 3D di Blender diawali dengan pembuatan ilustrasi 3D kawat lurus. Ilustrasi 3D ini mengambil referensi dari ilustrasi medan magnet induksi pada buku *Physics: Principle with applications* oleh Giancoli (2014). Desain awal ilustrasi 3D kawat lurus ini adalah kawat berwarna kuning dan diagram medan magnet berwarna biru yang mengitarinya dengan label penunjuk arah arus dan medan magnet seperti gambar 4.1.



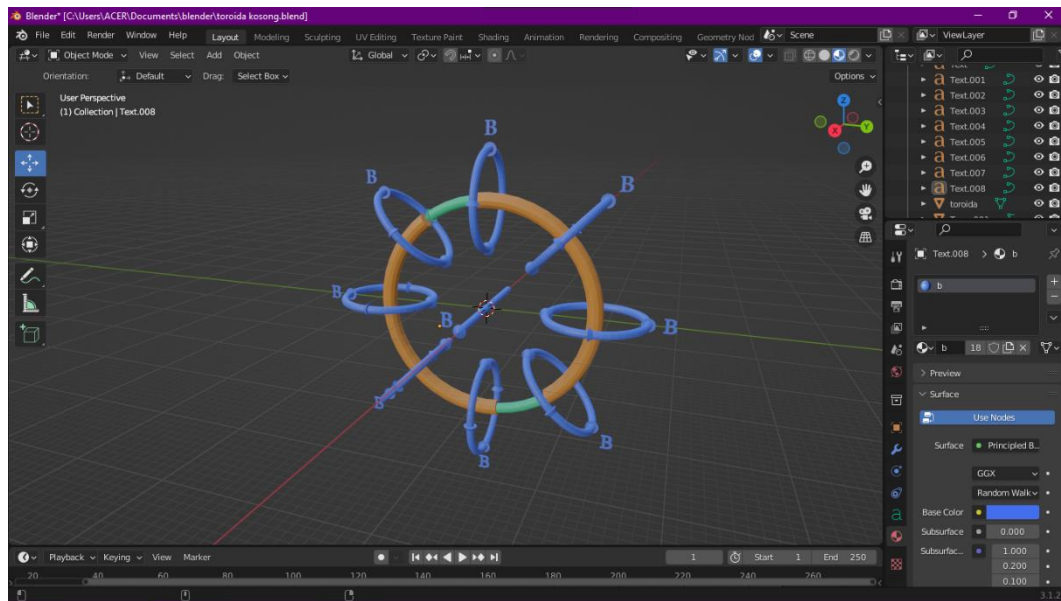
Gambar 4.1 Desain Awal Ilustrasi 3D

Penggunaan label penunjuk arus pada desain awal ini kemudian diganti agar tampilannya menjadi lebih rapi. Label penunjuk arus yang awalnya berupa tanda panah di luar kawat diubah menjadi tanda panah di dalam kawat. Selain itu pewarnaan bagian-bagian ilustrasi juga diubah. Kawat berarus diberi warna oranye dan diagram medan magnet diberi warna komplementernya yaitu biru. Adapun penunjuk arus diberi warna hijau yang memiliki kontras baik dengan warna oranye.

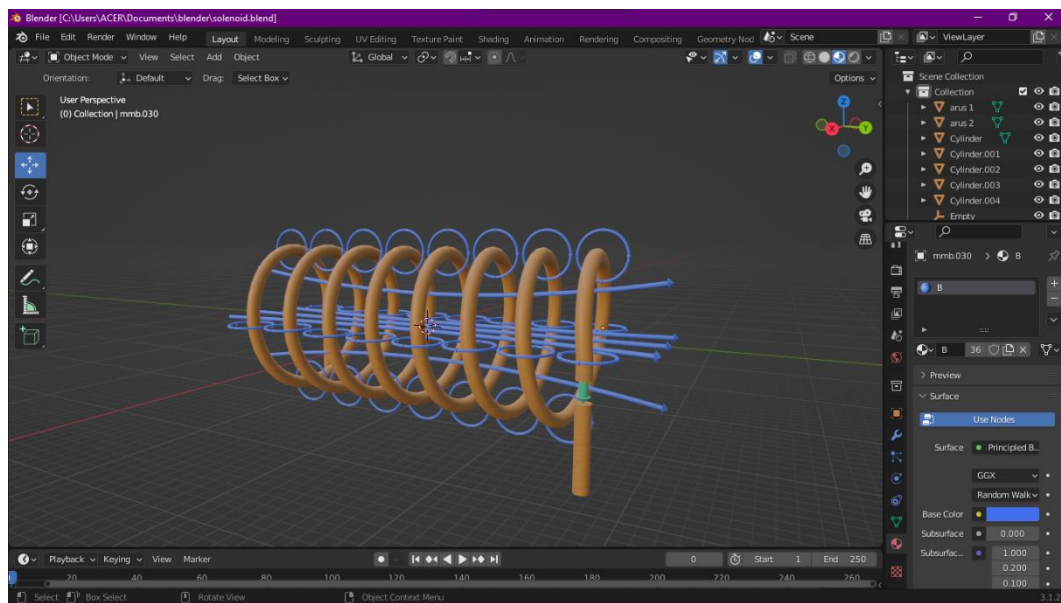


Gambar 4.2 Ilustrasi 3D Kawat Lurus

Setelah desain ilustrasi 3D untuk kawat lurus selesai, ilustrasi 3D untuk kawat melingkar dan solenoida juga dibuat dengan detail yang sama. Diagram medan magnet pada kawat melingkar diwakili oleh delapan medan magnet yang mengitari kawat dan satu medan magnet utama di pusat lingkaran seperti pada gambar 4.3. Adapun pada solenoida, diagram medan magnet terdapat pada empat sisi setiap lingkaran dan lima medan magnet utama di pusat solenoida seperti pada gambar 4.4.



