

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian Pengembangan (*Research and Development*)

1. Pengertian Penelitian Pengembangan (*Research and Development*)

Metode penelitian dan pengembangan atau yang sering disebut dengan *Research and Development* (R&D) adalah salah satu metode penelitian dimana peneliti merancang suatu inovasi produk atau menyempurnakan produk yang sebelumnya sudah ada. Secara konsep terbentuknya, metode penelitian dan pengembangan terdiri atas dua kata yang membentuknya, yaitu penelitian dan pengembangan. Penelitian sendiri merupakan suatu kegiatan ilmiah yang pelaksanaannya berpedoman pada aturan yang sudah dibuat standar serta diakui secara universal, sedangkan pengembangan adalah suatu aktivitas yang memberikan penambahan dan peningkatan baik itu dari segi kualitas maupun kuantitas pada objek tertentu (Waruwu, 2024). Sehingga penelitian dan pengembangan secara konseptual adalah suatu kegiatan yang mengkombinasikan proses penelitian ilmiah dengan pengembangan untuk menciptakan produk baru atau meningkatkan produk yang sebelumnya sudah ada.

Menurut Sugiyono (2013) metode penelitian *Research and Development* (R&D) merupakan metode penelitian yang dipakai untuk membuat dan melihat seberapa efektif penggunaan suatu produk, utamanya dalam bidang pendidikan. Sedangkan dalam Borg & Gall (1983) yang disempurnakan oleh Gall dkk. (2003) menyatakan bahwa penelitian dan pengembangan adalah sebuah proses yang dipakai untuk melakukan pengembangan sekaligus validasi produk, dimana dalam proses pengembangan tersebut juga berfungsi untuk menemukan

penyelesaian dari permasalahan terkait. Dari berbagai definisi yang telah dipaparkan dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian dan pengembangan merupakan kegiatan ilmiah yang dilakukan berdasarkan langkah-langkah analisis permasalahan secara terstruktur dan sistematis guna mengembangkan inovasi baru yang dapat diuji dan tentunya layak untuk digunakan sebagai produk atau model tepat guna bagi masyarakat.

2. Tujuan Penelitian Pengembangan (*Research and Development*)

Research and Development merupakan salah satu bidang yang saat ini tengah gencar diusahakan oleh calon guru dan profesional pendidikan mengingat keberadaannya yang sangat krusial karena tujuannya mencakup banyak aspek dalam bidang pendidikan (Rustamana dkk., 2024). Menurut Akker dkk. (1999) tujuan digunakannya penelitian dan pengembangan (R&D) terutama dalam bidang pendidikan berdasarkan aspek pengembangannya adalah sebagai berikut.

a. Kurikulum

Penelitian pengembangan bertujuan untuk memberikan informasi terkait proses pengambilan keputusan dalam pengembangan produk atau program. Dengan harapan supaya produk/program tersebut bisa berkembang lebih baik untuk meningkatkan kemampuan pengembang dalam menciptakan hal serupa di masa depan.

b. Teknologi dan Media

Penelitian pengembangan digunakan untuk memperbaiki proses perancangan, pengembangan, serta penilaian kegiatan pembelajaran berdasarkan masalah yang ditemui di lapangan atau langkah-langkah umum yang sudah ada.

c. Pelajaran dan Instruksi

Penelitian pengembangan bertujuan untuk mengembangkan rancangan lingkungan pembelajaran, menyusun kurikulum, dan mengevaluasi keberhasilan pembelajaran melalui observasi dan pengalaman belajar. Keseluruhan proses ini memberikan kontribusi pada pemahaman ilmiah yang lebih mendasar.

d. Pendidikan Guru dan Didaktis

Penelitian pengembangan bertujuan untuk mendukung pembelajaran profesional guru dan mentransformasi lingkungan pendidikan secara menyeluruh. Dalam aspek didaktik (cara mengajar yang efektif), penelitian ini berfokus pada proses pengembangan yang interaktif dan berkelanjutan, di mana gagasan teoretis diuji melalui penerapan produk di kelas. Proses ini secara bersamaan mempercepat pembelajaran bagi pengembang program dan ahli pendidikan, dengan masukan teoritis dan hasil empiris yang saling memperkaya.

3. Ciri Penelitian Pengembangan (*Research and Development*)

Menurut Borg & Gall dalam Okpatrioka (2023) penelitian dan pengembangan memiliki beberapa karakteristik yang dapat membedakannya dengan penelitian yang lain, yaitu sebagai berikut.

- a. Penyelidikan hasil penelitian yang sudah ada terkait produk yang akan dikembangkan untuk mengkaji terkait kebutuhan yang akan dipenuhi dan bagaimana proses penyelesaiannya.
- b. Pengembangan produk berdasarkan hasil penelitian yang sudah ada.

- c. Pengujian lapangan dilakukan pada tempat yang membutuhkan pengembangan produk.
 - d. Ketika dalam pengujian lapangan terdapat beberapa kekurangan, akan dilakukan proses revisi untuk memperbaiki kualitas produk.
4. Kriteria Kualitas Penelitian Pengembangan (*Research and Development*)

Untuk mendapatkan produk penelitian dan pengembangan dengan kualitas yang tinggi, peneliti perlu memahami serta memperhatikan beberapa kriteria kualitas. Kriteria kualitas pengembangan menurut Akker dkk. (1999) meliputi:

a. Valid

Produk yang dikembangkan dikatakan valid apabila telah dilakukan penilaian validasi oleh para ahli dengan mempertimbangkan penggunaan materi dan kurikulum pada media pembelajaran. Menurut Akker dkk. (1999), validasi ini penting untuk menjamin bahwa produk yang dikembangkan sudah relevan dengan kebutuhan di lapangan, sesuai dengan standar pendidikan, dan efektif dalam mencapai tujuan pembelajaran. Selain sebagai alat evaluasi kualitas, proses validasi juga membantu peneliti melakukan perbaikan berdasarkan saran dan rekomendasi para ahli sebelum produk diuji coba secara luas. Dengan demikian, produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik dan siap diimplementasikan dalam konteks pembelajaran yang sebenarnya, sehingga dapat memberikan kontribusi optimal terhadap proses pembelajaran.

b. Praktis

Dalam proses pengembangan media pembelajaran, kepraktisan menjadi salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan. Menurut Akker dkk. (1999)

sebuah produk pembelajaran dikatakan praktis jika dapat digunakan dengan mudah dan efektif oleh pengguna dalam situasi belajar yang sebenarnya. Artinya, media yang dikembangkan tidak hanya sekedar menarik, tetapi juga mudah diakses, dipahami, dan digunakan tanpa perlu pelatihan khusus. Penilaian kepraktisan media pembelajaran dilakukan terlebih dahulu oleh guru atau praktisi untuk memastikan media tersebut layak digunakan dalam proses pembelajaran di kelas. Meskipun bukan pengguna utama, guru menilai sejauh mana media dapat digunakan siswa secara efektif dan efisien. Selanjutnya, siswa sebagai pengguna utama memberikan penilaian kepraktisan melalui angket respon yang mencakup kemudahan penggunaan, kejelasan instruksi, daya tarik tampilan, serta pemahaman terhadap materi yang disajikan. Dengan demikian, peran guru dan siswa saling melengkapi dalam mengevaluasi kepraktisan media pembelajaran.

c. Efektif

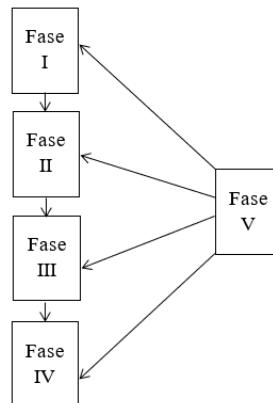
Produk yang dikembangkan dikatakan efektif apabila penggunaan produk tersebut menghasilkan hasil yang sesuai dengan ekspektasi pengembang, serta selaras dengan kurikulum yang digunakan. Menurut Akker dkk. (1999) efektivitas produk terlihat dari keselarasan antara isi kurikulum dengan pencapaian hasil belajar siswa, di mana produk yang berkualitas tinggi mampu meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, produk yang efektif tidak hanya membantu siswa memahami tujuan pembelajaran secara kognitif, tetapi juga mendorong partisipasi aktif dan pengalaman belajar yang bermakna, sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal.

