

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekolah Dasar Negeri 012 Kepenuhan adalah lembaga pendidikan yang telah beroperasi selama lebih dari dua dekade di Desa Kepenuhan Timur, Kecamatan Kepenuhan, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau. Selama perjalanannya, sekolah ini dikenal memiliki manajemen kelembagaan yang baik, tenaga pendidik berpengalaman, sistem keuangan yang transparan, dan lingkungan belajar yang kondusif. Namun, pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran masih belum optimal. Meskipun sekolah telah menerima bantuan tablet dari pemerintah untuk pelaksanaan ujian berbasis online, perangkat tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal dalam kegiatan belajar mengajar. Banyak guru belum menyadari bahwa tablet juga dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif, seperti aplikasi edukatif.

Berdasarkan hasil wawancara dengan wali kelas 4 SD Sebagian besar guru di SDN 012 belum begitu familiar secara mendalam dengan media pembelajaran Augmented Reality, Mereka meyakini bahwa media pembelajaran berbasis AR dapat sangat membantu siswa, terutama anak-anak sekolah dasar, dalam memahami materi pelajaran karena visualisasi yang lebih nyata akan lebih menarik dan mudah dipahami dibandingkan hanya melalui gambar 2D di buku. Sekolah ini pernah mendapatkan bantuan tablet dan notebook dari pemerintah pada tahun sebelumnya, yang telah dimanfaatkan untuk menunjang kegiatan ujian nasional berbasis online serta mendukung proses mengajar guru. Namun, penggunaan perangkat tersebut untuk pembelajaran inovatif masih belum

maksimal dan terbatas pada penggunaan aplikasi pembelajaran serta pemutaran video. Materi mengenai bagian tubuh tumbuhan, termasuk jenis dikotil dan monokotil, dianggap penting karena merupakan bagian dari kurikulum Ilmu Pengetahuan Alam kelas 4. Guru merasa cukup puas dengan pemahaman siswa berdasarkan hasil belajar dan diskusi, namun ada sebagian siswa yang masih kesulitan membedakan jenis tumbuhan hanya dari gambar di buku. Oleh karena itu, media pembelajaran tambahan seperti video atau teknologi 3D dianggap dapat lebih meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi tersebut.

Salah satu tantangan dalam pembelajaran di kelas, khususnya mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam pada materi tumbuhan dikotil dan monokotil di kelas 4 adalah kesulitan siswa memahami gambar 2D dalam buku pelajaran. Ketidakmampuan membayangkan bentuk dan struktur tumbuhan secara nyata menghambat pemahaman konsep dasar sains ini. Buku pelajaran hanya menampilkan gambar tetap dan penjelasan singkat yang sering kali tidak cukup untuk membantu siswa menghubungkan konsep teori dengan realitas. Siswa pun mengalami kebingungan dalam membedakan ciri cabang kedua jenis tumbuhan tersebut karena tidak tersedia media visual yang interaktif dan mudah dipahami. Selain itu, keterbatasan fasilitas praktik lapangan seperti kebun sekolah atau akses langsung ke berbagai jenis tumbuhan juga menjadi kendala. Hal ini menyebabkan siswa hanya mengandalkan hafalan tanpa pengamatan langsung, padahal pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam seharusnya melibatkan pengalaman nyata dan kesempatan untuk melihat atau mencoba langsung apa yang sedang dipelajari.

Oleh karena itu, dibutuhkan media pembelajaran yang dapat menghadirkan pengalaman belajar interaktif dan visual yang mendekati dunia nyata.

Tumbuhan dikotil dan monokotil merupakan bagian penting dalam kurikulum Ilmu Pengetahuan Alam kelas 4 Sekolah Dasar. Tumbuhan dikotil (berkeping dua) adalah jenis tumbuhan berbiji yang memiliki dua kotiledon pada embrionya, seperti alpukat, mangga, dan kapas. Sementara tumbuhan monokotil (berkeping satu) memiliki satu kotiledon, contohnya padi, jagung, dan semangka. Kedua jenis tumbuhan ini memiliki perbedaan mencolok dalam struktur akar, batang, daun, dan bunga yang menjadi dasar dalam klasifikasi tumbuhan[1]. Pemahaman konsep ini sangat penting karena menjadi fondasi dalam mengenali keanekaragaman hayati serta memahami sistem klasifikasi dalam biologi sejak dini.

Salah satu solusi inovatif yang dapat digunakan untuk pengenalan tumbuhan dikotil dan monokotil adalah *Augmented Reality (AR)*. *Augmented Reality* adalah teknologi yang menggabungkan objek virtual tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara langsung melalui perangkat seperti *smartphone* atau *tablet*[2]. Dalam konteks pendidikan, *Augmented Reality* dapat membantu menyajikan materi pembelajaran secara lebih menarik, interaktif, dan mudah dipahami. Aplikasi *Augmented Reality* yang digunakan dalam pembelajaran ini mengimplementasikan *marker based tracking*, yaitu metode pelacakan di mana kamera perangkat mengenali penanda *visual (marker)* seperti gambar atau kode tertentu, lalu menampilkan objek 3D yang sesuai dengan *marker* tersebut[3]. Dalam hal ini, siswa dapat mengarahkan kamera *tablet* ke *marker* bergambar

tumbuhan, lalu melihat model 3D dari tumbuhan dikotil atau monokotil beserta penjelasannya.

Implementasi *Augmented Reality* untuk pengenalan tumbuhan dikotil dan monokotil menggunakan *Marker Based Tracking* dipilih karena merepresentasikan solusi terhadap permasalahan yang dihadapi di lapangan. Judul ini mencerminkan fokus utama kegiatan, yaitu pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* dengan metode pelacakan *marker* sebagai media pembelajaran untuk memperkenalkan materi Ilmu Pengetahuan Alam secara interaktif dan menarik. Penggunaan *Augmented Reality* diharapkan dapat menjawab tantangan pembelajaran visual dan mempercepat pemahaman siswa terhadap materi yang selama ini dirasa sulit. Ke depannya, pembelajaran berbasis *Augmented Reality* ini dapat menjadi fondasi untuk inovasi teknologi pendidikan lainnya di sekolah dasar. Tidak hanya meningkatkan minat belajar siswa, tetapi juga membantu guru dalam menyampaikan materi dengan cara yang lebih efektif. Pengalaman belajar yang menyenangkan, interaktif, dan visual ini diharapkan mampu membentuk pemahaman yang lebih mendalam serta memupuk rasa ingin tahu siswa terhadap sains dan teknologi sejak usia dini.

Guna mengatasi kendala tersebut, dibutuhkan media pembelajaran yang mampu menjembatani keterbatasan visual siswa sekaligus memanfaatkan perangkat teknologi yang telah tersedia di sekolah. Solusi yang ditawarkan adalah pengembangan aplikasi *augmented reality* untuk pengenalan tumbuhan dikotil dan monokotil menggunakan *marker-based-tracking*. Aplikasi ini dirancang untuk menampilkan objek tumbuhan dalam bentuk tiga dimensi (3D) ketika gambar dua

dimensi (2D) pada buku atau media cetak lainnya dipindai menggunakan kamera *tablet* atau *smartphone*. Dengan visualisasi 3D ini, siswa dapat mengamati struktur tumbuhan secara lebih nyata dan interaktif, sehingga mereka tidak hanya membaca atau menghafal, tetapi juga mengalami langsung proses pembelajaran secara visual dan sesuai dengan kehidupan sehari-hari.

Teknologi *Augmented Reality* dinilai tepat untuk diterapkan karena mampu menciptakan pengalaman belajar yang menarik, interaktif, dan mudah dipahami. *Augmented Reality* menggabungkan objek digital ke dalam dunia nyata secara real-time, sehingga memungkinkan siswa berinteraksi dengan konten pembelajaran secara aktif[4]. Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan *Augmented Reality* dalam pendidikan dapat meningkatkan motivasi belajar, mempercepat pemahaman konsep, serta membantu siswa yang kesulitan belajar dengan cara biasa seperti membaca atau mendengarkan guru menjelaskan.. *Augmented Reality* juga terbukti berhasil diterapkan pada berbagai materi pelajaran, seperti pengenalan sistem tata surya dan hewan langka, sehingga potensial untuk diadaptasi dalam pembelajaran tumbuhan dikotil dan monokotil[5].