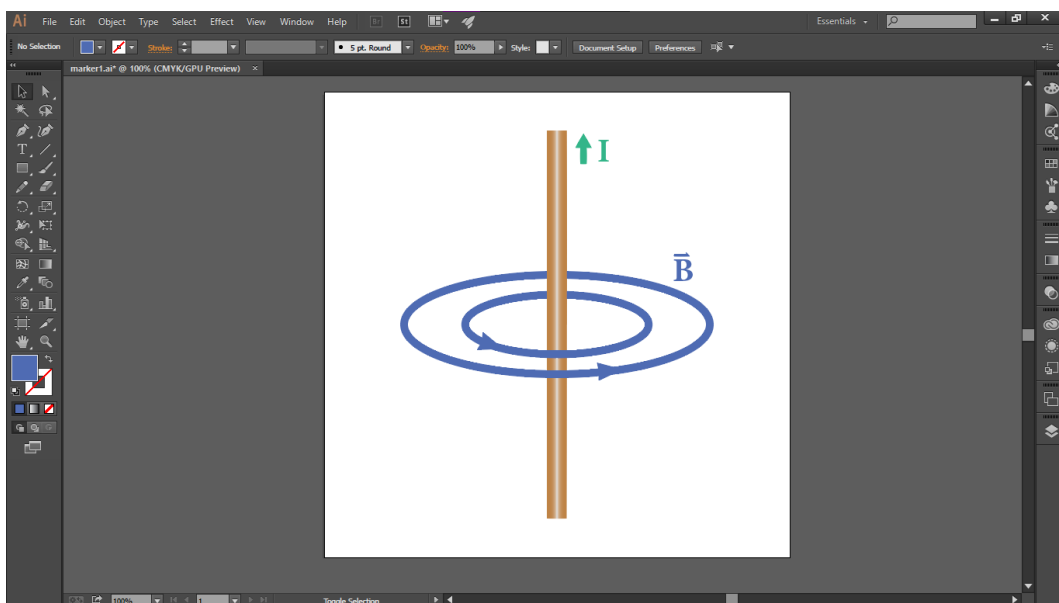
Gambar 4.3 Ilustrasi 3D Kawat Melingkar



Gambar 4.4 Ilustrasi 3D Solenoida

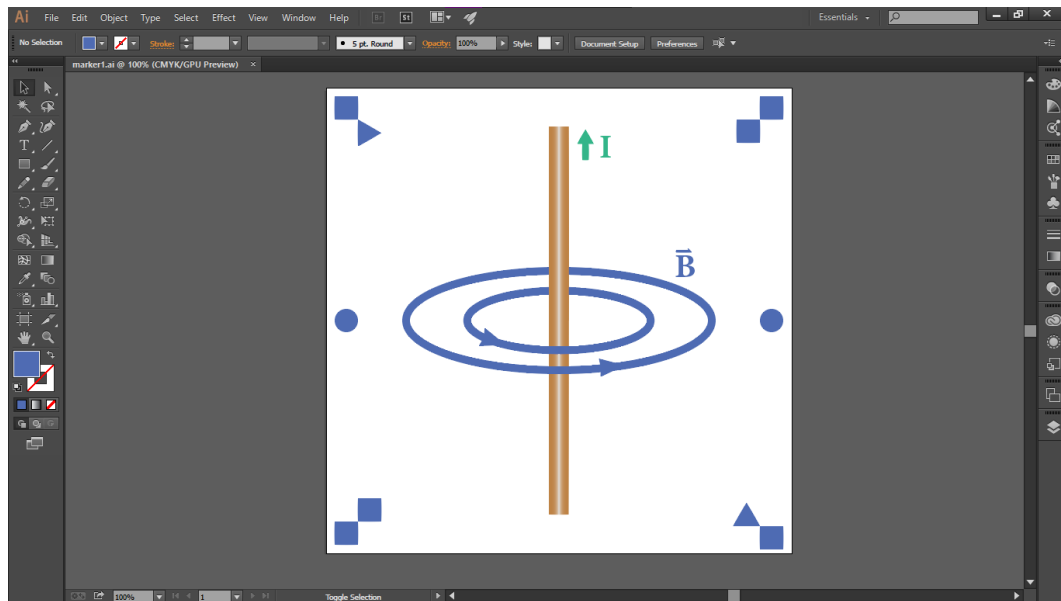
b Pembuatan marker

Pembuatan marker pada Adobe Illustrator menggunakan referensi dari buku *Physics: Principle with applications* oleh Giancoli (2014). Desain awal marker adalah proyeksi ilustrasi 3D dalam 2D seperti ilustrasi yang umumnya digunakan pada buku pelajaran. Warna komponen dalam marker mengikuti warna pada ilustrasi 3D.