5. Model Pengembangan ADDIE

ADDIE adalah bentuk akronim dari 5 tahapan yaitu *Analyze*, *Design*, *Develop*, *Implement*, dan *Evaluate*. Model ini diperkenalkan oleh Florida State University pada tahun 1975 dan umumnya digunakan dalam proses pengembangan produk atau model pembelajaran (Molenda, 2003). Model ini banyak diterapkan dalam pengembangan produk pembelajaran yang menekankan pada aspek kinerja (Waruwu, 2024). Tahapan model ADDIE ini meliputi Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi dimana dalam setiap tahapannya saling berhubungan satu sama lain. Tahapan evaluasi berada di bagian akhir, namun evaluasi digunakan untuk melakukan perbaikan pada masing-masing 4 tahapan sebelumnya.

Pada awalnya model ADDIE diterapkan secara linear, di mana setiap tahap dilalui secara berurutan dari awal hingga akhir.

Gambar 2.1 Model ADDIE pada Awal Pengembangannya



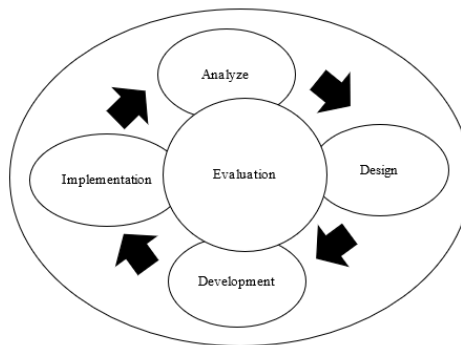
(Sumber: Watson, 1981)

Dimana lima fase ini meliputi analisis, desain, pengembangan, implementasi, serta evaluasi. Empat fase pertama dilakukan secara berurutan, sedangkan fase evaluasi dan pengendalian berlangsung secara berkelanjutan dan menyertai setiap tahap lainnya. Namun proses ini tidak sepenuhnya bersifat linear (seperti aliran

air terjun), karena evaluasi dilakukan sepanjang seluruh proses. Oleh karena itu, perancang perlu mengulang beberapa tahap untuk memperbaiki kekurangan yang ditemukan selama evaluasi.

Pemahaman ini sejalan dengan temuan Watson (1981) yang mengamati bahwa tahap evaluasi tidak hanya terjadi di akhir, melainkan menyertai keseluruhan proses pengembangan secara terus-menerus. Selanjutnya, pendekatan ini disempurnakan oleh U.S. Army (1984) yang memperkenalkan model ADDIE versi dinamis, di mana setiap fase saling berhubungan dua arah dan memungkinkan dilakukannya revisi antar fase. Pendekatan yang lebih fleksibel dan iteratif ini kemudian dipertegas oleh Molenda (2003) dan Branch (2009) yang menjelaskan bahwa ADDIE bukanlah model kaku, melainkan kerangka kerja yang adaptif dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik maupun tujuan pembelajaran.

Gambar 2.2 Model ADDIE dalam Bentuk Dinamis



(Sumber: Branch, 2009)

Perubahan ini menjadikan model ADDIE lebih fleksibel dan sesuai dengan perkembangan zaman, karena tidak hanya mengikuti alur proses secara kaku, tetapi juga memberikan ruang bagi peneliti untuk melakukan penyesuaian berdasarkan umpan balik yang terus-menerus. Oleh karena itu, model ADDIE tetap relevan hingga saat ini dan banyak digunakan dalam pengembangan media

pembelajaran, baik di lingkungan pendidikan maupun pelatihan profesional. Fleksibilitas dan pendekatannya yang sistematis menjadikan model ini sebagai salah satu landasan penting dalam merancang pengalaman belajar yang efektif dan efisien.

Model ADDIE merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam pengembangan model atau produk pembelajaran. Model ini memiliki kelebihan dalam hal validitas produk, karena setiap tahap pengembangan didasarkan pada proses perancangan yang mendalam dan disertai evaluasi sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Selain itu, model ADDIE memiliki alur yang terstruktur dan sistematis, sehingga memudahkan dalam pelaksanaan pengembangan. Meskipun demikian, model ini juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain dalam penerapannya diperlukan waktu yang lama, terlalu banyak aturan, dan kurang fleksibel.

Model ADDIE memungkinkan penelitian dan pengembangan produk berupa media e-komik “TIGE-AR” berbasis *Augmented Reality* ini berjalan secara terencana dan terorganisir dengan baik. Dengan demikian, produk yang dikembangkan diharapkan lebih efektif dan selaras dengan tujuan penelitian, yaitu mencapai kemampuan pemecahan masalah siswa dalam materi transformasi geometri.

B. Media Pembelajaran

1. Pengertian Media Pembelajaran

Media pembelajaran merupakan salah satu bagian yang mempunyai peran cukup signifikan dan penting dalam kegiatan pembelajaran. Media pembelajaran

merujuk pada segala sumber atau alat yang digunakan untuk menyampaikan informasi dan materi pembelajaran. Jamaludin dkk. (2023) berpendapat bahwa media pembelajaran adalah alat yang memfasilitasi proses mengajar, baik itu dalam bentuk fisik maupun digital yang berfungsi untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. Media pembelajaran berperan dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses belajar dengan memfasilitasi interaksi antara guru dan siswa.

Abdullah dkk. (2024) menambahkan bahwa media pembelajaran bisa mencakup dalam berbagai bentuk maupun *platform* yang secara umum bertujuan untuk membangun komunikasi yang lebih kuat dan terarah antara guru dan siswa. Dengan penggunaan media pembelajaran yang tepat dapat mendorong partisipasi aktif siswa dalam proses pembelajaran, sehingga mereka tidak hanya berperan sebagai penerima informasi secara pasif. Menurut Sari & Gautama (2022), pemilihan media pembelajaran yang tepat sangat penting untuk dilakukan karena dapat mempengaruhi kualitas pembelajaran. Media yang baik tidak hanya sekedar dapat menarik perhatian siswa, namun juga dapat mempermudah mereka dalam memahami konsep-konsep yang disajikan secara kompleks. Sehingga, media pembelajaran memegang peranan penting dalam menciptakan lingkungan belajar yang kondusif, dimana siswa dapat mengeksplorasi lebih dalam lagi keterampilan berpikir kritis dan kreatif yang ada dalam dirinya.

Secara keseluruhan, media pembelajaran dapat diartikan sebagai salah satu bagian yang penting dalam dunia pendidikan karena mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran dan hasil belajar siswa. Melalui pemanfaatan media yang disajikan secara lebih bervariasi dan inovatif, diharapkan proses

pembelajaran dapat menarik perhatian dan minat siswa sehingga pembelajaran yang dilakukan terasa lebih menyenangkan.