Berdasarkan Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Alders Piling, Muh. Nurtanzis Sutoyo, Mardianto, Erdiansyah "Pemanfaatan Teknologi *Augmented Reality* sebagai Media Pembelajaran Interaksi Sistem Tata Surya Berbasis Android" dari hasil pembahasan aplikasi ini mempunyai 3 Menu Utama yaitu Belajar, Kuis, dan Keluar. Pada penelitian ini terdapat 10 marker yang dimana 1 marker menampilkan seluruh tata surya dan 9 marker menampilkan tiap objek

planet dan matahari. Berdasarkan dari hasil uji coba waktu yang dibutuhkan untuk menampilkan objek 3D beserta informasi yaitu antara 2-5 detik. Perbedaan waktu disebabkan oleh perbedaan kualitas tiap marker[6].

Penelitian yang dilakukan oleh Heri Fajeradi dan Antung Fitriani yang berjudul “Identifikasi tren Penelitian dan Peluang Inovasi Pembelajaran melalui analisis *bibliometric* strategi pembelajaran biologi di sekolah menengah” dapat dihasilkan tren utama dalam penelitian strategi pembelajaran biologi di sekolah yang berdasarkan peta jaringan yang ditampilkan, topik utama yang muncul mencakup konsep – konsep seperti *teaching*, *problem*, *implementation*, *technology*, *knowledge* dan *ability*. Selain itu *technology* juga muncul sebagai topik signifikan, mengindikasikan peningkatan minat dalam penggunaan *technology* untuk meningkatkan proses pembelajaran biologi. Dan secara keseluruhan peta ini menunjukkan penelitian strategi pembelajaran biologi di sekolah menengah sangat dinamis dan mencakup berbagai aspek, mulai dari Teknik pengajaran, penggunaan teknologi, dengan tujuan utama meningkatkan kinerja akademik dan pengalaman belajar siswa[7].

Berdasarkan Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Michael Kristian, Iskandar Fitri, Aris Gunaryati yang berjudul “ Implementasi *Augmented Reality* untuk Pengenalan Hewan Mamalia Berbasis Android Menggunakan *Marker Based Tracking*”. Aplikasi ini menampilkan 3 menu utama yaitu Belajar, Pengaturan dan Keluar, pada penelitian ini terdapat 10 marker hewan yang dimana 1 marker menampilkan object hewan beserta penjelasan tentang object

tersebut dari hasil uji coba waktu yang dibutuhkan untuk menampilkan object 3d tersebut membutuhkan waktu durasi < 20 detik[8].

Berdasarkan hasil dari penelitian-penelitian terdahulu, pengembangan aplikasi *Augmented Reality* terbukti memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran, khususnya dalam menyajikan materi yang bersifat visual dan kompleks. Penelitian yang dilakukan oleh Alders Piling dan rekannya. Menunjukkan bahwa aplikasi *Augmented Reality* berbasis Android dengan fitur menu Belajar dan Kuis serta penggunaan marker untuk menampilkan objek 3D sistem tata surya mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, dengan waktu respons yang efisien. Hal serupa juga ditunjukkan oleh penelitian Michael Kristian dan rekannya, di mana teknologi marker-based tracking berhasil menampilkan objek hewan mamalia disertai penjelasannya dengan durasi yang relatif cepat. Sementara itu, penelitian Christian Iuliano mempertegas bahwa marker-based tracking sangat efektif dalam mengidentifikasi objek dan menyajikan informasi secara kontekstual, seperti dalam pengenalan motif batik Kalimantan. Di sisi lain, analisis bibliometrik oleh Heri Fajeradi dan Antung Fitriani mengungkapkan bahwa tren penggunaan teknologi, khususnya *Augmented Reality*, dalam pembelajaran biologi menunjukkan peningkatan signifikan dan menjadi fokus utama dalam strategi pembelajaran modern di sekolah.

Melalui temuan-temuan tersebut, jelas bahwa penggunaan *Augmented Reality* tidak hanya memperkaya metode penyampaian materi, tetapi juga menjawab tantangan klasik dalam dunia pendidikan, yaitu keterbatasan media visual dan kurangnya keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar. Oleh karena

itu, pengembangan aplikasi *Augmented Reality* untuk pengenalan tumbuhan dikotil dan monokotil menggunakan *marker-based tracking* menjadi langkah yang relevan dan strategis. Selain memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata dan menyenangkan, aplikasi ini juga sejalan dengan kebutuhan inovasi di era digital dan mampu mengoptimalkan perangkat teknologi yang telah dimiliki sekolah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka rumusan masalah adalah “Bagaimana membangun *Augmented Reality* untuk pengenalan tumbuhan Dikotil dan Monokotil menggunakan *Marker Based Tracking*?”

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membangun *Augmented Reality* untuk pengenalan tumbuhan Dikotil dan Monokotil menggunakan *Marker Based Tracking*.

1.4 Batasan Masalah

Pada pembangunan sistem ini dibuat beberapa batasan masalah agar pembahasan lebih terfokus pada masalah yang diteliti sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Adapun batasan penelitiannya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini bertujuan untuk membantu siswa kelas 4 Sekolah Dasar dalam memahami materi tumbuhan biji dikotil dan monokotil melalui pengembangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dengan metode *marker-based tracking*.

2. Objek tumbuhan dikotil dan monokotil yang dibangun ada didaerah Rokan Hulu
3. Objek yang dibangun adalah tumbuhan dikotil (Kelengkeng, Mangga, Sawo, Matoa, Durian), Tumbuhan Monokotil (Pisang, Jagung, Tebu, Semangka, Kelapa), sedangkan masing-masing tumbuhan berisi nama tumbuhan, dan penjelasan yang ditampilkan secara 2D dan dalam Bahasa Indonesia
4. Untuk pengenalan tumbuhan diambil dari buku kelas 4 yang menjelaskan tubuh dan tumbuhan dan tumbuhan dikotil dan monokotil
5. Aplikasi dibangun dengan Unity menggunakan bahasa pemrograman C#

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi peneliti :
 - a. Memberikan pengalaman langsung dalam proses perancangan dan pengembangan aplikasi *Augmented Reality* berbasis android.
 - b. Meningkatkan pemahaman dan keterampilan peneliti dalam mengimplementasikan teknologi *Augmented Reality* ke dalam dunia pendidikan.
2. Manfaat bagi objek yang diteliti :
 - a. Membantu siswa kelas 4 Sekolah Dasar dalam memahami materi tumbuhan dikotil dan monokotil secara lebih mudah dan menyenangkan melalui media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* menggunakan *Marker Based Tracking*.

- b. Meningkatkan minat belajar siswa terhadap mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dengan pendekatan visual dan interaktif.
- c. Mendorong pemanfaatan perangkat teknologi (seperti tablet) yang telah dimiliki sekolah agar lebih optimal dalam kegiatan pembelajaran.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan dari skripsi ini terdiri dari pokok-pokok permasalahan yang akan dibahas pada masing-masing yang diuraikan menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan pada penelitian ini. teori-teori yang berhubungan dengan Augmented Reality, dan Marker Based Tracking, Dikotil dan Monokotil, Unity 3D, Vuforia Software Development Kit, Metode Pengembangan, Figma, Unifield Modelling Software (UML), Android, dan Blender

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan-tahapan dalam Indetifikasi Masalah, Pengumpulan Data, Metode Pengembangan, Perancangan Aplikasi, Implementasi Aplikasi, Pengujian Aplikasi, Kesimpulan dan Saran

BAB 4 ANALISA DAN PERANCANGAN

Bab ini berisi analisa dan perancangan aplikasi *Augmented Reality* pada media pembelajaran siswa/siswi SDN 012 Kepenuhan menggunakan metode *Marker Based Tracking*

BAB 5 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi implemetasi dari analisa dan perancangan dan pengujian pada aplikasi yang akan dibangun.

BAB 6 PENUTUP

Bab ini berisi rangkuman dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk pengembangan aplikasi atau penelitian selanjutnya.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 *Augmented Reality*

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang menggabungkan elemen virtual ke dalam dunia nyata secara real-time melalui perangkat seperti *smartphone* atau *tablet*. Dalam konteks pendidikan, *Augmented Reality* memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan objek pembelajaran secara langsung dan interaktif. Misalnya, siswa dapat melihat model 3D dari organ tubuh manusia atau struktur bangun ruang, yang membantu mereka memahami konsep abstrak dengan lebih mudah[9].

Penerapan *Augmented Reality* dalam pembelajaran di Sekolah Dasar Negeri 012 kelas 4 dapat menjadi inovasi yang efektif untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa. Konsep dasar *Augmented Reality* dalam pendidikan melibatkan penggabungan dunia nyata dengan elemen virtual, menciptakan pengalaman belajar yang lebih kaya dan mendalam[10]. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan dunia nyata yang ditingkatkan oleh elemen-elemen virtual, seperti teks, gambar, atau model 3D.