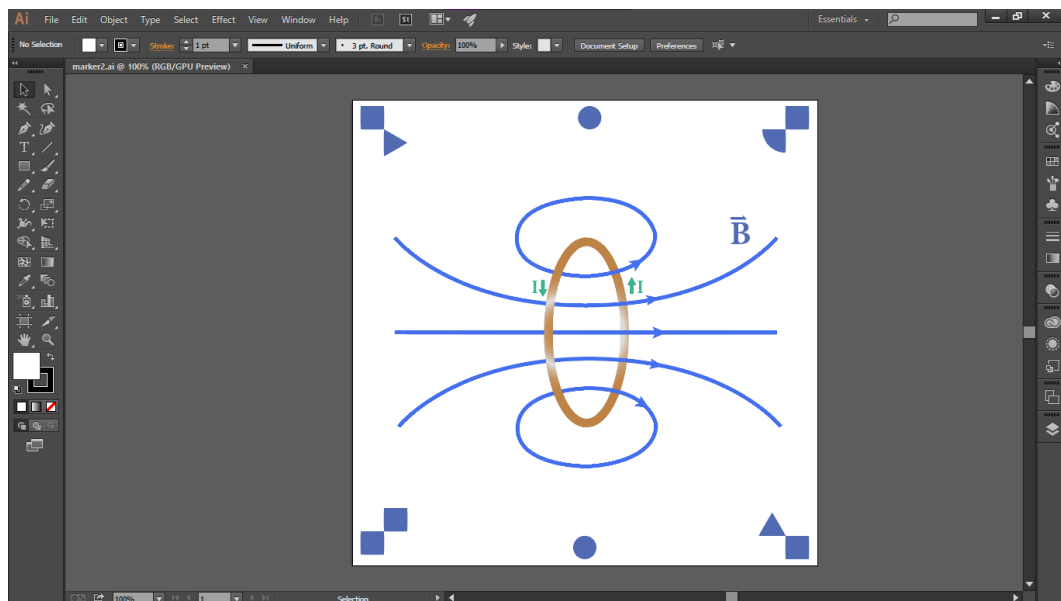


Gambar 4.5 Desain Awal Marker

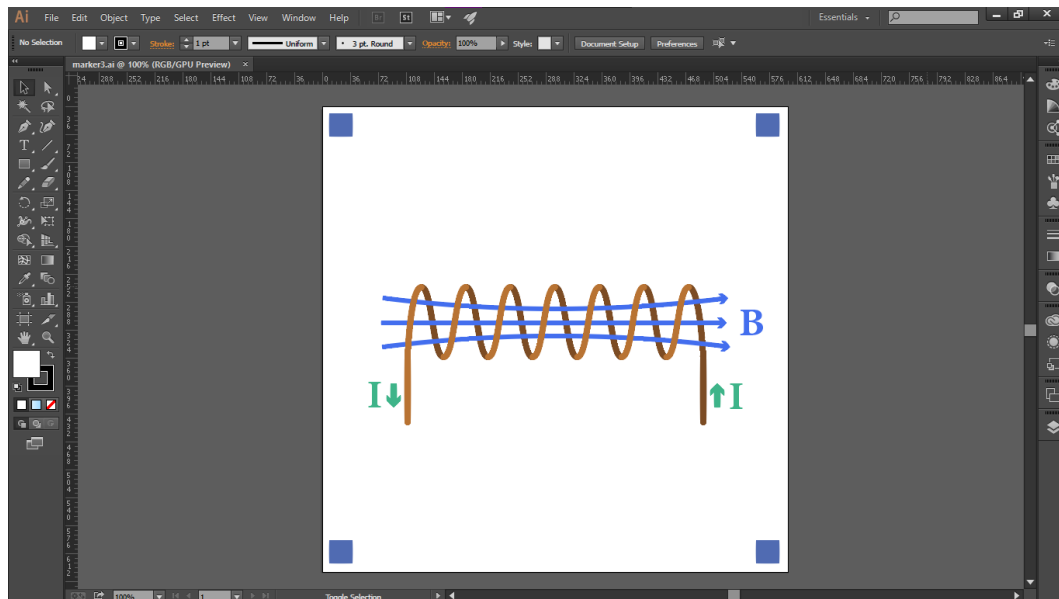
Desain awal marker ini memiliki kekurangan fatal, yaitu tidak dapat digunakan sebagai marker. Hal ini disebabkan oleh gambar marker yang digunakan kurang detail sehingga sistem Assemblr Studio tidak dapat membaca marker tersebut. Perbaikan untuk kekurangan ini dilakukan dengan menambahkan detail-detail kecil di sudut gambar. Desain marker setelah perbaikan ini dapat dilihat pada gambar 4.6, 4.7, dan 4.8.