2. Prinsip Pemilihan Media Pembelajaran

Sesuai atau tidaknya sebuah media yang dipakai oleh guru dalam proses pembelajaran dapat dilihat berdasarkan beberapa prinsip dalam media pembelajaran. Menurut Miftah & Rokhman (2022) prinsip-prinsip yang perlu diperhatikan dalam memilih pembelajaran yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Media pembelajaran yang digunakan mendukung pada tercapainya tujuan pembelajaran. Media belajar yang akan digunakan mampu membuat siswa merasa terbantu dalam kegiatan belajar yang sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin diraih, bukan hanya sekedar membuat guru lebih mudah menyampaikan materi.
- b. Media pembelajaran yang digunakan harus sesuai dengan materi yang akan guru sampaikan di kelas. Media pembelajaran harus disesuaikan dengan kompleksitas materi yang akan disampaikan karena setiap materi ajar memiliki karakteristik yang berbeda.
- c. Media pembelajaran menyesuaikan kebutuhan, minat, dan kondisi siswa. Guru perlu memperhatikan dan memfasilitasi setiap kompetensi dan gaya belajar yang dimiliki oleh masing-masing siswa.
- d. Media pembelajaran yang digunakan mempertimbangkan aspek efektivitas dan efisiensi. Media pembelajaran dapat dikatakan baik diukur dari ketercapaian tujuan pembelajaran, bukan berdasarkan mahal atau tidaknya.

- e. Media pembelajaran menyesuaikan dengan kompetensi guru saat penggunaannya. Hal ini perlu diperhatikan bahwasannya guru harus sudah mahir dan menggunakan media yang dikembangkan untuk mempermudah siswa dalam kegiatan belajar.

3. Ciri-ciri Media Pembelajaran

Ciri-ciri yang dimiliki media pembelajaran, khususnya dalam bidang pendidikan dapat menjadi tolak ukur dalam mengidentifikasi keberagaman media. Menurut Wulandari dkk. (2023) suatu media dapat digunakan untuk pembelajaran apabila memiliki beberapa karakteristik tertentu antara lain sebagai berikut:

- a. Ciri fiksatif (*fixative property*). Ciri ini menggambarkan bahwa sebuah media mampu menyimpan dokumentasi yang dapat dilihat sewaktu-waktu.
- b. Ciri manipulatif (*manipulative property*). Ciri ini menggambarkan bahwa media mampu melakukan perubahan terhadap peristiwa atau objek, baik itu mempercepat atau memperlambat durasi dari sebuah peristiwa yang terjadi.
- c. Ciri distributif (*distributive property*). Ciri ini menggambarkan bahwa media dapat mengubah suatu peristiwa atau objek secara bersamaan dalam lingkup ruang dan waktu yang kompleks. Sehingga media dapat diakses oleh siswa secara berulang kali.

4. Fungsi Media Pembelajaran

Fungsi dasar penggunaan media saat pembelajaran yaitu sebagai alat dalam mempermudah penjelasan materi yang akan disampaikan oleh guru kepada siswa sehingga kegiatan pembelajaran yang dilakukan lebih bervariasi, tidak hanya mengandalkan metode konvensional saja untuk menyampaikan materi. Fungsi

media pembelajaran secara lebih luas menurut Hasan dkk. (2021) diantaranya, yaitu:

- a. Fungsi media sebagai sumber belajar siswa. Pada fungsi ini media pembelajaran mampu memfasilitasi proses penyampaian materi kepada siswa menjadi lebih interaktif sehingga pembelajaran lebih berpusat pada siswa (*student center*).
- b. Fungsi semantik. Dimana media pembelajaran mampu memberikan pengetahuan tambahan kepada siswa yang sesuai dengan pembelajaran.
- c. Fungsi manipulatif. Dimana media mampu menyelesaikan berbagai keterbatasan sehingga memberikan kesempatan kepada siswa untuk melihat, mengamati, dan mempelajari objek dalam bentuk visual secara lebih nyata.
- d. Fungsi psikologis. Dimana media mampu memberikan pengaruh secara tidak langsung kepada siswa dalam hal kondisi mental, perilaku, maupun pikiran dengan memperhatikan ketepatan penerapan media pembelajaran.
- e. Fungsi sosio-kultural. Media pada fungsi ini dapat mengembangkan komunikasi terkait sosial budaya masyarakat selama proses pembelajaran, utamanya siswa di Indonesia yang memiliki ragam budaya dengan tingginya tingkat sosio-kultural.

5. Klasifikasi Media Pembelajaran

Media pembelajaran dapat dibedakan berdasarkan tujuan penggunaan dan karakteristik media pembelajaran. Berikut merupakan klasifikasi media pembelajaran menurut Kristanto (2016) diantaranya yaitu:

- a. Media visual merupakan salah satu media yang dalam penyampaian informasinya menggunakan bentuk komunikasi visual yang dapat diamati

dengan mudah seperti media foto, simbol, diagram, tabel, kartun, grafik, dan bentuk visual lainnya.

- b. Media audio merupakan sebuah media yang dalam penyampaian pesan atau informasinya melalui kalimat-kalimat verbal dalam bentuk komunikasi auditif dengan melibatkan indera pendengaran.
- c. Media audio-visual merupakan kombinasi antara media audio dan media visual yang didalamnya melibatkan indera pendengaran dan penglihatan, sehingga pesan atau informasi mampu disampaikan melalui bentuk komunikasi verbal sekaligus auditif seperti media film, video, slide powerpoint, televisi, dan lainnya.
- d. Media cetak merupakan media yang sering digunakan selama proses pembelajaran, dimana menyajikan informasi terkait materi ajar melalui lembaran-lembaran kertas seperti media modul, buku ajar, *handout*, dan media cetak lainnya.
- e. Media manipulatif merupakan media konkret dengan sifat tiga dimensi yaitu memiliki bentuk dan ruang berupa volume yang dapat disentuh, dipindahkan, digeser, dan dioperasikan oleh siswa saat proses belajar dilaksanakan. Sehingga media mampu memberikan kesempatan kepada siswa untuk memahami konsep materi secara lebih mendalam.
- f. Media berbasis komputer merupakan media dengan integrasi penyampaian informasi melalui komputer atau lebih dikenal dengan proses digitalisasi sehingga siswa dapat mempelajari materi pada layar kaca seperti media yang diakses melalui laptop, komputer, hp, proyektor, dan media digital lainnya.

Jenis media pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini tergolong dalam media pembelajaran berbasis komputer yang menerapkan konsep audio-visual. Artinya media memanfaatkan proses digitalisasi sehingga siswa dapat mengaksesnya secara mandiri melalui layar *smartphone*. Dimana media yang digunakan disampaikan dalam bentuk audio-visual yang didalamnya menampilkan cerita dan diiringi penjelasan yang mampu menambah pemahaman siswa. Pemilihan media digital ini didukung dengan penelitian oleh Prayoga dkk. (2024) yang mengatakan bahwa penerapan media digital dapat meningkatkan hasil belajar dan siswa mampu secara aktif mengikuti proses pembelajaran sehingga siswa dapat bekerja sama dalam kelompoknya untuk memecahkan permasalahan matematika yang diberikan.

C. Media Pembelajaran E-Komik

1. Definisi E-Komik

Komik merupakan cerita bergambar yang terdiri dari teks bacaan serta dialog singkat. Hal tersebut tentunya akan memudahkan pembaca dalam memahami suatu cerita. Komik sebagai suatu bentuk kartun yang menyajikan suatu cerita dalam urutan yang erat dihubungkan dengan gambar dan dirancang untuk memberikan hiburan kepada pembaca (Putra & Milenia, 2021). Komik dapat digunakan di dunia pendidikan karena komik dapat dirancang sesuai dengan materi yang akan diajarkan. Selain itu komik dapat merangsang imajinasi peserta didik, sehingga peserta didik dapat lebih memahami materi yang disampaikan. Penggunaan media komik dalam proses pembelajaran yang

sifatnya sederhana dan mudah dipahami akan menarik minat peserta didik untuk lebih mendalami materi.

Komik juga dapat disajikan dalam bentuk digital untuk mempermudah mengaksesnya. E-komik adalah komik elektronik yang merupakan sebuah komik digital. Jika komik pada umumnya terdiri dari kumpulan kertas dalam versi cetak yang dapat berisikan teks atau gambar, maka e-komik berisikan teks dan gambar berwujud digital. Teks dan gambar yang disajikan dalam e-komik memudahkan untuk memahami materi atau informasi yang disampaikan (Khotimah dkk., 2021).

