

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. *Augmented Reality*

Augmented Reality adalah teknologi yang memungkinkan kita untuk melihat objek-objek *virtual* di dunia nyata. Berbeda dengan VR (*Virtual Reality*), yang sepenuhnya menggantikan lingkungan nyata dengan lingkungan buatan, AR menggabungkan elemen *virtual* dengan lingkungan sekitar kita. Dengan demikian, kita masih dapat melihat dunia nyata di sekitar kita sambil berinteraksi dengan objek-objek *virtual* (Pueng dkk., 2020). AR telah banyak diterapkan pada berbagai kasus sebagai solusi penyelesaian, antara lain bidang pendidikan, kesehatan, dan hiburan (Juniawan dkk., 2019).

AR saat ini memiliki beberapa metode atau jenis yang sering digunakan, diantaranya (Dianrizkita dkk., 2018) :

1. *Marker Based Tracking*: metode ini membutuhkan sebuah *marker* berupa gambar atau pola tertentu yang telah dikenal oleh sistem.
2. *Markerless Tracking*: metode ini tidak memerlukan *marker* khusus. Sebaliknya, sistem menganalisis fitur-fitur alami dari lingkungan sekitar untuk memahami ruang 3D dan menempatkan objek virtual.
3. *Location-Based*: jenis AR ini menggunakan GPS, kompas, dan akselerometer perangkat untuk menempatkan objek virtual di lokasi geografis tertentu.

4. *Projection-Based*: metode ini memproyeksikan gambar virtual ke permukaan fisik dan memungkinkan interaksi dengan proyeksi tersebut.
5. *Superimposition-Based*: Metode ini mengganti sebagian atau seluruh tampilan objek nyata dengan tampilan objek virtual yang telah dimodifikasi.

Penerapan AR telah banyak digunakan pada berbagai kasus sebagai solusi penyelesaian masalah di berbagai bidang, antara lain pendidikan, kesehatan, dan hiburan (Juniawan dkk., 2019). AR memiliki beberapa kelebihan signifikan yang menjadikannya media yang efektif untuk penyampaian informasi:

1. Interaktif: AR memungkinkan pengguna untuk berinteraksi langsung dengan konten virtual, menciptakan pengalaman yang lebih menarik dan partisipatif dibandingkan media statis.
2. Efektif: dengan memvisualisasikan konsep abstrak atau objek yang tidak terlihat, AR dapat meningkatkan pemahaman informasi.
3. Mudah Digunakan: antarmuka AR seringkali intuitif, memanfaatkan kamera perangkat yang sudah familiar bagi pengguna, sehingga memudahkan adopsi dan penggunaan (Djaina dkk., 2021).
4. Meningkatkan Pengalaman Pengguna: dengan menyajikan informasi secara visual dan kontekstual di lingkungan nyata, AR dapat memperkaya pengalaman pengguna dan membuatnya lebih berkesan.

2.2. *Android*

Android adalah sistem operasi seluler yang berkembang pesat di tengah sistem operasi lain yang juga sedang berkembang. Sistem operasi lain seperti

Windows, Mobile, iOS, dan Symbian juga memiliki peran penting. Namun, *Android* berfokus pada aplikasi inti yang dibangun sendiri, dengan keterbatasan dalam mengakses data ponsel secara langsung, berkomunikasi antar proses, dan mendistribusikan aplikasi pihak ketiga untuk *platform* mereka (Wijaya & Firmansyah, 2018).

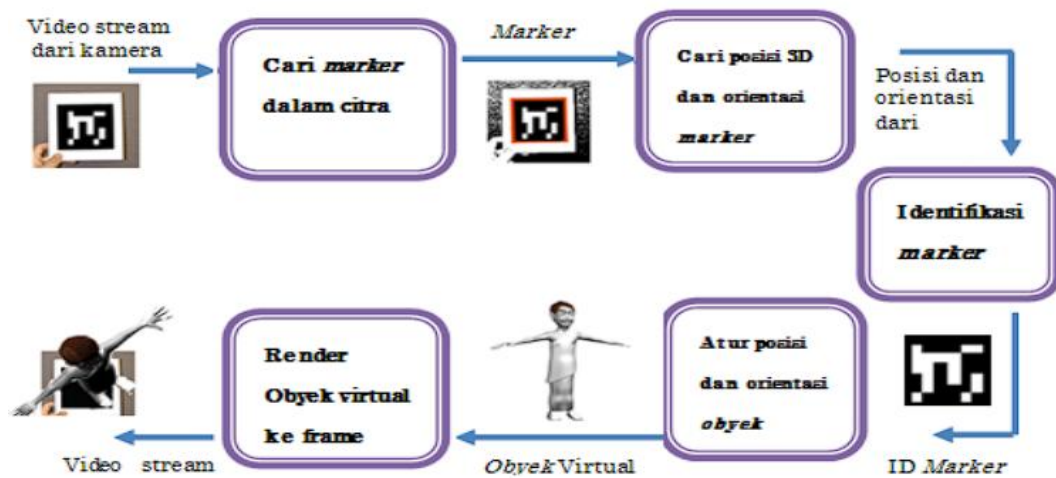
Android memiliki pangsa pasar *smartphone* terbesar secara global. Ini berarti pengembangan aplikasi AR untuk *Android* dapat menjangkau audiens yang sangat luas, termasuk wisatawan pengguna bus Ngulisik yang mayoritas kemungkinan besar memiliki perangkat Android. Ketersediaan perangkat yang masif ini menjadi faktor kunci dalam penyebaran dan adopsi aplikasi AR (Robianto dkk., 2022). Sifat *open-source Android* memberikan fleksibilitas yang lebih besar bagi pengembang untuk mengintegrasikan berbagai SDK AR pihak ketiga (seperti Vuforia yang digunakan dalam penelitian ini) dan menyesuaikan aplikasi sesuai kebutuhan spesifik.