Implementasi *Augmented Reality* dalam pembelajaran di Sekolah Dasar Negeri 012 kelas 4 juga dapat membantu guru dalam menyampaikan materi pelajaran dengan lebih mudah dipahami oleh siswa. Dengan *Augmented Reality*, guru dapat menyajikan materi yang rumit atau sulit dibayangkan dengan cara

yang lebih nyata dan menarik. Selain itu, penggunaan *Augmented Reality* bisa disesuaikan dengan cara belajar setiap siswa—ada yang lebih suka melihat gambar, mendengar penjelasan, atau mencoba langsung—sehingga semua siswa dapat lebih mudah mengikuti pelajaran dan memahami isinya.

2.2 *Marker Based Tracking*

Marker Based Tracking adalah metode dalam teknologi *Augmented Reality* yang menggunakan penanda visual khusus, seperti gambar atau pola tertentu, untuk memicu tampilan objek virtual di dunia nyata. Ketika kamera perangkat mendeteksi marker ini, sistem *Augmented Reality* akan menampilkan konten digital yang sesuai pada posisi dan orientasi *marker* tersebut. Metode ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam pendidikan, untuk meningkatkan interaktivitas dan pemahaman siswa terhadap materi pelajaran. Misalnya, dalam pengenalan struktur bangun ruang, penggunaan marker dapat membantu siswa memvisualisasikan bentuk 3D secara langsung, sehingga mempermudah pemahaman konsep geometris[11].

Memilih *Marker Based Tracking* sebagai implementasi *Augmented Reality* dalam pembelajaran di Sekolah Dasar Negeri 012 kelas 4 memiliki beberapa keunggulan. Pertama, metode ini relatif mudah diterapkan karena hanya memerlukan media cetak sebagai marker, yang dapat dibuat dengan biaya rendah. Kedua, stabilitas dan akurasi dalam menampilkan objek virtual lebih terjamin, asalkan *marker* terdeteksi dengan baik oleh kamera. Ketiga, metode ini cocok untuk lingkungan pembelajaran yang terkontrol, seperti ruang kelas, di mana pencahayaan dan jarak antara perangkat dan marker dapat diatur dengan mudah.

Dengan demikian, *Marker Based Tracking* menjadi pilihan yang praktis dan efektif untuk meningkatkan interaktivitas dan pemahaman siswa terhadap materi pelajaran[12].

Perbedaan utama antara *Marker Based Tracking* dan *Markerless Tracking* terletak pada kebutuhan akan penanda fisik. *Marker Based Tracking* memerlukan marker fisik untuk memicu tampilan objek virtual, sedangkan *Markerless Tracking* menggunakan fitur lingkungan, seperti pola permukaan atau sensor perangkat, untuk menentukan posisi dan orientasi objek virtual[13]. Meskipun *Markerless Tracking* menawarkan fleksibilitas yang lebih tinggi karena tidak memerlukan *marker* fisik, metode ini sering kali memerlukan perangkat dengan spesifikasi tinggi dan kondisi lingkungan yang optimal untuk berfungsi dengan baik. Sebaliknya, *Marker Based Tracking* lebih sederhana dan dapat diandalkan dalam kondisi lingkungan yang lebih bervariasi, menjadikannya lebih cocok untuk digunakan di lingkungan pendidikan dasar[14].

Dalam pembelajaran di sekolah dasar, penggunaan *Marker Based Tracking* dalam teknologi *Augmented Reality* memiliki peluang besar untuk membuat proses belajar menjadi lebih baik. Dengan menampilkan gambar atau objek yang bisa dilihat dari berbagai sudut dan bisa bergerak, siswa dapat lebih mudah memahami pelajaran yang sulit dibayangkan. Selain itu, cara belajar yang melibatkan aktivitas langsung ini dapat membuat siswa lebih semangat dan lebih tertarik mengikuti pelajaran. Teknologi ini juga membantu guru menjelaskan materi dengan cara yang lebih menarik dan mudah dipahami[9]. Oleh karena itu, penggunaan *Marker Based Tracking* dalam *Augmented Reality* bisa menjadi cara

yang bagus untuk membantu siswa kelas 4 di Sekolah Dasar Negeri 012 belajar dengan lebih baik.

2.3 Metode Pengembangan

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode pengembangan *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*. Menurut Luther-Sutopo, metodologi pengembangan multimedia ini terdiri dari enam tahap, yaitu Konsep (*Concept*), Perancangan (*Desain*), Pengumpulan Bahan (*Material Collecting*), Pembuatan (*Assembly*), Pengujian (*Testing*), dan Distribusi (*Distribution*). Ke-enam tahap ini tidak harus berurutan dalam praktiknya, tahap-tahap tersebut dapat saling bertukar posisi[15].

Tahapan Pengembangan MDLC antara lain[15] :

1. *Concept*

Tahap *concept* (Konsep) adalah tahap untuk menentukan tujuan dan siapa pengguna program (identifikasi audience). Selain itu menentukan macam aplikasi (presentasi, interaktif, dll) dan tujuan aplikasi (hiburan, pelatihan, pembelajaran, dll)

2. *Design*

Design (Perancangan) adalah tahap membuat spesifikasi mengenai arsitektur program, gaya, tampilan dan kebutuhan material/bahan untuk program

3. *Material Collecting*

Material Collecting adalah tahap dimana pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan yang dilakukan, Tahap ini dapat

dikerjakan parallel dengan tahap *Assembly*. Pada beberapa kasus, tahap *material collecting* dan tahap *assembly* akan dikerjakan secara linear tidak paralel.

4. *Assembly*

Tahap *assembly* (pembuatan) adalah tahap dimana semua objek atau bahan multimedia dibuat. Pembuatan aplikasi didasarkan pada tahap *design*.

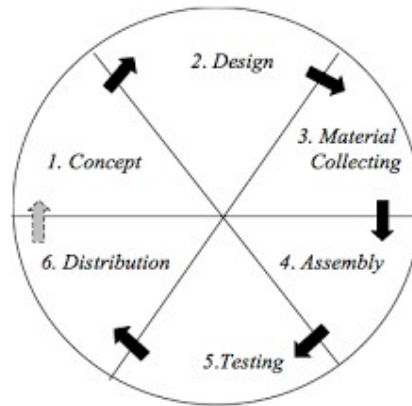
5. *Testing*

Dilakukan setelah selesai tahap pembuatan (*Assembly*) dengan menjalankan aplikasi/program dan dilihat apakah ada kesalahan atau tidak. Tahap ini disebut sebagai tahap pengujian *alpha (alpha test)* dimana pengujian dilakukan oleh pembuat atau lingkungan pembuatnya sendiri.

6. *Distribution*

Tahapan dimana aplikasi disimpan dalam suatu media penyimpanan. Pada tahap ini jika media penyimpanan tidak cukup untuk menampung aplikasinya, maka dilakukan kompresi terhadap aplikasi tersebut.

Kerangka berpikir berikut merupakan serangkaian bagan-bagan yang menggambarkan alur dari proses penelitian dalam pembuatan implementasi *Augmented Reality* untuk Pengenalan tumbuhan dikotil dan monokotil Menggunakan *Marker Based Tracking* :



Gambar 2. 1 Metode Pengembangan Sistem[15]

2.4 *Unity 3D*

Unity 3D adalah sebuah *game engine* lintas *platform* yang telah menjadi salah satu pilihan utama dalam pengembangan aplikasi *Augmented Reality*, termasuk dalam bidang pendidikan. Dengan dukungan terhadap berbagai *platform* seperti *Android* dan *iOS*, serta integrasi dengan berbagai *Software Development Kit (SDK) Augmented Reality* seperti *Vuforia*, *Unity 3D* memungkinkan pengembang untuk menciptakan pengalaman belajar yang interaktif dan terasa seperti nyata. Kemampuan *Unity 3D* dalam mengelola objek 3D, animasi, dan interaksi pengguna menjadikannya alat yang efektif untuk mengembangkan aplikasi edukatif berbasis *Augmented Reality* yang dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi pelajaran.

Salah satu keunggulan utama *Unity 3D* adalah kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai elemen multimedia, seperti teks, gambar, suara, dan video, ke dalam satu platform pengembangan. Hal ini memungkinkan pengembang untuk menciptakan aplikasi *Augmented Reality* yang tidak hanya menampilkan objek 3D, tetapi juga menyediakan informasi tambahan yang dapat

memperkaya pengalaman belajar siswa[16]. Selain itu, *Unity 3D* menyediakan berbagai fitur seperti sistem partikel, pencahayaan real-time, dan efek visual lainnya yang dapat meningkatkan realisme dan daya tarik aplikasi *Augmented Reality*. Dengan demikian, *Unity 3D* menjadi pilihan yang tepat untuk mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* edukatif yang dapat memenuhi kebutuhan pembelajaran di era digital[17].