Berdasarkan uraian dan beberapa pendapat ahli diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa e-komik matematika merupakan gambar yang disajikan secara berurutan yang dimaksudkan untuk menyampaikan materi atau informasi tentang tentang konsep-konsep matematika dalam bentuk digital dengan format elektronik.

2. Fungsi E-Komik

E-komik atau komik elektronik memiliki berbagai fungsi yang dapat mendukung pembelajaran, utamanya dalam era digital saat ini. Berikut beberapa fungsi utama e-komik dalam pendidikan:

a. Meningkatkan Minat Belajar

E-komik menyajikan materi pembelajaran dengan cara visual dan tentunya menarik, yang bisa membantu siswa lebih antusias dalam belajar. Dengan cerita bergambar dan warna-warna yang menarik, pembelajaran dapat menjadi lebih menyenangkan dan tidak membosankan.

b. Meningkatkan Pemahaman Materi

E-komik memiliki kemampuan untuk memvisualisasikan konsep abstrak dengan cara yang lebih nyata. Misalnya, e-komik dapat membantu siswa memahami konsep matematika atau sains dengan lebih baik.

c. Mempermudah Penjelasan Konsep

Dengan menggabungkan teks dan gambar, e-komik membantu menjelaskan konsep yang mungkin sulit dipahami hanya dengan teks. Selain itu, penggunaan dialog antar-karakter dapat membantu menjelaskan ide atau solusi dengan cara yang lebih interaktif.

d. Interaktif dan Dinamis

E-komik berbasis digital biasanya memiliki komponen pendukung yang interaktif seperti *Augmented Reality* (AR) atau *hyperlink*, yang dapat menambah pengalaman baru ke dalam pembelajaran. Pengalaman belajar yang lebih dinamis dihasilkan dari ini, yang memungkinkan siswa untuk berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran.

e. Meningkatkan Keterampilan Membaca Visual

E-komik membantu siswa membaca dan memahami informasi yang disajikan dalam bentuk visual. Ini penting dalam dunia modern di mana informasi sering disampaikan melalui media visual seperti diagram, grafik, atau infografis.

f. Membantu Penyampaian Nilai-Nilai atau Moral

E-komik juga dapat digunakan untuk menyampaikan pesan moral atau nilai pendidikan dengan cara yang menyenangkan dan tidak terkesan menggurui, terutama untuk siswa usia dini dan sekolah dasar.

3. E-Komik sebagai Media Pembelajaran

Dengan adanya media pembelajaran e-komik, proses pembelajaran menjadi lebih menyenangkan, menarik, dan mampu meminimalisir kesalahpahaman tentang materi yang disampaikan. Sehingga dengan hadirnya media pembelajaran e-komik akan semakin meningkatkan pemahaman siswa atas materi yang disampaikan dalam proses pembelajaran. Dalam penelitian ini, peneliti mengembangkan jenis komik pendidikan berbentuk digital, karena tujuan dibuatnya komik adalah untuk tujuan edukasi dan penyampaian materi kepada peserta didik. Dimana peneliti memasukkan permasalahan sehari-hari ke dalam cerita komik agar siswa lebih memahami konsep pemecahan masalah dalam materi transformasi geometri.

D. Media Pembelajaran *Augmented Reality*

1. Definisi *Augmented Reality*

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang mengintegrasikan ke dalam dunia nyata kemudian memproyeksikan dalam waktu yang nyata (*real time*) objek maya dua dimensi dan tiga dimensi (Hartanti & Kurniawan, 2022). Tujuan *Augmented Reality* (AR) adalah untuk meningkatkan pemahaman pengguna dengan menggabungkan tampilan dunia nyata dan elemen virtual. Informasi tambahan yang ditampilkan, seperti suara, lokasi, atau latar belakang, membuat pengalaman belajar menjadi lebih kontekstual dan mendalam.

AR adalah kombinasi antara dunia maya (virtual) dan dunia nyata (*real*) yang dibuat oleh komputer. Objek virtual dapat berupa teks, animasi, model 3D atau video yang digabungkan dengan lingkungan sebenarnya sehingga pengguna

merasakan objek virtual berada di lingkungannya. AR memiliki cukup banyak manfaat yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang, antara lain kesehatan, manufaktur, dan reparasi, hiburan, militer, serta pendidikan. AR dapat memberikan gambaran atau informasi yang dapat lebih mudah dipahami oleh pengguna. Karena kelebihan yang dimiliki, AR dapat dimanfaatkan untuk membuat aplikasi pembelajaran yang dapat mendukung proses belajar mengajar.

2. Fungsi *Augmented Reality*

AR dapat diterapkan pada berbagai perangkat, seperti ponsel dan kacamata. Selain itu, diperlukan sejumlah data seperti video, gambar, animasi, dan model 3D guna memastikan kinerja yang optimal. Dengan demikian, pengguna dapat melihat hasilnya baik itu dalam cahaya alami maupun buatan. AR memanfaatkan teknologi SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*), sensor, dan pengukur kedalaman. Proses ini melibatkan pengumpulan data berupa sensor untuk menentukan perkiraan jarak dari lokasi sensor ke objek. AR terdiri dari berbagai komponen utama yang meliputi sensor kamera, proyeksi, dan refleksi. Terdapat beberapa jenis teknologi AR, antara lain *Marker Based Augmented Reality*, *Markerless Augmented Reality*, *Projection Based Augmented Reality*, dan *Superimposition-Based Augmented Reality* (Hartanti & Kurniawan, 2022).

Dalam media pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti menggunakan teknologi AR jenis *Marker Based Augmented Reality* karena kemudahan dalam implementasi dan ketepatan dalam menampilkan objek virtual (Masrura & Anistyasari, 2022). Dengan menggunakan marker, aplikasi AR dapat dengan mudah mengenali posisi dan orientasi objek di dunia nyata, sehingga objek virtual dapat ditampilkan secara akurat di atasnya.

3. *Augmented Reality* sebagai Media Pembelajaran

Augmented Reality (AR) dapat digunakan dalam berbagai bentuk pembelajaran, seperti memberikan presentasi, memperkirakan objek, menggunakan peralatan yang meningkatkan kinerja, dan mensimulasikan kinerja alat (Astuti & Mahardika, 2021). AR berfungsi sebagai alat perantara antara guru dan siswa dalam kelas, memungkinkan mereka untuk berkomunikasi, berbagi informasi, dan membuat proses pembelajaran interaktif dan efektif.

Dalam penelitian ini, *Augmented Reality* digunakan untuk mensimulasikan proses transformasi yang melibatkan pengalaman secara nyata. Mereka akan terlibat langsung dalam mengidentifikasi jenis transformasi. Sehingga siswa merasa lebih tertarik dan bisa memahami materi lebih mudah.

E. *Problem Based Learning* (PBL)

1. Definisi *Problem Based Learning* (PBL)

Problem Based Learning (PBL) sebagai sebuah pendekatan pembelajaran merupakan strategi yang menempatkan permasalahan sebagai titik awal pembelajaran yang bermakna. Menurut Nurhadi (2020), pendekatan PBL berfokus pada bagaimana siswa belajar melalui penyelesaian masalah nyata yang relevan dengan kehidupan mereka. Hal ini sejalan dengan pendapat Arends (2014) yang menyatakan bahwa pendekatan PBL melatih siswa untuk berpikir kritis dan kreatif melalui eksplorasi serta pencarian solusi terhadap suatu masalah. Dalam pendekatan ini, siswa tidak hanya mengingat informasi, tetapi membangun pemahaman melalui proses berpikir, diskusi, dan refleksi. Oleh

karena itu, pendekatan PBL membantu menciptakan suasana belajar yang aktif, kolaboratif, dan bermakna (Wulandari & Hidayat, 2022).