Gambar 4.6 Marker Kawat Lurus



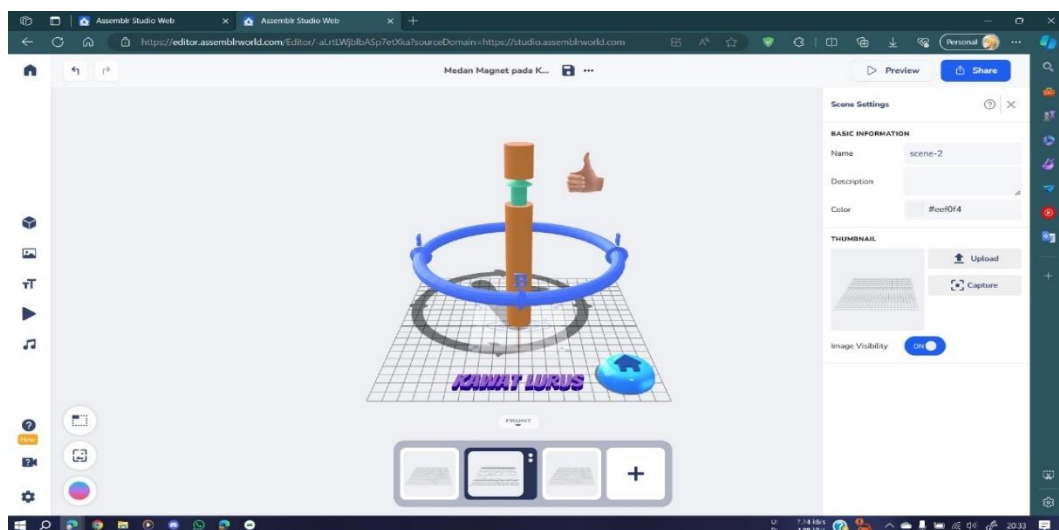
Gambar 4.7 Marker Kawat Melingkar



Gambar 4.8 Marker Solenoida

c Pembuatan media AR

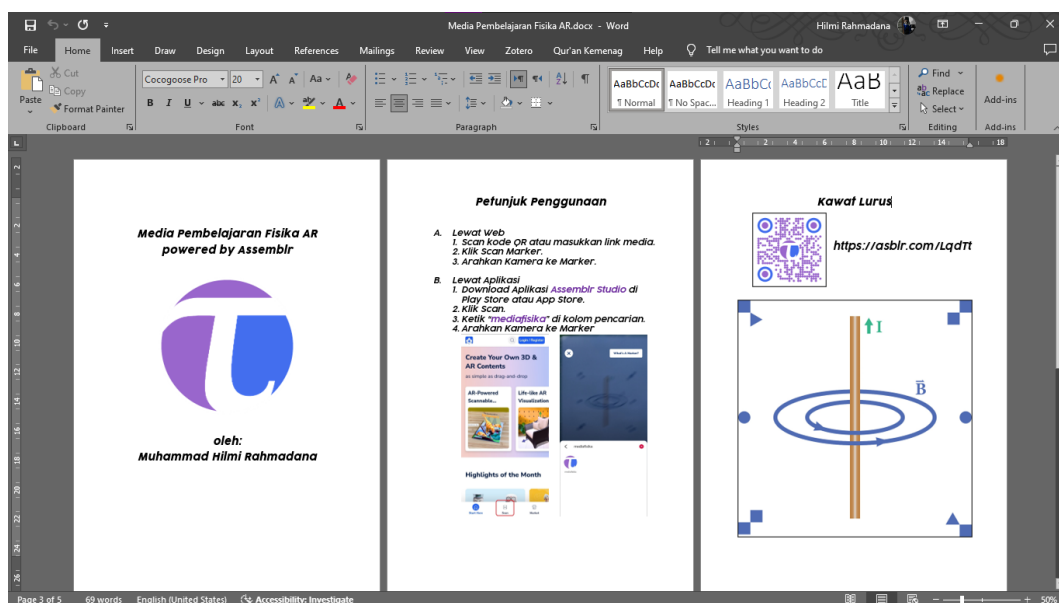
Pembuatan media AR diawali dengan mengunggah ilustrasi 3D dan ilustrasi 2D atau marker ke Assemblr Studio. Selanjutnya, media-media tersebut digabung ke dalam satu proyek. Pada tahap ini juga ditambahkan detail-detail seperti judul dan tombol interaktif menggunakan aset dari Assemblr Studio.



Gambar 4.9 Pembuatan Media AR Menggunakan Assemblr Studio

d Pembuatan buku panduan

Media AR yang dibuat menggunakan Assemblr memiliki tautan yang dapat dibuka lewat web. Tautan ini kemudian disajikan dalam bentuk kode QR untuk memudahkan pengguna. Selain itu, pengguna juga dapat mengakses media AR lewat aplikasi Assemblr Studio di Android dan iOS. Buku panduan yang dibuat meliputi panduan penggunaan media, tautan dan kode QR, serta marker yang dapat dipindai untuk memunculkan produk. Buku panduan ini kemudian disimpan dalam format *pdf*.



Gambar 4.10 Pembuatan Buku Panduan

2. Kelayakan Produk

Kelayakan produk media pembelajaran berbasis AR dinilai oleh tiga orang validator ahli yaitu guru fisika SMAN Banua Kalsel, dosen fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, dan dosen fisika Universitas Negeri Malang. Evaluasi produk dilakukan terhadap masing-masing media AR (kawat lurus, kawat melingkar, dan solenoida) secara terpisah. Data hasil evaluasi produk disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.4 Data Evaluasi Produk

Media	Aspek	Validator			Jumlah	Persentase (%)	Persentase Rata-Rata (%)	Kriteria
		I	II	III				
Kawat Lurus	Ilustrasi 2D	10	12	12	34	94%	91%	Sangat Layak
	Ilustrasi 3D	12	13	16	41	85%		
	Materi	11	11	12	34	94%		
Kawat Melingkar	Ilustrasi 2D	9	12	12	33	92%	92%	Sangat Layak
	Ilustrasi 3D	12	16	16	44	92%		
	Materi	9	12	12	33	92%		
Solenoida	Ilustrasi 2D	10	12	12	34	94%	90%	Sangat Layak
	Ilustrasi 3D	12	14	16	42	88%		
	Materi	9	11	12	32	89%		

Media kawat lurus memperoleh persentase 94% pada aspek ilustrasi 2D, 85% pada aspek ilustrasi 3D, dan 94% pada aspek materi. Persentase tertinggi terdapat pada aspek ilustrasi 2D dan materi, sedangkan persentase terendah terdapat pada aspek ilustrasi 3D. Persentase rata-rata kelayakan produk kawat lurus adalah 91% yang termasuk kriteria “sangat layak”.

Media kawat melingkar memperoleh persentase 92% pada aspek ilustrasi 2D, 92% pada aspek ilustrasi 3D, dan 92% pada aspek materi. Ketiga aspek

penilaian pada kawat melingkar memperoleh persentase yang sama. Persentase rata-rata kelayakan produk kawat melingkar adalah 92% yang termasuk kriteria “sangat layak”.

Media solenoida memperoleh persentase 94% pada aspek ilustrasi 2D, 88% pada aspek ilustrasi 3D, dan 89% pada aspek materi. Persentase tertinggi terdapat pada aspek ilustrasi 2D, sedangkan persentase terendah terdapat pada aspek ilustrasi 3D. Persentase rata-rata kelayakan produk solenoida adalah 90% yang termasuk kriteria “sangat layak”.

Selain itu, validator ahli yang melakukan evaluasi terhadap produk ini juga memberikan kritik dan saran kepada produk. Kritik dan saran ini dijadikan sebagai bahan evaluasi produk sebelum diuji coba kepada siswa. Kritik dan saran validator ini disajikan dalam tabel 4.5.