Dalam konteks implementasi *Augmented Reality* di Sekolah Dasar Negeri 012 kelas 4, penggunaan *Unity 3D* dapat memberikan berbagai manfaat. Pertama, *Unity 3D* memungkinkan pengembangan aplikasi *Augmented Reality* yang sesuai dengan kurikulum dan kebutuhan siswa, seperti visualisasi struktur tumbuhan atau bangun ruang. Kedua, dengan dukungan komunitas yang luas dan dokumentasi yang lengkap, pengembang dapat dengan mudah menemukan sumber daya dan bantuan dalam proses pengembangan aplikasi. Ketiga, *Unity 3D* mendukung pengembangan aplikasi yang dapat dijalankan di berbagai perangkat, sehingga memudahkan distribusi dan penggunaan aplikasi di lingkungan sekolah. Oleh karena itu, memilih *Unity 3D* sebagai platform pengembangan *Augmented Reality* dapat membantu meningkatkan kualitas pembelajaran dan keterlibatan siswa di kelas.

Selain itu, *Unity 3D* juga mendukung integrasi dengan berbagai teknologi terbaru, seperti kecerdasan buatan (*AI*) dan pembelajaran mesin (*machine learning*), yang dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* yang adaptif dan personal. Misalnya, aplikasi *Augmented Reality* dapat disesuaikan dengan tingkat pemahaman dan kecepatan belajar masing-masing

siswa, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih efektif dan menyenangkan[18]. Dengan kemampuan ini, *Unity 3D* tidak hanya menjadi alat pengembangan aplikasi *Augmented Reality*, tetapi juga menjadi platform yang dapat mendukung inovasi dalam metode pembelajaran di sekolah dasar.

2.5 *Vuforia Software Development Kit (SDK)*

Vuforia adalah salah satu *Software Development Kit (SDK)* unggulan untuk pengembangan aplikasi *Augmented Reality* yang banyak digunakan dalam dunia pendidikan. Dengan kemampuan pengenalan gambar dan objek secara real-time, *Vuforia* memungkinkan integrasi objek virtual ke dalam lingkungan nyata melalui perangkat *mobile* seperti *smartphone* dan *tablet*. Keunggulan *Vuforia* terletak pada kemampuannya untuk mendeteksi berbagai jenis target, termasuk gambar 2D, objek 3D, dan *marker* khusus seperti *VuMark*. Dalam konteks pendidikan, *Vuforia* telah digunakan untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran interaktif yang membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak melalui visualisasi 3D yang menarik. Sebagai contoh, penelitian oleh Simon (2023) menunjukkan bahwa kombinasi *Vuforia* dan *Unity* dapat digunakan untuk menciptakan pengalaman belajar yang imersif, seperti simulasi robot kolaboratif dalam bentuk aplikasi *Augmented Reality*[19].

2.6 *Android*

Android telah menjadi platform utama dalam pengembangan aplikasi *Augmented Reality* karena fleksibilitas, keterjangkauan, dan penetrasi pasar yang luas. Sebagai sistem operasi open-source, *Android* memungkinkan pengembang untuk mengakses berbagai fitur perangkat keras seperti kamera, *GPS*, dan *sensor*

gerak, yang esensial dalam implementasi *Augmented Reality*. Ketersediaan perangkat *Android* yang beragam, mulai dari kelas bawah hingga atas, memungkinkan aplikasi *Augmented Reality* menjangkau berbagai lapisan masyarakat, termasuk institusi pendidikan dengan sumber daya terbatas.

Selain itu, *Android* mendukung berbagai *SDK Augmented Reality* seperti *ARCore* dan *Vuforia*, yang memudahkan pengembangan aplikasi *Augmented Reality* dengan fitur-fitur canggih seperti pelacakan gerakan, deteksi permukaan, dan pengenalan gambar. Integrasi ini memungkinkan pengembangan aplikasi *Augmented Reality* yang interaktif dan imersif, yang dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar siswa. Studi oleh Nazar et al. (2024) menunjukkan bahwa aplikasi *Augmented Reality* yang dikembangkan dengan *Unity* dan *Vuforia* pada platform *Android* efektif dalam membantu mahasiswa memahami konsep sifat periodik unsur kimia, dengan skor kepuasan pengguna mencapai 91,8%. Dengan demikian, memilih *Android* sebagai platform untuk implementasi *Augmented Reality* dalam pendidikan menawarkan kombinasi antara aksesibilitas, fleksibilitas, dan efektivitas dalam meningkatkan kualitas pembelajaran[20].

2.7 Blender

Blender adalah perangkat lunak open-source yang sangat populer untuk pembuatan objek 3D dan telah banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi *Augmented Reality* berbasis *Android*. Kemampuannya dalam memodelkan, merigging, dan menganimasikan objek 3D menjadikannya alat yang ideal untuk menciptakan konten visual yang kompleks dan interaktif. Dalam konteks

pendidikan, *Blender* telah digunakan untuk membuat model 3D yang kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi *Augmented Reality* guna meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak. Sebagai contoh, penelitian oleh Arbaoui (2022) menunjukkan bahwa *Blender* digunakan untuk membuat model 3D dalam aplikasi *Augmented Reality* yang bertujuan untuk meningkatkan kesadaran pengguna terhadap polusi udara di lingkungan perkotaan[21] . Hal ini menunjukkan fleksibilitas *Blender* dalam berbagai aplikasi, termasuk pendidikan dan lingkungan.

Memilih *Blender* sebagai alat untuk merancang objek 3D dalam implementasi *Augmented Reality* berbasis *Android* menawarkan beberapa keuntungan. Pertama, sebagai perangkat lunak gratis dan *open-source*, *Blender* memungkinkan pengembang dengan anggaran terbatas untuk tetap menghasilkan konten berkualitas tinggi. Kedua, *Blender* memiliki komunitas pengguna yang besar dan aktif, menyediakan berbagai tutorial dan sumber daya yang dapat membantu dalam proses pembelajaran dan pengembangan. Ketiga, *Blender* mendukung berbagai format file yang kompatibel dengan *Unity* dan *Vuforia*, dua platform utama dalam pengembangan aplikasi *Augmented Reality*. Dengan demikian, integrasi antara *Blender*, *Unity*, dan *Vuforia* memungkinkan pembuatan aplikasi *Augmented Reality* yang interaktif dan menarik bagi pengguna. Penelitian oleh Arbaoui (2022) juga menekankan pentingnya *Blender* dalam *pipeline* pembuatan model AR untuk visualisasi ilmiah[22] .

2.8 *Figma*

Figma adalah platform desain antarmuka berbasis web yang memungkinkan kolaborasi real-time dalam pembuatan prototipe aplikasi, termasuk aplikasi *Augmented Reality* untuk perangkat *Android*. Kemampuan *Figma* dalam membuat prototipe interaktif dengan fitur seperti *Smart Animate* dan *Auto Layout* memudahkan desainer untuk merancang antarmuka yang responsif dan menarik. Dalam konteks pengembangan aplikasi *Augmented Reality*, *Figma* telah digunakan untuk merancang antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan. Sebagai contoh, studi oleh Lazo-Amado dan Andrade-Arenas (2023) menunjukkan bahwa *Figma* digunakan dalam pengembangan *aplikasi mobile* berbasis *Augmented Reality* untuk anak-anak yang kesulitan mengenali kata kata, yang membantu meningkatkan keterampilan membaca dan menulis mereka. Penggunaan *Figma* dalam proyek ini memungkinkan tim pengembang untuk dengan cepat membuat dan menguji prototipe antarmuka pengguna sebelum implementasi akhir[23].

Memilih *Figma* sebagai alat desain prototipe untuk implementasi *augmented reality* pada perangkat *Android* menawarkan beberapa keuntungan. Pertama, *Figma* mendukung kolaborasi tim secara real-time, memungkinkan desainer, pengembang, dan pemangku kepentingan lainnya untuk bekerja bersama secara efisien. Kedua, *Figma* dapat diakses melalui browser tanpa perlu instalasi perangkat lunak tambahan, sehingga memudahkan akses dari berbagai perangkat. Ketiga, *Figma* menyediakan berbagai plugin dan integrasi yang mendukung proses desain, seperti plugin *Tappy* yang membantu memprediksi tingkat

keberhasilan ketukan pada elemen antarmuka pengguna di smartphone. Plugin ini mengonversi ukuran elemen UI dari piksel ke milimeter dan menghitung tingkat keberhasilan ketukan berdasarkan model distribusi Gaussian ganda, membantu desainer dalam mengoptimalkan desain untuk perangkat Android[24].