Dalam konteks pengembangan media, pendekatan ini digunakan sebagai dasar dalam membangun alur cerita atau narasi e-komik agar siswa dapat belajar melalui pengalaman memecahkan masalah secara tidak langsung melalui karakter atau peristiwa dalam cerita. Pendekatan ini dianggap efektif untuk menstimulasi keterlibatan kognitif siswa karena memungkinkan mereka mengikuti tahapan berpikir kritis dan pemecahan masalah dalam bentuk narasi.

Dalam penelitian ini, pendekatan PBL diimplementasikan melalui desain naratif e-komik yang mengikuti alur berpikir pemecahan masalah mulai dari identifikasi masalah, pengorganisasian, penyelidikan, penyajian hasil, dan evaluasi. Karakter dalam komik merepresentasikan peran siswa dalam pembelajaran berbasis masalah, sehingga memudahkan siswa memahami proses berpikir secara kontekstual.

2. Karakteristik *Problem Based Learning* (PBL)

Pendekatan *Problem Based Learning* (PBL) memiliki sejumlah karakteristik yang membedakannya dari pendekatan lain karena berfokus pada pemecahan masalah nyata, partisipasi aktif siswa, dan pembelajaran yang bermakna. Menurut Suryosubroto (2009) pendekatan ini menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran, di mana mereka dilatih untuk berpikir kritis, kreatif, dan mandiri. Pendapat serupa juga dikemukakan oleh Sari dkk. (2022) yang menyatakan bahwa pendekatan PBL menekankan pada kegiatan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*), refleksi, dan kerja kolaboratif.

Adapun menurut Syamsidah & Suryani (2018) karakteristik utama dari pendekatan PBL dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Berbasis masalah nyata dan kontekstual. Pembelajaran dimulai dari masalah kontekstual yang dekat dengan kehidupan siswa, mendorong mereka untuk berpikir kritis dalam mencari solusi.
- b. Pembelajaran berpusat pada siswa (*student-centered*). Siswa menjadi penggerak utama proses belajar, sementara guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing arah penyelidikan.
- c. Kolaboratif, dimana siswa bekerja sama dalam kelompok kecil untuk mendiskusikan ide, menyusun solusi, dan saling belajar satu sama lain.
- d. Mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Aktivitas pembelajaran mendorong siswa menganalisis, mengevaluasi, dan mensintesis informasi untuk menyelesaikan masalah.
- e. Reflektif, dimana siswa diajak untuk merefleksikan proses dan hasil belajarnya agar lebih sadar terhadap perkembangan dan strategi belajarnya.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan media e-komik “TIGE-AR” berbasis *Augmented Reality* dalam pendekatan pembelajaran PBL yang sudah disesuaikan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yolanda dkk. (2023) yang memperlihatkan hasil bahwa diterapkannya pendekatan PBL terbukti efektif dan berpengaruh secara tidak langsung dalam keterampilan matematika siswa khususnya pada siswa di jenjang SMA/MA. Selain itu pendekatan PBL juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah dibanding dengan kemampuan matematika lainnya.

4. Tahapan *Problem Based Learning* (PBL)

Sebagai bentuk pelengkap dari pendekatan *Problem Based Learning* (PBL) yang diimplementasikan dalam pengembangan media e-komik, penelitian ini juga menerapkan model PBL dalam proses pembelajaran di kelas. Model ini berfungsi untuk memastikan bahwa pengalaman belajar siswa tidak hanya terbangun melalui narasi berbasis masalah dalam media, tetapi juga melalui aktivitas pembelajaran langsung yang terstruktur dan sistematis sesuai tahapan pemecahan masalah.

Proses pembelajaran dengan diterapkannya model PBL pertama kali dipopulerkan oleh Barrows dan Tamblyn pada tahun 1980 dengan melibatkan kemampuan penyelesaian masalah siswa berlatar belakang dunia kedokteran (Andriana dkk., 2022). Tahapan kegiatan belajar yang menerapkan PBL umumnya dibagi atas 5 fase proses berdasarkan temuan oleh Arends (2014) yang dapat dijabarkan dalam penjelasan berikut.

- a. Tahap orientasi siswa terhadap masalah. Guru menjelaskan secara umum terkait tujuan pembelajaran dan apa saja yang bisa mendukung tercapainya tujuan pembelajaran, serta menyampaikan perlunya kontribusi dari seorang siswa dalam proses menemukan, mengajukan dugaan, dan memecahkan masalah.
- b. Tahap pengorganisasian siswa. Guru membantu siswa dalam proses memahami dan mengorganisasikan permasalahan dalam pembelajaran.
- c. Tahap memberikan bimbingan dan penyelidikan baik itu dalam kelompok atau individu. Guru mampu memotivasi siswa dalam proses mengumpulkan data untuk menunjang pemecahan masalah yang sedang dilakukan.

- d. Tahap pengembangan dan penyajian hasil. Guru membantu siswa untuk merencanakan dan mempersiapkan keperluan tugas yang berkaitan dengan laporan ataupun dokumentasi.
- e. Tahap analisis dan evaluasi dari penyajian hasil pemecahan masalah. Guru membantu siswa untuk merefleksikan serta mengevaluasi proses pembelajaran melalui presentasi siswa terkait hasil pemecahan masalah.

Tahapan proses pembelajaran yang menggunakan penerapan PBL dijelaskan pula oleh Mayasari dkk. (2022) yang menjelaskan bahwa pada tahap awal guru menyampaikan secara umum tujuan pembelajaran yang di dalamnya terdapat motivasi agar siswa mampu terlibat secara aktif dalam proses pemecahan masalah. Kemudian guru membagi siswa dalam beberapa kelompok kecil untuk mendiskusikan, mendefinisikan, dan mengorganisasikan permasalahan. Yang ketiga, guru memotivasi siswa untuk mengumpulkan semua data melalui kegiatan percobaan dan penyelidikan yang dapat digunakan untuk proses pemecahan masalah. Selanjutnya guru membantu dalam mempersiapkan pelaporan terkait hasil kerja. Dan yang terakhir guru memberikan bantuan kepada siswa untuk merefleksikan dan mengambil kesimpulan dari kegiatan presentasi penyajian hasil pemecahan masalah.

Dalam penelitian ini, narasi e-komik berbasis *Augmented Reality* "TIGER-AR" disusun dengan mengadaptasi langkah-langkah model *Problem Based Learning* (PBL). Langkah-langkah tersebut meliputi tahapan identifikasi masalah, pengorganisasian, penyelidikan, penyajian hasil, dan evaluasi (Sari dkk., 2024). Adaptasi ini dilakukan agar tahapan PBL dapat diterapkan secara

efektif dalam media e-komik, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif dan kontekstual sesuai karakteristik media tersebut.

5. Dampak *Problem Based Learning* (PBL)

Penerapan *Problem Based Learning* (PBL), baik sebagai pendekatan dalam pengembangan media maupun sebagai model dalam proses pembelajaran langsung, memberikan sejumlah dampak positif terhadap proses belajar siswa. Pendekatan PBL dalam media e-komik memberikan pengalaman belajar kontekstual dan menyenangkan melalui narasi berbasis masalah, sementara model PBL dalam pembelajaran di kelas memberikan struktur pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif, penyelidikan, dan kolaborasi.

Menurut Gani dkk. (2021), beberapa kelebihan dari penggunaan *Problem Based Learning* baik itu sebagai pendekatan ataupun sebagai model di antaranya:

- a. Siswa terbiasa dalam memecahkan permasalahan dengan menggali pengetahuannya secara mandiri, yang berguna dalam pemecahan masalah sehari-hari.
- b. Kegiatan pembelajaran yang terfokus pada permasalahan, membuat beban siswa memahami informasi diluar pembahasan menjadi sedikit berkurang.
- c. Siswa terbiasa mencari sumber pengetahuan sehingga mampu melakukan kegiatan dan komunikasi secara ilmiah melalui serangkaian tahapan proses yang dilakukan oleh kelompok.
- d. Siswa terbantu dalam menyelesaikan tugas karena dilakukan secara berkelompok, namun siswa tetap dapat menilai tingkat kemampuan belajarnya dilihat dari kontribusinya secara mandiri.