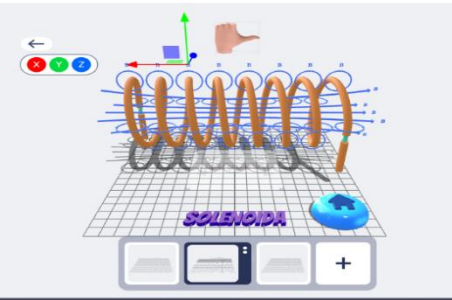
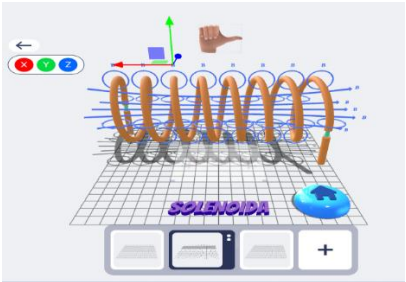
Tabel 4.5 Kritik dan Saran Validator

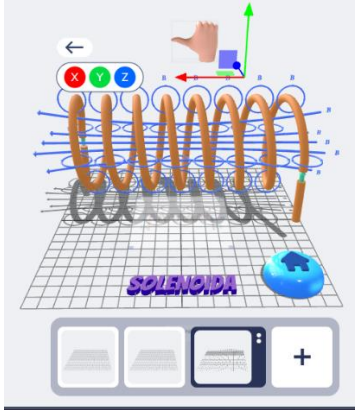
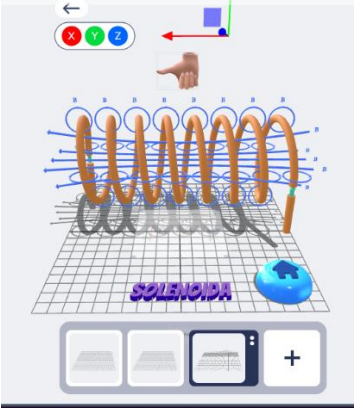

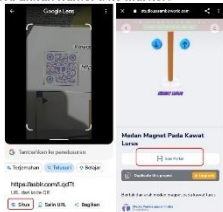
No.	Validator	Kritik dan Saran
1.	I	<p>Kawat Lurus</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Produk telah memperlihatkan keadaan 3D (menarik). ➤ Simbol medan magnet bisa ditipiskan berupa garis-garis halus. ➤ Perlu ada materi pendukung yang menjelaskan hasil observasi dan dihubungkan ke konsep medan magnet. ➤ Bisa ditambahkan serbuk besi di sekitar kawat dan melihat pola serbuk/gerak serbuk setelah dipengaruhi medan magnet. <p>Kawat Melingkar</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Produk sudah memperlihatkan keadaan di 3D. ➤ Perlu diperjelas arah medan magnetnya (misalnya dari dalam ke luar atau dari luar ke dalam). ➤ Garis panah diperjelas. ➤ Perlu penjelasan materi. <p>Solenoida</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Simbol panah di kawat diperjelas. ➤ Menggunakan tangan kanan untuk menentukan arah.

No.	Validator	Kritik dan Saran
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Posisi punggung tangan lebih baik menyesuaikan dengan arah arus: <ul style="list-style-type: none"> ○ Punggung tangan + jari ke arah atas = arah arus ke atas. ○ Punggung tangan + jari ke arah bawah = arah arus ke bawah.
2.	II	<p>Kawat Lurus: Pada ilustrasi 3D, arah arus yang berwarna hijau ketika horizontal kurang jelas. Sebaiknya arah arusnya diperjelas!</p> <p>Solenoida: Pada ilustrasi 3D, arah arus yang berwarna hijau ketika horizontal kurang jelas. Sebaiknya arah arusnya diperjelas!</p>
3.	III	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Petunjuk lewat web ditambahi gambar seperti pada petunjuk menggunakan aplikasi. ➤ Perlu petunjuk penggunaan yang jelas supaya yang belum paham bisa langsung paham bagaimana memahami maksud dari gambar-gambarnya. ➤ Selebihnya sudah oke.

Beberapa saran dari validator tersebut tidak dapat dimasukkan ke produk akhir karena keterbatasan fitur gratis pada layanan Assemblr Studio. Adapun perbaikan-perbaikan yang dilakukan berdasarkan saran-saran dari validator tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.6 Perbaikan Produk

No.	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
1.	 <p>Penunjuk arah menggunakan tangan kiri, tidak sesuai dengan kaidah tangan kanan.</p>	 <p>Penunjuk arah menggunakan tangan kanan</p>

No.	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
2.	 <p data-bbox="392 759 683 795">Arah jari tidak terlihat</p>	 <p data-bbox="885 759 1351 831">Arah jari terlihat dan menyesuaikan arah arus</p>
3.	<p data-bbox="544 871 708 891">Petunjuk Penggunaan</p> <p data-bbox="491 911 767 1048"> A. Lewat Web 1. Scan kode QR atau masukkan link media. 2. Klik Scan Marker. 3. Arahkan Kamera ke Marker. </p> <p data-bbox="491 972 756 1048"> B. Lewat Aplikasi 1. Download Aplikasi Assemblr studio di Play store atau App store. 2. Klik Scan. 3. Ketik "medafisika" di kolom pencarian. 4. Arahkan Kamera ke Marker </p>  <p data-bbox="392 1368 746 1435">Tidak ada gambar petunjuk penggunaan lewat web</p>	<p data-bbox="1034 871 1198 891">Petunjuk Penggunaan</p> <p data-bbox="981 911 1257 972"> A. Lewat web 1. Scan kode QR atau masukkan link media pada browser. 2. Klik Scan Marker. 3. Arahkan Kamera ke Marker. </p>  <p data-bbox="885 1368 1287 1435">Ditambahkan gambar petunjuk penggunaan lewat web</p>

3. Respon Siswa

Produk yang sudah layak dan diperbaiki kemudian diuji coba oleh 19 orang siswa kelas XII B SMAN Banua Kalsel. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon siswa terhadap media pembelajaran berbasis AR. Peneliti memberikan angket respon siswa bersama dengan buku panduan media pembelajaran berbasis AR Assemblr. Siswa diminta untuk menggunakan media

pembelajaran berbasis AR Assemblr kemudian mengisi angket tersebut. Data hasil respon siswa adalah sebagai berikut.