2.9 *Black Box*

Black Box Testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang menilai fungsionalitas aplikasi tanpa memeriksa struktur internal atau kode sumbernya. Dalam konteks pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR) berbasis Android, pendekatan ini sangat relevan karena memungkinkan pengujian dari perspektif pengguna akhir, memastikan bahwa semua fitur berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Sebagai contoh, penelitian oleh Prasetya et al. (2025) menunjukkan bahwa pengujian black box pada aplikasi *Augmented Reality* untuk siswa sekolah dasar menghasilkan tingkat keberhasilan 100% dalam skenario pengujian, dengan skor kepuasan pengguna mencapai 87% . Hal ini menegaskan efektivitas metode ini dalam memastikan kualitas dan kepuasan pengguna[25].

Memilih *Black Box* Testing untuk implementasi *Augmented Reality* pada perangkat Android menawarkan beberapa keuntungan signifikan. Pertama, metode ini memungkinkan pengujian yang fokus pada pengalaman pengguna tanpa memerlukan pengetahuan mendalam tentang struktur internal aplikasi. Kedua, pendekatan ini efisien dalam mengidentifikasi masalah pada antarmuka pengguna dan interaksi, yang sangat penting dalam aplikasi *Augmented Reality* yang mengandalkan interaksi visual dan sensorik. Selain itu, penelitian oleh Yeh (2013) menunjukkan bahwa pengujian black box efektif dalam menilai

fungsiionalitas aplikasi *Augmented Reality* yang dirancang untuk meningkatkan kesadaran pengguna terhadap polusi udara di lingkungan perkotaan . Dengan demikian, Black Box Testing menjadi pilihan tepat untuk memastikan aplikasi *Augmented Reality* berfungsi dengan baik dan memberikan pengalaman pengguna yang optimal[26].

2.10 *Unifield Modelling Languange(UML)*

Unified Modeling Language (UML) adalah bahasa pemodelan standar yang digunakan untuk mendeskripsikan, merancang, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak secara visual. Dalam konteks pengembangan aplikasi *Augmented Reality (AR)* berbasis *Android*, *Unified Modeling Language (UML)* memainkan peran penting dalam merancang arsitektur sistem yang kompleks. Dengan menggunakan diagram seperti *use case*, *class*, dan *sequence*, pengembang dapat memvisualisasikan interaksi antara pengguna, sistem, dan komponen-komponen lainnya, sehingga mempermudah komunikasi antar tim dan memastikan bahwa semua aspek fungsiionalitas telah dipertimbangkan. Penelitian oleh Zamora-Antuñano et al. (2022) menunjukkan bahwa penerapan metodologi MeDARA, yang mengintegrasikan pendekatan konkret, grafis, dan abstrak dalam pengembangan aplikasi *Augmented Reality*, dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep mekatronika melalui penggunaan *Unified Modeling Language (UML)* dalam perencanaan dan pengujian aplikasi[27].

Memilih *Unified Modeling Language (UML)* sebagai metode pengujian dan perancangan dalam implementasi *Augmented Reality* pada perangkat *Android* menawarkan beberapa keuntungan. Pertama, *Unified Modeling Language (UML)*

menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk mendokumentasikan kebutuhan dan spesifikasi sistem, yang sangat penting dalam proyek pengembangan perangkat lunak yang kompleks. Kedua, dengan visualisasi yang jelas, *Unified Modeling Language (UML)* membantu dalam mengidentifikasi potensi masalah sejak tahap perancangan, sehingga mengurangi risiko kesalahan pada tahap implementasi. Ketiga, penggunaan *Unified Modeling Language (UML)* memungkinkan integrasi yang lebih mudah dengan alat pengembangan lainnya, seperti *Unity* dan *Android Studio*, karena banyak alat ini mendukung impor dan ekspor diagram *Unified Modeling Language (UML)*. Dengan demikian, *Unified Modeling Language (UML)* tidak hanya membantu dalam merancang sistem yang efisien tetapi juga memastikan bahwa aplikasi *Augmented Reality* yang dikembangkan memenuhi kebutuhan pengguna dan berfungsi dengan baik pada perangkat Android. Dalam penelitian ini, digunakan dua diagram yaitu *use case diagram*, *sequence diagram*, *flowchart*, dan *activity diagram*, antara lain:

1. *Use Case Diagram*

Use case diagram adalah representasi visual dalam *Unified Modeling Language (UML)* yang menggambarkan interaksi antara aktor (pengguna atau sistem eksternal) dengan sistem yang sedang dikembangkan. Diagram ini membantu dalam mengidentifikasi dan mengorganisasi kebutuhan fungsional sistem dengan menampilkan skenario penggunaan dari perspektif pengguna. Menurut penelitian oleh Alturas (2023), penggunaan *use case diagram* efektif dalam merancang sistem informasi dengan kompleksitas rendah hingga sedang, karena memudahkan pemahaman hubungan antara aktor dan fungsi sistem .

Dengan demikian, use case diagram menjadi alat penting dalam tahap awal perancangan sistem, termasuk dalam pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR) berbasis Android[28]

2. *Sequence Diagram*

Sequence diagram adalah jenis diagram *Unified Modeling Language* yang menggambarkan interaksi antara objek dalam sistem berdasarkan urutan waktu. Diagram ini menunjukkan bagaimana objek berinteraksi melalui pesan-pesan yang dikirimkan antar objek untuk menjalankan suatu fungsi. Penelitian oleh Aulia (2022) menekankan pentingnya *sequence diagram* dalam memastikan konsistensi desain sistem dengan menggambarkan alur komunikasi antar objek secara rinci. Dalam konteks pengembangan aplikasi *Augmented Reality*, *sequence diagram* membantu dalam merancang alur interaksi yang kompleks antara pengguna, sistem, dan komponen lainnya, sehingga memastikan bahwa semua skenario penggunaan telah dipertimbangkan dan diimplementasikan dengan benar[29].

3. *Flowchart*

Flowchart adalah diagram yang menggambarkan alur proses atau langkah-langkah dalam suatu sistem secara logis dan berurutan. Diagram ini menggunakan simbol-simbol standar untuk merepresentasikan operasi, keputusan, *input/output*, dan alur proses. Menurut penelitian oleh Aleryani (2024), penggunaan *flowchart* dalam pengembangan sistem informasi membantu dalam memahami dinamika aliran data dan proses dalam sistem, serta memudahkan identifikasi potensi masalah atau efisiensi dalam proses[30]. Dalam pengembangan aplikasi

Augmented Reality berbasis *Android*, *flowchart* dapat digunakan untuk merancang alur logika aplikasi, memastikan bahwa semua proses berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan memudahkan dalam proses debugging serta pemeliharaan aplikasi.

4. *Activity Diagram*

Activity Diagram adalah salah satu jenis diagram dalam UML (Unified Modeling Language) yang digunakan untuk menggambarkan aspek dinamis dari sebuah sistem. Secara visual, diagram ini memodelkan alur kerja (workflow) atau urutan aktivitas dalam suatu proses, mulai dari titik awal hingga titik akhir. Berbeda dengan flowchart biasa, activity diagram memiliki kemampuan lebih lanjut untuk memodelkan proses paralel (aktivitas yang terjadi bersamaan) serta menunjukkan kondisi-kondisi tertentu yang menentukan arah alur sistem.

2.11 Tumbuhan Dikotil dan Monokotil

Tumbuhan dikotil dan monokotil merupakan dua kelompok utama dalam klasifikasi tumbuhan berbunga (*angiospermae*), yang dibedakan berdasarkan jumlah daun lembaga (*kotiledon*) dalam bijinya. Tumbuhan monokotil, seperti padi, jagung, dan anggrek, memiliki akar serabut yang berasal dari akar adventif dan tersebar di permukaan tanah, tanpa sistem akar tunggang serta tanpa kambium, sehingga akar tidak mengalami pertumbuhan sekunder (yaitu tidak menebal). Batangnya biasanya berstruktur sederhana, tersusun dari epidermis luar, korteks (parenkim) dan stele di dalamnya, dengan berkas pembuluh angkut yang tersebar secara tidak teratur (kolateral tertutup), tanpa kambium, sehingga batang

tidak bertambah tebal seperti pada dikotil. Daun monokotil umumnya berbentuk memanjang dengan tulang daun sejajar; secara anatomi, mesofil daun monokotil tidak terdiferensiasi menjadi palisade dan spons, melainkan seragam, memberikan lapisan jaringan dasar yang mendukung fotosintesis. Sedangkan bunga monokotil biasanya memiliki bagian-bagian seperti kelopak, mahkota, benang sari, dan putik dalam jumlah kelipatan tiga; meskipun tidak dijelaskan rinci dalam makalah anatomi umum, ciri ini konsisten dengan karakteristik monokotil pada literatur botani lainnya[31].