Dalam penelitian ini, penerapan model PBL dalam pembelajaran saling melengkapi dengan pendekatan PBL yang digunakan dalam media e-komik berbasis AR. Media dirancang dengan karakter dan alur cerita yang menghadirkan situasi masalah, proses berpikir, serta penyelesaian masalah secara bertahap, selaras dengan tahapan dalam model PBL. Hal ini menciptakan kesinambungan antara pengalaman belajar melalui media dan pengalaman belajar langsung di kelas.

Keselarasan antara penggunaan pendekatan dalam media dan model dalam pembelajaran menjadikan siswa tidak hanya belajar melalui cerita, tetapi juga menerapkan langsung proses berpikir pemecahan masalah melalui diskusi kelompok dan presentasi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Puspitasari dkk. (2022) yang menyatakan bahwa penerapan model PBL terhadap penggunaan media pembelajaran matematika di kelas terbukti dapat memberikan beberapa dampak positif meliputi pembelajarannya menjadi lebih baik dan lingkungan belajarnya terasa lebih aktif serta menyenangkan.

F. Kemampuan Pemecahan Masalah

1. Pengertian Kemampuan Pemecahan Masalah

Kemampuan pemecahan masalah merupakan satu dari beberapa kemampuan dasar matematis yang keberadaannya penting untuk dikuasai oleh siswa. Kemampuan pemecahan masalah diartikan sebagai suatu langkah penyelesaian permasalahan yang menitikberatkan pada pertimbangan dan penerapan pengetahuan yang sudah diperoleh sebelumnya yang kemudian disesuaikan dengan permasalahan yang dihadapi untuk mencapai tujuan

pembelajaran (Nurul, 2024). Dalam praktiknya di dunia pendidikan, setiap siswa pasti pernah atau bahkan sering mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan. Menurut Putri (2022) kemampuan pemecahan masalah merupakan urutan kegiatan yang di dalamnya mencakup beberapa aspek penyelesaian permasalahan yang kedepannya dapat lebih dikembangkan lebih lanjut. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa kemampuan pemecahan masalah adalah proses penyelesaian permasalahan yang menjadi kesulitan siswa berdasarkan langkah-langkah yang terstruktur.

2. Tahapan Pemecahan Masalah

Polya adalah salah satu tokoh yang mengemukakan tahapan pemecahan masalah dan banyak digunakan di dalam dunia pendidikan yang terkenal dengan nama *Polya's Approach*. Menurut Polya (2014) terdapat empat proses pemecahan masalah yang perlu diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan, yaitu:

- a. Memahami masalah (*Understand the problem*). Dimana siswa mulai untuk memahami permasalahan guna mendapatkan informasi apa saja yang tersaji di dalamnya dan dipakai untuk menentukan langkah selanjutnya.
- b. Membuat rencana penyelesaian masalah (*Devise a plan*). Setelah memahami permasalahan siswa menentukan rencana penyelesaian untuk memperoleh jawaban dengan merancang berbagai strategi sebagai salah satu media dalam pemecahan masalah.
- c. Melaksanakan rencana yang telah ditetapkan (*Carry out the plan*). Rencana penyelesaian yang sebelumnya telah disusun direalisasikan pada tahap ini dengan memeriksa dengan teliti setiap langkah pemecahan masalah, agar diperoleh solusi permasalahan yang benar dan tepat tentunya.

- d. Memeriksa kembali jawaban yang diperoleh (*Look back at the completed solution*). Jawaban yang sudah didapat diperiksa ulang dengan melihat apakah metode pemecahan masalah yang digunakan dapat dipakai untuk mendapatkan solusi dari penyelesaian masalah.

Pengembangan media dalam penelitian ini akan dikolaborasikan untuk melihat kemampuan pemecahan masalah siswa yang dalam prosesnya berpedoman pada langkah pemecahan masalah seperti yang telah dikemukakan oleh Polya di atas dan didukung oleh penelitian yang dilakukan Mareta dkk. (2021). Menurut Mareta dkk. (2021) tahapan pemecahan masalah sangat bergantung pada tahapan memahami masalah berdasarkan informasi yang tersaji dalam soal. Kemudian siswa membuat rencana penyelesaian masalah dengan memilih beberapa strategi yang tepat untuk digunakan. Selanjutnya siswa melaksanakan rencana yang telah dibuat sebelumnya yang berkaitan dengan perhitungan matematis. Dan yang terakhir, siswa memeriksa ulang jawaban yang diperoleh untuk membuktikan bahwa jawaban sudah sesuai.

Selain itu, Imanda dkk. (2022) juga menyatakan bahwa pada tahapan awal siswa mampu menuliskan apa yang ia ketahui dan apa yang hendak ditanyakan dalam soal sebagai bagian dari langkah memahami masalah. Kemudian siswa melakukan tahap merencanakan dengan menemukan konsep yang mampu menunjang pemilihan rumus yang akan dipakai. Tahap ketiga memungkinkan siswa untuk melaksanakan rencana dengan penyelesaian soal berdasarkan rumus yang telah didapat sebelumnya. Terakhir siswa memeriksa ulang jawaban yang mencakup langkah-langkah penyelesaian dan perhitungan soal yang sesuai sehingga diperoleh solusi yang tepat.

G. Transformasi Geometri

1. Pengertian Transformasi Geometri

Geometri merupakan salah satu bagian dari cabang matematika yang selalu dibahas dan dipelajari dari tingkat dasar, menengah, hingga perguruan tinggi. Salah satu cabang geometri yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah transformasi geometri. Transformasi geometri memberikan banyak kontribusi dalam perkembangan kemampuan matematika peserta didik. Hal ini diperkuat dengan argumen yang dikemukakan oleh Herman dkk. (2022) bahwa dengan mempelajari materi transformasi geometri dapat memberikan kesempatan yang luas bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan penalaran geometri guna memperkuat kemampuan pembuktian matematis. Dari pernyataan tersebut, transformasi geometri memiliki banyak peranan dalam mendukung perkembangan matematika siswa. Dimana dalam matematika siswa harus mampu menghubungkan, mengubah, dan memanipulasi antara konsep matematis dengan penalaran secara kreatif dan kritis untuk menemukan solusi terkait pemecahan masalah. Sehingga, transformasi geometri merupakan salah satu materi yang menunjang dan mendukung penggunaan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) pada siswa (Solikhah, 2021).