Tabel 4.7 Data respon siswa

No.	Aspek	Skor	Persentase (%)
1.	Motivasi Belajar	191	84%
2.	Pemahaman Materi	123	81%
3.	Penggunaan	62	82%
Persentase Rata-Rata			82%
Kriteria			Sangat Layak

Respon siswa pada aspek motivasi belajar memperoleh persentase 84%, aspek pemahaman materi memperoleh persentase 81%, dan aspek penggunaan memperoleh persentase 82%. Data respon siswa memperoleh persentase rata-rata 82% dengan kriteria “sangat layak”. Adapun kritik dan saran siswa terhadap media pembelajaran berbasis AR yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

- a. Gambar sudah bagus namun agak bikin pusing.
- b. Sudah sangat bagus, selanjutnya bisa ditambahkan materi lain agar lebih bervariasi.
- c. Semoga media AR ini bisa diaplikasikan di pembelajaran di sekolah.
- d. Ada baiknya jika media AR ini ditambahkan dengan materi atau penjelasan baik audio ataupun teks keterangan singkat untuk memudahkan memahaminya.
- e. Perlu adanya penjelasan lebih lanjut terhadap tipe magnetic field dan right-hand rule yang diterapkan pada perangkat. Hal ini tentu dapat memberikan penjelasan lebih lanjut terhadap ilustrasi yang ada.
- f. Tampilan bisa dibuat lebih menarik lagi.

- g. Arah arus medan magnet perlu lebih di-highlight
- h. Gambar yang dihasilkan dapat memunculkan gerak agar lebih sangat mudah dipahami.
- i. Lebih baik lagi jika ditambahkan animasi berupa aliran elektron.

B. Pembahasan

1. Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis AR Assemblr

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis AR Assemblr pada materi medan magnet. Penelitian ini adalah penelitian R&D dengan model pengembangan Richey dan Klein dengan tahapan analisis ujung depan, perencanaan, produksi, dan evaluasi (Richey & Klein, 2007). Pengembangan media pembelajaran berbasis AR termasuk dalam tahapan analisis ujung depan, perencanaan, dan produksi. Adapun tahap evaluasi terdiri dari validasi produk oleh ahli dan uji coba produk oleh siswa. Berikut adalah pembahasan dari setiap tahapan pengembangan media pembelajaran.

a. Tahap *Front End Analysis*

Analisis ujung depan atau analisis awal pengembangan media pembelajaran ini terdiri dari pengumpulan informasi dan analisis penelitian terdahulu, *software*, dan materi. Pendeskripsian kelebihan dan kekurangan produk pada penelitian terdahulu kemudian dijadikan dasar rancangan untuk produk yang dikembangkan. Kelebihan produk-produk penelitian Pauziah dan Ilhamsyah adalah aplikasi yang ringan dan ilustrasi yang ditampilkan bergerak. Adapun kekurangan dari produk-produk tersebut adalah ilustrasinya tidak interaktif dan marker yang disajikan tidak dapat berdiri sendiri sehingga harus dipindai menggunakan aplikasi.

Selanjutnya, analisis kelebihan dan kekurangan *software* pendukung dilakukan untuk menentukan *software* apa saja yang digunakan dalam proses pengembangan. Selain kelebihan dan kekurangan, kurva belajar dari *software* juga menjadi pertimbangan untuk disesuaikan dengan kemampuan peneliti. Kurva belajar yang terlalu curam dapat mempengaruhi proses pengembangan produk karena tentunya akan memakan banyak waktu.

Selain itu, analisis materi juga dilakukan untuk menentukan submateri yang paling sesuai untuk disajikan dalam media berbasis AR. Materi yang dianalisis dipilih dari hasil angket responsi awal yang dilakukan di SMAN Banua Kalsel, yaitu medan magnet, listrik statis, dan gelombang elektromagnetik. Konsep abstrak dalam materi yang disajikan menyesuaikan dengan tujuan pembelajaran pada kurikulum merdeka. Pertimbangan utama dalam memilih submateri yang disajikan dalam media AR adalah konsep abstrak dalam materi dan bentuk penggambaran konsep tersebut dalam ilustrasi 3D dan 2D.

b. Tahap *Planning*

Tahap *planning* dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dari analisis ujung depan untuk kemudian diaktualisasikan pada tahap *producing*. Hasil analisis ujung depan dijadikan adalah basis untuk menentukan rencana pengembangan produk. Tahap ini menghasilkan rancangan produk yang dibuat, *software* yang digunakan, dan materi yang disajikan.

Produk yang dibuat adalah media AR dengan marker yang dapat berdiri sendiri tanpa harus dipindai. Materi yang disajikan dengan media AR adalah medan magnet pada submateri medan magnet induksi yang meliputi medan magnet induksi

pada kawat lurus, kawat melingkar, dan solenoida. *Software-software* yang digunakan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis AR ini adalah Blender, Adobe Illustrator, dan Assemblr Studio.

Blender adalah *software 3D modeling* gratis terbaik untuk animasi dan animator (Pickavance, 2021a). Blender menyediakan layanan penuh mulai dari *modeling, rigging*, animasi, simulasi, render, *compositing*, sampai *motion tracking*. Pembuatan media berbasis AR menggunakan kemampuan Blender untuk *modeling*, animasi, dan render. Blender digunakan untuk membuat ilustrasi 3D yang akan digunakan dalam media AR.