Tumbuhan dikotil memiliki sistem akar tunggang, yaitu akar primer yang berkembang menjadi akar utama kuat dan bercabang ke akar lateral, yang memungkinkan penyerapan air dan nutrisi dari tanah lebih dalam. Struktur anatomi akarnya terbagi atas epidermis, korteks, endodermis, dan silinder vaskuler pusat (stele) yang mengandung xilem dan floem yang tersusun melingkar. Pada bagian batang, tumbuhan dikotil umumnya memiliki struktur berkas vaskular yang tersusun dalam lingkaran dengan adanya jaringan kambium di antara xilem dan floem. Hal ini memungkinkan terjadinya pertumbuhan sekunder, mempertebal batang, serta pembentukan batang berkayu atau bercabang. Daunnya biasanya memiliki tulang daun bercabang (retikulat), seperti pola menyirip atau menjari. Anatomi daun mencakup lapisan epidermis atas dan bawah, mesofil yang terspesialisasi menjadi jaringan tiang (palisade) dan spons (bunga karang), serta berkas pembuluh yang mendukung proses fotosintesis dan transportasi zat. Perbedaan ini juga mencakup struktur jaringan dan pola pertumbuhan, yang penting untuk dipahami dalam studi botani dan pertanian[32].

Berdasarkan dari buku Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) Kurikulum Merdeka tumbuhan dikotil dan monokotil memiliki perbedaan struktur pada bagian akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Tumbuhan monokotil biasanya memiliki akar serabut, batang basah atau berongga dengan ruas, dan daun dengan tulang sejajar atau melengkung, seperti pada tanaman padi, jagung, dan pisang. Sementara itu, tumbuhan dikotil umumnya memiliki akar tunggang, batang berkayu atau keras, serta daun dengan tulang menyirip atau menjari, contohnya pohon mangga, kacang tanah, dan bayam. Bunga monokotil biasanya memiliki bagian bunga berjumlah kelipatan tiga, sedangkan dikotil memiliki bagian bunga berjumlah kelipatan empat atau lima. Pada bagian biji, monokotil hanya memiliki satu kotiledon (daun lembaga), sementara dikotil memiliki dua kotiledon. Perbedaan ini membuat monokotil dan dikotil mudah dibedakan berdasarkan struktur tubuh tumbuhannya.



Gambar 2. 2 Ilustrasi Akar Serabut

Sumber : Buku IPAS Kurikulum Merdeka

Implementasi teknologi *Augmented Reality* (AR) berbasis marker dalam pembelajaran materi dikotil dan monokotil menawarkan pendekatan interaktif yang dapat meningkatkan pemahaman siswa. Dengan menggunakan marker khusus, siswa dapat memvisualisasikan model 3D dari struktur tumbuhan secara real-time, memungkinkan eksplorasi mendalam terhadap bagian-bagian seperti akar, batang, dan daun. Penelitian oleh Latifah et al. menunjukkan bahwa penggunaan *Augmented Reality* dalam pembelajaran tumbuhan dikotil dan monokotil di sekolah dasar dapat meningkatkan minat dan pemahaman siswa terhadap materi tersebut[33]. Teknologi ini juga memungkinkan guru untuk menyampaikan konsep kompleks dengan cara yang lebih menarik dan mudah dipahami.

Keunggulan *Augmented Reality* dalam pembelajaran tidak hanya terletak pada visualisasi, tetapi juga pada interaktivitas yang ditawarkannya. Siswa dapat berinteraksi langsung dengan model 3D, seperti memutar atau memperbesar bagian tertentu, yang membantu dalam memahami struktur dan fungsi organ tumbuhan. Studi oleh Mardiyah et al. menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi *Augmented Reality* dalam pembelajaran siklus hidup tumbuhan dapat meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kreatif siswa[34]. Hal ini menunjukkan bahwa *Augmented Reality* dapat menjadi alat yang efektif dalam mengembangkan pemahaman konseptual dan keterampilan kognitif siswa.

Dalam konteks pendidikan di Indonesia, penerapan *Augmented Reality* dalam pembelajaran botani telah menunjukkan hasil yang positif. Penelitian oleh Salsabila mengembangkan aplikasi pembelajaran jaringan tumbuhan dikotil dan

monokotil berbasis *Augmented Reality* yang mendapatkan respons positif dari pengguna. Selain itu, penggunaan *Augmented Reality* dalam pembelajaran Edukasi Pengenalan Tumbuhan Untuk Anak Sekolah Dasar Kelas 3 juga menunjukkan peningkatan minat belajar siswa. Dengan demikian, integrasi teknologi *Augmented Reality* dalam pembelajaran tumbuhan dikotil dan monokotil dapat menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan kualitas pendidikan sains di sekolah[35].

2.12 Penelitian Terkait

Berikut adalah penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan dan referensi dalam menyelesaikan masalah ini.

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Sebelumnya

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil
1	Muhammad Rizali, Rachim, Agus Salim, Qomario	2024	Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Terhadap Keaktifan Belajar Siswa Dalam Pendidikan Modern	Pemanfaatan Augmented Reality (AR) sebagai media pembelajaran dapat memengaruhi keaktifan, minat, dan motivasi belajar siswa, di samping itu AR juga dinilai memiliki peluang untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran, namun terdapat juga tantangan yang perlu diperhatikan.
2	Alders Paliling,Muh.Nurtanzis Sutoyo, Mardianto, Erdiansyah	2024	Pemanfaatan Teknologi Augmented Reality Sebagai	Pada bagian ini diberikan hasil penelitian yang dilakukan sekaligus

			Media Pembelajaran Interaktif Sistem Tata Surya Berbasis Android	dibahas secara komprehensif. Setelah proses pembuatan sistem selesai dilakukan, maka selanjutnya diimplementasikan atau diuji coba untuk melihat apakah aplikasi yang dibuat telah berhasil menampilkan objek 3D.dan berdasarkan hasil uji coba waktu yang dibutuhkan untuk menampilkan objek 3D beserta informasi yaitu antara 2-5 detik
3	Desy Arsyanti, Ndapa Huda, Fajar Hariadi, Trisari Dewi, N.B Mira	2024	Perancangan media Pembelajaran Pengenalan Alat Pernapasan Manusia dengan Penerapan Augmented Reality untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di Sekolah Dasar	Hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa Perancangan media Pembelajaran Pengenalan Alat Pernapasan Manusia dengan Penerapan Augmented Reality untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di Sekolah Dasar.setelah diimplementasikan mendapatkan hasil yang cukup yang baik dalam penggunaan media pembelajaran ini.hasil penelitian ini dilihat dari pre-test dan post-test sehingga

				mendapatkan peningkatan N-gain 74,73
4	Hasan Basri Hutagalung, Imran Lubis, Rachmat Aulia	2024	Augmented Reality Dengan Metode Marker Based Tracking Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan	Program Pengujian disimulasikan di suatu sistem yang disesuaikan.pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem dan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan perencanaan atau belum.dan pada pengujian black box merupakan Teknik pengujian yang berfokus pada keluaran hasil dari espon masukan,atau secara sederhana black box merupakan proses menjalankan aplikasi untuk mengetahui apakah ada error atau ada fungsi yang tidak berjalan sesuai harapan
5	Kurnia Kusuma Wardani, Namira Anjany Alwiyanti, Tri Widodo	2024	Pemanfaatan Augmented Reality Untuk Memvisualisasi Perubahan Wujud Benda Bagi Siswa Sekolah Dasar	Pengembangan media menghasilkan suatu media pembelajaran perubahan wujud benda berbasis Augmented Reality, yang mencakup berbagai menu. Menu tersebut melibatkan splash screen menu