2. Fokus Materi Transformasi Geometri

Materi transformasi geometri termasuk salah satu materi pelajaran Matematika Tingkat Lanjut kelas XI tingkat SMA/MA. Dalam materi transformasi geometri memiliki beberapa poin pembahasan, diantaranya translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi. Materi tersebut sesuai dengan materi yang akan digunakan dalam pengembangan media e-komik “TIGE-AR” berbasis

Augmented Reality di kelas XI pada jenjang SMA/MA sesuai dengan panduan kurikulum merdeka. Berdasarkan pada buku modul Matematika Tingkat Lanjut Kelas XI yang diterbitkan oleh Kemendikbud tahun 2021, berikut merupakan materi transformasi geometri di kelas XI jenjang SMA/MA diantaranya, yaitu (Masta dkk., 2021):

a. Translasi (Pergeseran)

Translasi adalah salah satu jenis transformasi yang memindahkan titik-titik pada bidang berdasarkan jarak dan arah tertentu. Translasi ini yang menggeser setiap titik dari suatu objek dengan jarak yang sama dalam arah yang sama. Dalam translasi, bentuk dan ukuran objek tidak berubah, hanya posisinya yang berubah. Secara matematis, translasi dapat dinyatakan dengan rumus:

$$A(x, y) \xrightarrow{T} A'(x', y') \text{ sehingga } A(x, y) \xrightarrow{T(a,b)} A'(x + a, y + b)$$

Dimana (x, y) adalah koordinat awal dan (a, b) adalah vektor translasi yang menentukan sejauh mana dan ke arah mana objek digeser. Atau apabila dituliskan dengan matriks adalah sebagai berikut.

$$A' = A + T, \text{ dengan } T = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \text{ sehingga } \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + a \\ y + b \end{bmatrix}$$

b. Refleksi (Pencerminan)

Refleksi adalah bagian dari transformasi yang memindahkan titik-titik dengan sifat bayangan oleh suatu cermin. Pada pencerminan jarak titik pada bangun awal ke sumbu simetri sama dengan jarak titik pada bangun bayangan ke sumbu simetri. Refleksi adalah transformasi yang mencerminkan suatu objek terhadap garis tertentu, yang disebut sebagai garis refleksi. Refleksi mengubah orientasi objek, namun tetap mempertahankan bentuk dan

ukurannya. Secara umum refleksi dapat ditulis dalam bentuk pemetaan sebagai berikut.

$$A(x, y) \xrightarrow{M} A'(x', y')$$

Atau dalam persamaan matriks (perkalian matriks refleksi M dengan matriks titik A) dapat dituliskan dengan:

$$A' = MA$$

Karena rumus refleksi bergantung pada garis cermin yang digunakan, dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2.1 Rumus Refleksi

No	Refleksi	Pemetaan	Persamaan Matriks
0	Bentuk umum	$A(x, y) \xrightarrow{M} A'(x', y')$	$A' = MA$
1	Terhadap sumbu X ($M_{sb\ X}$)	$A(x, y) \xrightarrow{M_{sb\ X}} A'(x, -y)$	$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$
2	Terhadap sumbu Y ($M_{sb\ Y}$)	$A(x, y) \xrightarrow{M_{sb\ Y}} A'(-x, y)$	$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$
3	Terhadap garis $y = x$ ($M_{y=x}$)	$A(x, y) \xrightarrow{M_{y=x}} A'(y, x)$	$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$
4	Terhadap garis $y = -x$ ($M_{y=-x}$)	$A(x, y) \xrightarrow{M_{y=-x}} A'(-y, -x)$	$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$
5	Terhadap titik asal $0(0,0)$ (M_0)	$A(x, y) \xrightarrow{M_0} A'(-x, -y)$	$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$
6	Terhadap garis $x = a$ ($M_{x=a}$) Garis yang sejajar sumbu y	$A(x, y) \xrightarrow{M_{x=a}} A'(2a - x, y)$	$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2a \\ 0 \end{bmatrix}$
7	Terhadap garis $y = b$ ($M_{y=b}$) Garis yang sejajar sumbu x	$A(x, y) \xrightarrow{M_{y=b}} A'(x, 2b - y)$	$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 2b \end{bmatrix}$

(Sumber: Dokumen Pribadi Penulis)

c. Rotasi (Perputaran)

Rotasi adalah transformasi yang dilakukan dengan memutar setiap titik pada suatu bidang terhadap suatu pusat putar tertentu. Secara umum rotasi dapat ditulis dalam bentuk pemetaan sebagai berikut.

$$A(x, y) \xrightarrow{R_a} A'(x', y')$$

Rotasi sendiri dibedakan menjadi 2 yaitu sebagai berikut.

1. Jika titik $A(x, y)$ dirotasikan sebesar α dengan titik pusat $O(0,0)$ akan diperoleh bayangan $A'(x', y')$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos a & -\sin a \\ \sin a & \cos a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

2. Jika titik $A(x, y)$ dirotasikan sebesar α dengan titik pusat $P(m, n)$ akan diperoleh bayangan $A'(x', y')$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos a & -\sin a \\ \sin a & \cos a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - m \\ y - n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m \\ n \end{bmatrix}$$

d. Dilatasi (Perkalian)

Dilatasi adalah transformasi yang mengubah jarak titik-titik dengan faktor skala tertentu dan pusat dilatasi tertentu. Dilatasi dapat menyebabkan perubahan ukuran, tetapi bentuk objek tetap dipertahankan. Dilatasi dibedakan menjadi 2 yaitu sebagai berikut.

1. Jika titik $A(x, y)$ didilatasikan dengan skala k dengan titik pusat $O(0,0)$ akan diperoleh bayangan $A'(x', y')$, dengan rumus:

$$A(x, y) \xrightarrow{D_k} A'(kx, ky)$$

Atau jika dituliskan dalam bentuk persamaan matriks, yaitu:

$$A' = kA$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = k \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ atau } \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

2. Jika titik $A(x, y)$ didilatasikan dengan skala k dengan titik pusat $P(m, n)$ akan diperoleh bayangan $A'(x', y')$, dengan rumus:

$$A(x, y) \xrightarrow{D_{(P,k)}} A'(k(x - m) + m, k(y - n) + n)$$

Atau jika dituliskan dalam bentuk persamaan matriks, yaitu:

$$A' = k(A - P) + P$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = k \begin{bmatrix} x - m \\ y - n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m \\ n \end{bmatrix} \text{ atau } \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k & 0 \\ 0 & k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m \\ n \end{bmatrix}$$

Masing-masing pembahasan dalam transformasi geometri memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya. Keterkaitan ini menggambarkan bagaimana setiap transformasi geometri merupakan variasi dari operasi dasar yang sama, yang semuanya dapat digunakan untuk mengubah, memindahkan, dan memanipulasi bentuk dalam ruang dua atau tiga dimensi tanpa mengubah sifat-sifat dasar dari objek tersebut.

H. Canva

1. Pengertian Canva

Canva merupakan aplikasi yang memudahkan pemula untuk membuat desain grafis yang tersedia dalam bentuk web dan perangkat seluler. Selain itu Canva juga menyediakan berbagai *template* yang semakin memudahkan semua kalangan untuk bisa mendesain. Canva sendiri menyediakan berbagai produk untuk memudahkan pembelajaran seperti presentasi, video pembelajaran, ataupun modul. Tidak hanya dalam bidang pendidikan, Canva juga mendukung pembuatan produk untuk bidang yang lain seperti industri ataupun media kreatif berupa poster, postingan media sosial, foto profil, dan spanduk (Parinduri, 2023). Adanya Canva dapat mempermudah dan menghemat waktu penggunaanya dalam membuat desain media karena mampu menggabungkan dengan cepat berbagai gambar, *template*, ilustrasi, dan *font* (Hasibuan & Hasibuan, 2024).

Guru dapat menggunakan Canva untuk menampilkan video, animasi, teks, audio, gambar, maupun grafik sesuai dengan kreasi yang diinginkan. Sehingga guru bisa memperkirakan tampilan bagaimana yang dapat mempermudah siswa untuk memahami materi dan tentunya menarik untuk dilihat siswa (Anatarsya dkk., 2024). Penelitian ini menggunakan Canva untuk mendesain e-komik matematika yang akan dikolaborasikan dengan AR. Banyaknya fitur dan animasi memudahkan peneliti untuk menciptakan suatu karakter yang lucu sehingga bisa membuat siswa tertarik untuk mempelajari materi.

2. Kelebihan Canva

Canva merupakan salah satu *platform* desain grafis yang sangat populer karena kemudahan penggunaannya. Alat ini dirancang untuk membantu siapa saja, baik pemula maupun profesional, dalam menciptakan desain yang menarik tanpa perlu keterampilan teknis yang mendalam. Menurut Wulandari & Mudinillah (2022) berikut adalah beberapa kelebihan Canva.