Adobe Illustrator adalah program desain dan editor grafis vektor yang stabil dalam penggunaan dan memiliki fitur yang sangat lengkap untuk desain grafis (Pickavance, 2021b). Adobe Illustrator adalah program desain grafis terbaik yang menjadi standar untuk portofolio karya seni, infografis, dan ikon profesional (Webflow Team, 2024). Adobe Illustrator digunakan untuk membuat ilustrasi 2D yang berfungsi sebagai marker pada media AR.

Assemblr Studio adalah ekosistem untuk membuat, melihat, dan membagikan pengalaman 3D dan AR untuk segala kebutuhan (Assemblr, t.t.). Kelebihan utama yang ditawarkan Assemblr Studio adalah tidak memerlukan *coding* dan memiliki ribuan aset 2D dan 3D yang dapat digunakan. Assemblr Studio digunakan untuk menggabungkan ilustrasi 3D dan ilustrasi 2D menjadi sebuah media AR.

c. Tahap *Producing*

Tahap *producing* meliputi pembuatan desain awal media hingga pembuatan buku panduan. Ilustrasi 3D yang dibuat menggunakan *software* Blender terdiri dari kawat berarus, penunjuk arah arus listrik, serta diagram dan label medan magnet. Warna oranye dipilih untuk kawat karena oranye adalah warna tembaga yang umumnya digunakan sebagai kabel listrik. Diagram medan magnet diberi warna biru yang merupakan warna komplementer dari oranye dan penunjuk arus diberi warna hijau agar keseluruhan ilustrasi memiliki kontras yang baik satu sama lain.

Diagram medan magnet pada kawat lurus diwakili oleh satu lingkaran medan magnet. Pada kawat melingkar terdapat delapan lingkaran medan magnet dan satu medan magnet utama pada pusat kawat. Adapun pada solenoida terdapat medan magnet pada empat sisi setiap lingkaran dan lima medan magnet utama pada pusat solenoida. Medan magnet utama pada kawat melingkar dan solenoida ini adalah medan magnet yang terbentuk sesuai dengan kaidah tangan kanan.

Adapun marker yang dibuat menggunakan *software* Adobe Illustrator adalah proyeksi 2D dari ilustrasi 3D itu sendiri. Marker ini berukuran 600×600 piksel dengan resolusi 300 dpi. Ukuran 600×600 piksel atau rasio 1:1 adalah ketentuan untuk marker di Assemblr Studio, sedangkan resolusi 300 dpi dipilih agar marker yang dihasilkan tajam dan detail. Ilustrasi 2D yang dibuat harus memiliki detail yang baik dan unik agar sistem dapat membedakan ilustrasi tersebut dengan marker-marker lainnya. Oleh karena itu, pada pinggiran marker ditambahkan detail-detail kecil berupa persegi, segitiga, dan lingkaran.

Ilustrasi 3D dan marker tersebut kemudian diunggah ke Assemblr Studio untuk proses pembuatan media AR. Setiap marker digunakan untuk proyek media AR sesuai dengan ilustrasi yang diwakilinya. Dalam satu proyek media AR terdapat tiga layar, yaitu halaman utama, arah 1, dan arah 2. Pada halaman utama terdapat kawat yang tidak dialiri arus listrik dan dua tombol untuk memilih arah arus listrik. Pada arah 1 dan arah 2 kawat dialiri arus listrik pada arah tertentu dan menampilkan medan magnet yang sesuai. Pada layar arah 1 dan 2 ini juga terdapat tombol *home* untuk kembali ke halaman utama.

Media AR yang dibuat tersimpan dalam akun @mediafisika pada Assemblr Studio dengan hasil berupa tautan media dan marker yang dapat dipindai. Tautan media dan marker ini kemudian disatukan dalam buku panduan penggunaan. Selain itu, pada buku panduan penggunaan juga dijelaskan cara menggunakan media AR baik lewat aplikasi Assemblr Studio maupun lewat tautan web Assemblr.

d. Tahap *Evaluation*

Tahap *evaluation* meliputi validasi produk oleh ahli dan uji coba produk oleh siswa. Validasi produk dilakukan untuk menilai kelayakan produk yang dibuat. Selain itu, dalam proses validasi produk ini juga diterima kritik dan saran dari validator untuk kemudian dilakukan perbaikan. Produk yang telah diperbaiki berdasarkan saran dari validator kemudian diujicobakan kepada siswa untuk mengetahui respon siswa terhadap produk.

2. Kelayakan Produk

Validasi produk dilakukan dengan menghadirkan validator ahli yang sudah berpengalaman untuk menilai produk baru yang dikembangkan (Sugiyono, 2013). Evaluasi media pembelajaran berbasis AR dilakukan secara terpisah pada masing-masing media karena media AR yang dibuat dapat berdiri sendiri. Kelayakan media pembelajaran berbasis AR Assemblr ini dinilai dari dua aspek, yaitu aspek media yang terbagi menjadi ilustrasi marker dan ilustrasi 3D dan aspek materi.

Aspek ilustrasi marker meliputi desain ilustrasi, pemilihan warna, dan tampilan marker. Aspek ilustrasi 3D meliputi desain ilustrasi, pemilihan warna, tampilan ilustrasi, serta kejelasan simbol dan diagram. Adapun aspek materi mencakup kesesuaian konsep, akurasi ilustrasi, dan tampilan medan magnet.