				beranda, menu materi dan menu scan Augmented Reality (AR). Pada Menu Beranda berisi berbagai tombol navigasi yang nantinya akan digunakan untuk melakukan berbagai proses operasi masing-masing dari mulai isi tujuan pembelajaran hingga mendownload marker. Pada Menu Materi merupakan halaman yang berisi berbagai tombol materi yang nantinya akan digunakan untuk melakukan proses operasi isi materi
6	Ebeneser Simamora, Wacner Nahrun Najib Siregar	2024	Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality pada Materi Bangun Ruang untuk Kelas V SD	untuk mengetahui kevalidan media pembelajaran berbasis augmented reality adalah dengan melalui proses validasi. Validasi bertujuan untuk menilai kesesuaian media pembelajaran Augmented reality menurut penilaian ahli materi, ahli desain, dan ahli media yang bertujuan untuk menilai kesesuaian desain

				produk dengan kebutuhan. Validasi dari ahli materi bertujuan untuk menguji kebenaran materi, kelengkapan materi, dan sistematika materi. Validasi dari ahli desain bertujuan untuk menguji kualitas media, penyusunan tampilan media, dan kesesuaian media. rata-rata skor hasil validasi ahli materi media pembelajaran Augmented Reality Assemblr Edu adalah 3,86. Rata-rata skor hasil validasi ahli desain media pembelajaran Augmented Reality Assemblr Edu adalah 3,89.
7	Alam Patria Utama, Siti Khomsah, Ummi Athiyah	2023	Implementasi Augmented Reality Sebagai Virtual Guide Menggunakan Metode Marker Based Tracking Alam	Berdasarkan hasil Pengujian aplikasi Augmented Reality sebagai media edukasi Candi Arjuna dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut yaitu Aplikasi berjalan dengan baik minimal pada android 6 sampai dengan android 11. Serta intensitas Cahaya 20

				lx – 500 lx dengan sudut 30 – 90 dengan jarak marker 30 cm – 90 cm adalah komposisi yang baik untuk menampilkan objek. Untuk pengujian fungsionalitas Black-Box menunjukan seluruh tombol antar muka berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Berdasarkan hasil implementasi yang dilakukan maka diperlukan saran yang bertujuan memudahkan peneliti melakukan tahap selanjutnya yaitu Pengembang dapat menambahkan objek agar pengunjung dapat menambah wawasan lebih dengan aplikasi Augmented Reality serta Pengembang disarankan dapat menambahkan background bergerak/video agar aplikasi lebih menarik penelitian secara ringkas.
8	Elga Yuan Saputra, Moh. Ali Romli	2023	Pengembangan Media Pembelajaran	perancangan aplikasi AR sistem sendi dapat digunakan

			Sistem Sendi Berbasis Augmented Reality Menggunakan Metode Marker Based Tracking Pada Perangkat Android	sebagai media pembelajaran alternatif guru untuk mempersiapkan proses perencanaan media pembelajaran yang dapat mempermudah siswa untuk mempelajari sistem sendi. sehingga dapat membantu meningkatkan efektivitas dan semangat belajar siswa dalam memahami materi pembelajaran sistem sendi yang disampaikan oleh guru. Hasil pengujian dari black box penerapan metode Marker Based dapat menampilkan informasi berupa objek 3D dan sistem dapat bekerja dengan baik, tampilan yang sempurna dan, dapat digunakan diluar ruangan atau dalam ruangan.
9	1Muhammad Farras Aditya P.A, Yeni Anistyasari	2022	Implementasi Markerless Location-Based dalam Aplikasi Peta Augmented Reality Fakultas Teknik Unesa Berbasis	Aplikasi Augmented Reality berbasis Android ini menunjukkan performa yang cukup baik dalam hal akurasi dan

			Android	fungsionalitas. Hasil pengujian akurasi penempatan lokasi menunjukkan rata-rata selisih jarak sebesar 16,14 meter antara lokasi sebenarnya dan lokasi Point of Interest (POI), dengan akurasi terbaik di POI Lapangan Voli E2 (5,4 meter) dan terendah di Parkiran FT (38,9 meter). Dari sisi fungsionalitas, aplikasi mampu mendeteksi POI dengan baik pada sudut maksimal 30°, jarak kurang dari 20 meter, dan ketinggian maksimal 10 meter. Pengujian ini menunjukkan keberhasilan sebesar 79,25% dari 22 skenario yang diuji. Aplikasi ini dibangun menggunakan Google ARCore SDK dengan pendekatan Markerless Location-Based, dan dapat berjalan di perangkat Android, termasuk Samsung Galaxy J7 Pro (2017), sehingga kompatibel dengan perangkat Android
--	--	--	---------	--

				yang lebih baru. Aplikasi ini juga mampu menampilkan informasi navigasi dalam bentuk objek virtual 3D untuk mempermudah pengguna dalam mengenali inisial gedung di lingkungan Fakultas Teknik Unesa. Pemilihan metode Markerless Location-Based dianggap tepat karena memungkinkan objek muncul secara otomatis berdasarkan lokasi pengguna, menjadikan aplikasi ini lebih praktis dan relevan dalam mendukung kebutuhan navigasi berbasis Augmented Reality.
10	Iwan Sutrisman, Nur Widiyasono, Heni Sulastri	2020	Implementasi Algoritma Discrete Cosine Transform Untuk Kompresi Citra Pada Marker-Based Tracking Augmented Reality	Hasil analisis, perancangan, dan pengujian dalam penelitian mengenai implementasi algoritma Discrete Cosine Transform (DCT) untuk kompresi citra pada marker-based tracking Augmented Reality menunjukkan bahwa algoritma DCT dapat berhasil

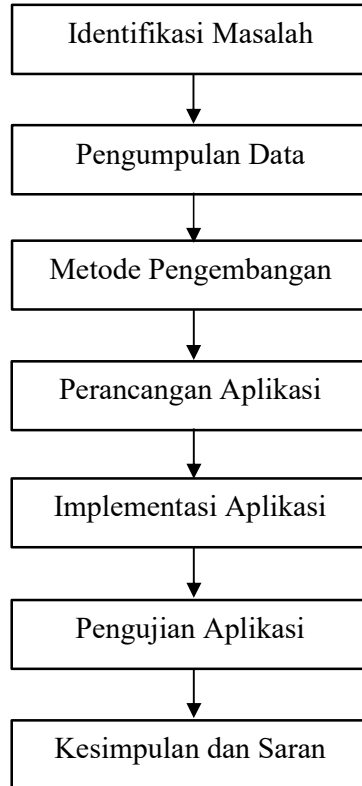
				diterapkan menggunakan MATLAB. Algoritma ini mampu mengompres gambar dengan rata-rata efisiensi kompresi sebesar 46,9% dari ukuran aslinya, di mana kecepatan proses kompresi meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran dimensi citra. Kualitas gambar yang telah dikompres tetap terjaga dengan baik, terbukti dari nilai rata-rata Mean Square Error (MSE) sebesar 30,65, yang menunjukkan penurunan kualitas yang tidak signifikan. Pengujian lebih lanjut menunjukkan bahwa kualitas marker tidak berubah saat diuji dengan Vuforia, sementara pada ARCore justru mengalami peningkatan nilai rating sebesar 5 hingga 40 poin dalam skor kualitas, menandakan algoritma ini efektif untuk mempertahankan
--	--	--	--	--

				sekali mening performa marker dalam sistem AR.
--	--	--	--	---

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti tahapan demi tahapan yang saling berhubungan. Setiap tahapan dijelaskan dalam metode penelitian yang disusun secara sistematis, terstruktur, dan ditampilkan dalam bentuk skema yang jelas. Berikut tahapan-tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah:



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

4.1 Identifikasi Masalah

Pembelajaran IPA di SD Negeri 012 Kepenuhan masih belum memanfaatkan teknologi secara optimal. Tablet yang sudah tersedia di sekolah hanya digunakan untuk pelaksanaan ujian, padahal perangkat ini sebenarnya memiliki potensi besar sebagai media pembelajaran interaktif. Di sisi lain, siswa kesulitan memahami materi tentang tumbuhan dikotil dan monokotil karena media pembelajaran yang digunakan masih terbatas pada gambar dua dimensi di buku teks. Gambar-gambar tersebut kurang mampu menggambarkan bentuk dan struktur tumbuhan secara nyata, sehingga siswa sulit membedakan ciri-ciri dari kedua jenis tumbuhan tersebut. Selain itu, metode pembelajaran yang diterapkan guru masih dominan berbasis penjelasan lisan dan buku, tanpa didukung oleh media visual atau alat bantu yang menarik. Keterbatasan fasilitas praktik seperti tidak adanya kebun sekolah atau akses langsung ke berbagai jenis tumbuhan juga menjadi kendala tersendiri. Akibatnya, siswa hanya mengandalkan hafalan tanpa pengalaman belajar yang konkret, padahal pembelajaran IPA seharusnya memberi kesempatan bagi siswa untuk mengamati dan mengalami langsung apa yang dipelajari.