- a. Ketersediaan berbagai fitur yang memfasilitasi kreativitas dalam membuat desain media.
- b. Kepraktisan dalam membuat media sehingga dapat menghemat waktu.
- c. Kemudahan akses Canva yang tidak membutuhkan penyimpanan yang besar dan perangkat yang memiliki spesifikasi tinggi. Selain itu Canva juga dapat diakses melalui laptop ataupun hp.

3. Kekurangan Canva

Meskipun Canva memiliki banyak kelebihan, *platform* ini juga memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan, terutama bagi pengguna yang

memerlukan kontrol lebih dalam proses desain grafis. Berikut adalah beberapa kelemahan Canva (Resmini dkk., 2021):

- a. Canva bergantung pada jaringan internet yang memiliki kecepatan stabil. Sehingga Canva tidak bisa digunakan secara *offline* dan mengharuskan terkoneksi sambungan internet.
- b. Fitur-fitur yang lebih menarik dan profesional tersedia dalam versi berbayar.
- c. Karena menggunakan template, kemungkinan untuk memiliki desain yang sama dengan orang lain pasti ada.

I. Unity 3D

1. Pengertian Unity 3D

Unity 3D adalah platform pengembangan yang umum digunakan untuk menciptakan game, simulasi interaktif, hingga aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR). Unity juga mendukung pengembangan 2D dan telah menjadi alat utama bagi banyak pengembang karena kemampuannya yang fleksibel dan antarmukanya yang ramah pengguna. Unity memungkinkan pengembang mengeksplorasi objek dalam ruang tiga dimensi melalui sistem navigasi yang intuitif, serupa dengan perangkat lunak pemodelan seperti *Blender 3D*.

Pada saat peluncurannya di tahun 2005, Unity hanya tersedia untuk sistem operasi dari produk Apple yaitu *platform* Mac dan diperkenalkan dalam acara rutin *Apple's Worldwide Developers Conference* seperti yang dijelaskan oleh Stevanus (2022). Namun seiring dengan berjalannya waktu, Unity telah

berkembang menjadi perangkat lunak yang bisa digunakan dalam berbagai *platform* baik itu pada sistem operasi milik Windows maupun Linux.

Dalam penelitian ini, Unity 3D digunakan sebagai *platform* utama untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif TIGE-AR, yaitu media e-komik berbasis AR untuk materi transformasi geometri. Unity dimanfaatkan untuk mengintegrasikan fitur-fitur interaktif, animasi, dan visualisasi objek transformasi geometri. Untuk mewujudkan pengalaman *Augmented Reality*, pengembangan ini juga menggunakan Vuforia SDK yang terintegrasi langsung dalam Unity. Vuforia memungkinkan aplikasi mengenali *marker* (penanda visual) dan menampilkan objek 3D atau animasi transformasi geometri secara langsung melalui kamera perangkat, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata dan bermakna bagi siswa.

2. Kelebihan Unity 3D

Unity 3D telah menjadi salah satu *platform* terdepan untuk pengembangan game, aplikasi, dan simulasi interaktif. Dengan berbagai fitur canggih dan dukungan komunitas yang luas, Unity 3D telah digunakan oleh *developer* dari berbagai tingkat keahlian, baik pemula maupun profesional. Berikut adalah beberapa kelebihan utama Unity 3D (Mustagfirin & Kurniawan, 2023):

- a. Mudah digunakan oleh pemula, termasuk dalam pembuatan objek dan animasi.
- b. Tersedia banyak asset gratis di *asset store* yang membantu proses pembuatan media.
- c. Mendukung *Augmented Reality* melalui integrasi dengan Vuforia.
- d. Bisa digunakan tanpa biaya dengan versi *Unity Personal*.

- e. Aplikasi yang dihasilkan dapat dijalankan di berbagai *platform*, seperti komputer dan android.
- f. Terintegrasi dengan fitur *text editor* yang menghubungkan secara langsung dengan *coding*.

Dalam konteks media pembelajaran TIGE-AR, kelebihan ini sangat mendukung pembuatan animasi transformasi geometri yang interaktif, serta integrasi dengan fitur AR menggunakan Vuforia.

3. Kekurangan Unity 3D

Meskipun unity 3D adalah salah satu platform pengembangan game paling populer di dunia, ada beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan oleh developer, terutama jika proyek mereka memerlukan kemampuan teknis yang lebih mendalam atau spesifik. Menurut Ferdi & Arnomo (2022) Unity 3D memiliki beberapa kekurangan yaitu:

- a. Menyimpan lebih banyak memori, ini dapat menyebabkan kesalahan di perangkat seluler dan masalah *debug*.
- b. Beberapa fitur lanjutan hanya tersedia di versi berbayar.
- c. Proses *build* (mengubah proyek menjadi file aplikasi) bisa memakan waktu lama, terutama saat pertama kali dilakukan atau pada komputer dengan spesifikasi rendah.

Namun demikian, untuk keperluan pengembangan media TIGE-AR, Unity tetap sangat efektif digunakan karena kemudahannya dan kemampuannya dalam mendukung fitur AR secara interaktif.

J. Media Pembelajaran TIGE-AR

Media pembelajaran merupakan alat bantu yang digunakan dalam proses belajar mengajar untuk menyampaikan informasi pembelajaran agar lebih efektif dan mudah dipahami oleh siswa. Menurut Sadiman dkk. (2012) media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan pembelajaran guna merangsang perhatian, minat, pikiran, dan perasaan siswa dalam kegiatan belajar.

Media TIGE-AR ini secara umum terdiri atas 3 komponen penting yang meliputi narasi e-komik, ringkasan materi yang didalamnya terdapat simulasi AR, dan yang terakhir latihan soal. Media ini dikembangkan dengan pendekatan *Problem Based Learning* (PBL), di mana narasi yang disusun dalam bentuk e-komik menggambarkan langkah-langkah pendekatan PBL seperti identifikasi masalah, pengorganisasian, penyelidikan, penyajian hasil, dan evaluasi. Media ini bertujuan untuk membantu siswa memahami konsep transformasi geometri secara kontekstual dan bermakna.

Penggunaan e-komik sebagai bagian dari media pembelajaran didasarkan pada penelitian yang menunjukkan bahwa komik dapat meningkatkan minat belajar, membantu pemahaman konsep melalui alur cerita, serta mendukung keterlibatan emosional siswa dalam pembelajaran. Penelitian oleh Yolan, Haryadi, & Irvandi (2023) menunjukkan bahwa penggunaan media e-komik berbasis PBL dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa secara signifikan.

Fitur *Augmented Reality* (AR) dalam media ini dikembangkan menggunakan *platform* Unity yang terintegrasi dengan Vuforia SDK. AR digunakan untuk

menampilkan proses transformasi geometri secara visual dan interaktif, seperti translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi. Teknologi ini memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dan menyenangkan karena siswa dapat melihat langsung perubahan bentuk bangun geometri berdasarkan transformasi yang dipelajari. Penelitian oleh Kristina dkk. (2023) menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis AR efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan minat belajar matematika siswa.

Dengan menggabungkan narasi berbasis pendekatan PBL dan teknologi AR, media TIGE-AR dirancang tidak hanya untuk meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga membangun keterampilan pemecahan masalah dan menjadikan pembelajaran lebih aktif, menyenangkan, serta relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa. Selain membantu siswa memahami materi, kombinasi e-komik dan AR dalam media TIGE-AR juga dibuat agar sesuai dengan kebiasaan siswa zaman sekarang yang akrab dengan teknologi digital. Cerita bergambar yang menarik dan tampilan visual transformasi geometri yang bisa digerakkan langsung membuat siswa lebih tertarik dan tidak mudah bosan. Dengan cara ini, pembelajaran matematika bisa terasa lebih dekat dengan kehidupan sehari-hari, lebih menyenangkan, dan tetap melatih kemampuan berpikir kritis serta memecahkan masalah.