Media kawat lurus memperoleh persentase rata-rata 91% dengan kriteria “sangat layak”. Aspek ilustrasi marker dan materi memperoleh persentase 94% yang merupakan persentase tertinggi. Persentase tinggi yang diperoleh aspek ilustrasi marker menunjukkan marker yang dibuat memiliki desain, warna, dan tampilan yang menarik. Selain itu, persentase tinggi yang diperoleh aspek materi menunjukkan media pembelajaran berbasis AR Assemblr menyajikan konsep ilmiah dengan tepat dan akurat serta menampilkan medan magnet dengan jelas. Aspek ilustrasi 3D memperoleh persentase 85% yang merupakan persentase terendah. Persentase yang lebih rendah pada aspek ilustrasi 3D ini disebabkan oleh tampilan diagram yang dinilai kurang jelas pada media.

Media kawat melingkar memperoleh persentase rata-rata 92% dengan kriteria “sangat layak”. Ketiga aspek penilaian pada media kawat melingkar

memperoleh persentase yang sama, yaitu 92%. Persentase yang tinggi pada ketiga aspek penilaian ini menunjukkan bahwa media kawat melingkar dapat memenuhi seluruh harapan pengembangannya dengan baik.

Media solenoida memperoleh persentase rata-rata 90% dengan kriteria “sangat layak”. Aspek ilustrasi marker memperoleh persentase 94% yang merupakan persentase tertinggi. Persentase tinggi yang diperoleh aspek ilustrasi marker menunjukkan marker yang dibuat memiliki desain, warna, dan tampilan yang menarik. Aspek ilustrasi 3D memperoleh persentase 88%, sedangkan aspek materi memperoleh persentase 89%. Persentase yang lebih rendah pada aspek ilustrasi 3D dan materi ini disebabkan oleh kesalahan ilustrasi kaidah tangan kanan pada media.

Kelayakan produk yang dikembangkan harus memenuhi validitas isi dan validitas konstruk (Akker dkk., 1999). Validitas isi yaitu desain pengembangan harus berdasarkan pengetahuan terbaru dan validitas konstruk yaitu produk yang dikembangkan harus memiliki kesinambungan antar komponen. Berdasarkan hasil validasi produk yang telah dipaparkan, ketiga media pembelajaran berbasis AR yang dikembangkan valid dan dapat diujicobakan.

3. Respon Siswa

Respon siswa adalah gambaran pendapat dan sikap siswa terhadap media yang digunakan, baik positif maupun negatif. Hasil respon siswa sebagai uji coba awal dapat menjadi pertimbangan penggunaan produk dalam proses pembelajaran (Humaidi dkk., 2021). Angket respon siswa ini meliputi aspek motivasi belajar (1,4,5), pemahaman materi (3,6), dan penggunaan (2). Aspek motivasi belajar terdiri dari poin motivasi, antusiasme belajar, dan menarik perhatian. Aspek

pemahaman materi terdiri dari poin pemahaman materi dan belajar mandiri. Adapun aspek penggunaan terdiri dari poin mudah dipahami.

Penggunaan media pembelajaran adalah salah satu upaya untuk meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa (Febrita & Ulfah, 2019). Aspek motivasi belajar menilai hubungan antara penggunaan media pembelajaran berbasis AR dengan motivasi belajar siswa. Aspek motivasi belajar memperoleh persentase 84% yang merupakan persentase tertinggi dan termasuk kriteria “sangat layak”. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa siswa merasa penggunaan media pembelajaran berbasis AR dapat memotivasi mereka dalam pembelajaran.

Penggunaan media pembelajaran juga membantu siswa untuk memahami materi secara utuh dan mendalam (Junaidi, 2019). Aspek pemahaman materi menilai hubungan antara penggunaan media pembelajaran berbasis AR dengan pemahaman materi. Aspek ini memperoleh persentase 81% yang merupakan persentase terendah, namun masih termasuk kriteria “sangat layak”. Hal ini menunjukkan bahwa media AR ini dapat membantu siswa untuk memahami materi. Persentase terendah pada aspek ini disebabkan karena banyaknya jenis media pembelajaran dan preferensi siswa yang berbeda-beda dalam belajar.

Salah satu faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih media pembelajaran adalah *ease of use* (Bates & Bates, 2015). Aspek penggunaan menilai kemudahan penggunaan media pembelajaran berbasis AR bagi siswa. Aspek ini memperoleh persentase 82% yang termasuk kriteria “sangat layak”. Kriteria sangat layak dari respon siswa menunjukkan bahwa siswa merasa media AR ini tergolong mudah untuk digunakan.

Persentase rata-rata respon siswa adalah 82% yang termasuk kriteria “sangat layak”. Kriteria sangat layak ini menunjukkan bahwa siswa memiliki respon yang sangat positif terhadap media pembelajaran berbasis AR. Hasil respon peserta didik ini selaras dengan penelitian Sugiarto (2021) bahwa penggunaan media 3D sangat membantu proses pembelajaran, mudah dipahami, dan meningkatkan motivasi belajar.

Berdasarkan hal tersebut maka media pembelajaran berbasis AR Assemblr ini layak untuk digunakan dalam pembelajaran dan diteliti lebih lanjut untuk menentukan efektivitas atau kepraktisan penggunaannya. Penggunaan media AR dapat membantu siswa mempelajari pengetahuan dan keterampilan dengan lebih efektif (El Sayed dkk., 2011). Selain itu, penggunaan media AR juga dapat membantu siswa memvisualisasikan konsep yang abstrak atau tidak dapat diamati (Wu dkk., 2013).

Penggunaan teknologi dalam lingkungan pembelajaran melalui *smart classroom* diperlukan untuk mempersiapkan siswa menuju era Society 5.0 (Siswanto, 2019). Salah satu teknologi terbaru dalam pembelajaran *smart classroom* ini adalah AR. Media AR dalam pendidikan dapat meningkatkan keterampilan digital dan berpikir kreatif yang sangat diperlukan dalam era Society 5.0 (Nastiti & Abdu, 2020).