4.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang berhubungan dengan penelitian dan perancangan aplikasi, yaitu dengan melakukan *observasi* terhadap objek yang diangkat, wawancara secara langsung kepada Wali Kelas 4 Sekolah Dasar Negeri 012 Kepenuhan, sehingga diketahui kendala apa saja yang dihadapi dalam proses pembelajaran materi tumbuhan dikotil dan monokotil di kelas.

Wawancara ini juga memberikan pemahaman yang mendalam mengenai kebutuhan media pembelajaran yang interaktif dengan penerapan *Augmented Reality*. Selain itu, dilakukan pula dokumentasi untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam pembangunan aplikasi *Augmented Reality* tersebut.

4.3 Metode Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), yaitu metode atau langkah-langkah yang digunakan untuk membuat aplikasi *multimedia*. Metode ini dipilih karena cocok untuk membuat aplikasi *Augmented Reality* yang memiliki banyak fitur dan bertujuan sebagai media pembelajaran. Dengan mengikuti langkah-langkah dalam metode MDLC, proses pembuatan aplikasi dapat dilakukan secara terstruktur dan lebih mudah untuk dikembangkan. Tahapan dalam MDLC meliputi:

1. *Concept* (Konsep)
2. *Design* (Perancangan)
3. *Material Collecting* (Pengumpulan Materi)
4. *Assembly* (Pembuatan Aplikasi)
5. *Testing* (Pengujian)
6. *Distribution* (Distribusi)

3.4 Perancangan Aplikasi

Perancangan membutuhkan beberapa perangkat lunak untuk membuat dan merancang aplikasi *Augmented Reality* sebagai media pembelajaran. Seperti untuk software-nya antara lain: *Unity 3D* sebagai perancangan utama dan untuk meng-coding aplikasi *augmented reality*, digunakan juga *Vuforia* sebagai database

penyimpanan *objek marker* dan 3D. Dibutuhkan juga aplikasi *Blender 4.0* sebagai aplikasi pembuatan objek 3D, dan *Figma* sebagai perancangan *desain interface* dari aplikasi yang akan dibuat. Selain itu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*, metode ini adalah metode pengembangan multimedia yang terdiri dari enam tahapan yaitu

Concept (pengkonsepan), tahap ini menjelaskan tentang tujuan dan pengguna dari aplikasi *augmented reality* sebagai media pembelajaran pengenalan tumbuhan dikotil dan monokotil untuk siswa kelas 4 SD.

Tahapan Perancangan (*Design*), meliputi rancangan tampilan aplikasi *augmented reality* yang akan dibangun. Rancangan awal dibuat dengan *storyboard* untuk menjelaskan alur dari aplikasi yang sedang dirancang bangun. *Storyboard* ini memuat rancangan awal tampilan pembuka aplikasi, menu utama, tampilan objek 3D tumbuhan dikotil dan monokotil, hingga tampilan penutup aplikasi.

Tahapan Pengumpulan (*Material Collecting*), tahapan ini adalah tahap pengumpulan bahan-bahan atau data pendukung yang diperlukan dalam pembuatan aplikasi ini. Tahap ini meliputi pengumpulan bahan berupa gambar tumbuhan dikotil dan monokotil, deskripsi ilmiah, serta data pendukung lainnya yang digunakan untuk membangun aplikasi *augmented reality* pengenalan tumbuhan dikotil dan monokotil.

Tahapan Pembuatan (*Assembly*), tahap ini menjelaskan tentang keseluruhan dalam pembuatan objek multimedia. Berdasarkan perancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pada bagian ini yaitu proses pembuatan objek 3D

tumbuhan menggunakan *Blender 4.0*, dan setelah semua bahan atau material telah dibuat dengan baik yaitu berupa desain gambar dan objek 3D, maka semua diekspor ke dalam Unity 3D yang selanjutnya akan dijadikan aplikasi *augmented reality* yang menggunakan metode *marker based tracking*, selain itu juga menggunakan bahasa pemrograman C#.

Tahapan Pengujian (*Testing*), tahap ini akan dilakukan pengujian secara berkala setiap menyelesaikan pembuatan aplikasi penerapan teknologi *augmented reality* untuk media pembelajaran tumbuhan dikotil dan monokotil dengan cara menjalankan aplikasi dan melihat apakah ada kesalahan atau tidak pada program yang dibuat. Pengujian ini menggunakan metode *black box testing*.

Tahapan Pendistribusian, tahap ini menjelaskan jika aplikasi dinyatakan lulus uji maka akan dilakukan proses pendistribusian, di mana aplikasi akan disimpan dalam bentuk *extension .apk* yang dapat dijalankan melalui perangkat *mobile* atau *smartphone* dan digunakan langsung oleh siswa untuk proses pembelajaran.

3.4 Impelementasi Aplikasi

Beberapa komponen pendukung yang berperan penting dalam implementasi sistem diantaranya adalah perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Adapun spesifikasi dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai berikut:

1. Perangkat untuk pengembangan

Perangkat keras (*hardware*), antara lain:

Processor : AMD Ryzen 7 5800HS with Radeon Graphics 3.20 GHz

Memory : 15400MB RAM

System type : *Windows 11 Home Single Language 64-bit (10.0, Build 26100)*

Harddisk : 512 GB

Perangkat lunak (*software*), antara lain:

Sistem operasi : *Windows 11*

2. Perangkat untuk uji coba

Perangkat keras (*hardware*), antara lain:

Processor : *Dymensity 8300-ultra*

Memory : 12000MB RAM

System type : *Xiaomi HyperOS*

Harddisk : 512 GB

Perangkat lunak (*software*), antara lain:

Sistem operasi : *Android*

3.5 Pengujian Aplikasi

Pengujian aplikasi dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi *Augmented Reality* untuk pengenalan tumbuhan dikotil dan monokotil dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan fungsionalitas yang diharapkan. Pada tahap ini, metode pengujian yang digunakan adalah *Black Box Testing* dan pengujian Waktu dan Tempat.

Metode *Black Box Testing* berfokus pada pengujian fungsi-fungsi utama dari aplikasi tanpa memperhatikan struktur internal program. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan input pada aplikasi dan mengamati output-

nya, apakah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dan Pengujian Waktu dan Tempat berfokus pada praktek lapangan.

Adapun komponen-komponen yang diuji Metode *Black Box* meliputi:

1. Tampilan Menu Utama

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa menu utama muncul dengan benar dan semua tombol navigasi (misalnya: Mulai, Petunjuk, Tentang, dan Keluar) berfungsi sesuai fungsinya.

2. Pemindaian *Marker*

Dilakukan pengujian untuk memastikan kamera dapat membaca marker dengan baik dan dapat menampilkan objek 3D tumbuhan dikotil atau monokotil yang sesuai.

3. Kemunculan Objek 3D

Setelah marker dikenali, objek 3D tumbuhan harus muncul secara tepat di layar. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa objek tampil dengan posisi, skala, dan orientasi yang sesuai.

4. Deskripsi Tanaman

Pengujian dilakukan untuk mengecek apakah deskripsi teks yang menjelaskan tumbuhan muncul bersamaan dengan tampilan objek 3D dan sesuai dengan jenis tumbuhan yang dipindai.

5. Responsivitas Aplikasi

Pengujian untuk memastikan bahwa aplikasi tidak mengalami crash, lag, atau kesalahan fungsi saat digunakan di berbagai perangkat Android.

6. Tampilan Akhir dan Keluar Aplikasi

Aplikasi diuji untuk memastikan bahwa tombol kembali dan keluar dapat digunakan untuk menutup aplikasi dengan aman tanpa error.

Pengujian dilakukan pada beberapa perangkat Android dengan spesifikasi minimal RAM 2GB dan kamera yang mendukung *Augmented Reality*. Jika terdapat kesalahan atau bug, maka dilakukan perbaikan dan pengujian ulang hingga aplikasi berjalan dengan baik dan stabil.

Pada pengujian Waktu dan Tempat meliputi :

- 1. Pemahaman Materi**
- 2. Keterlibatan Minat Belajar**
- 3. Kemampuan Menggunakan Aplikasi**
- 4. Kemampuan Mengidentifikasi ciri Tumbuhan**
- 5. Masukkan dari Siswa**

3.6 Kesimpulan dan Saran

Tahapan terakhir adalah menarik kesimpulan dari hasil penelitian terkait penggunaan *Augmented Reality* pada media pembelajaran tumbuhan dikotil dan monokotil. Pada tahapan ini juga berisikan saran peneliti bagi pembaca untuk melakukan pengembangan terhadap penelitian ini kedepannya