2.3. *Marker Based Tracking*

Metode *Marker Based Tracking* ini telah lama dikenal dalam perancangan teknologi AR dimana sistem ini membutuhkan sebuah *marker* berupa gambar untuk dianalisa untuk membentuk objek 3D atau *reality* (Agil & Sitio, 2022). *Marker* biasanya merupakan ilustrasi hitam dan putih persegi dengan batas tiang tebal dan latar belang putih. Perangkat akan mengenali posisi dan orientasi *marker* dan menciptakan dunia *virtual* 3D. *Marker Based Tracking* sudah dikembangkan pada tahun 1980an dan pada awal 1990an (Alamsyah & Rachman, 2022).

Marker Based Tracking adalah salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengembangan AR. Metode kerja teknik ini adalah melacak *marker* melalui tiga sumbu X, Y dan Z serta bantuan titik koordinat (0,0,0) secara *virtual* pada ruang 3 dimensi. *Marker* adalah gambar yang bisa diproses melalui video gambar dan teknologi *image processing*, *pattern recognition*, dan *computer vision*. AR akan mendefinisikan skala yang benar melalui pose kamera, jika *marker* terdeteksi. Semakin bervariasi gambar, maka semakin banyak pola terbentuk. Ini memungkinkan *marker* akan mudah dilacak untuk menempatkan model citra yang akan dideteksi (Satria dkk., 2023).

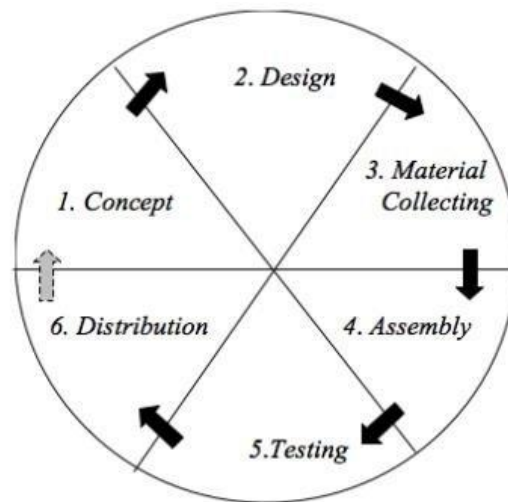
AR bekerja berdasarkan deteksi citra (gambar), dan citra yang digunakan adalah *marker*. Prinsip kerjanya adalah kamera yang telah dikalibrasi akan mendeteksi *marker* yang diberikan, kemudian setelah mengenali dan menandai pola *marker*, kamera akan melakukan perbandingan apakah *marker* sesuai dengan *database* yang dimiliki atau tidak. Bila tidak, maka informasi *marker* tidak akan diolah, tetapi bila sesuai maka informasi *marker* akan digunakan untuk *me-render* dan menampilkan objek 3D atau animasi yang telah dibuat sebelumnya. Berikut merupakan alur kerja AR yang dapat dilihat pada gambar 2.1 (Lorena Br Ginting dkk., 2020).



Gambar 2.1 Alur AR Marker Based Tracking

2.4. MDLC

Metode MDLC yaitu metode yang sesuai dalam merancang dan mengembangkan suatu aplikasi media yang merupakan gabungan dari media gambar, suara, video, animasi dan lainnya. Metode MDLC terdiri dari 6 tahap, yaitu *concept, design, material collecting, assembly, testing*, dan *distribution* (Rahmatika dkk., 2023). MDLC dapat didefinisikan sebagai sistem yang memenuhi tiga fitur dasar, yaitu kombinasi dunia nyata dan *virtual*, interaksi *real-time*, dan pendaftaran tiga dimensi yang akurat dari objek *virtual* dan nyata (Prasetyo & Aedi, 2023). Berikut merupakan alur dari metode MDLC Luther yang dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Alur Metode MDLC

Berikut adalah penjelasan lebih detail mengenai masing-masing tahapan:

1. *Concept*

Tahap ini melibatkan identifikasi tujuan aplikasi, target audiens, dan jenis aplikasi yang akan dikembangkan.

2. *Design*

Pada tahap ini, dilakukan perancangan *interface*, struktur navigasi, dan UML untuk menggambarkan bagaimana aplikasi akan terlihat dan berfungsi.

3. *Material Collecting*

Tahap ini melibatkan pengumpulan semua materi yang diperlukan untuk membangun aplikasi, seperti gambar, video, audio, dan elemen multimedia lainnya.

4. *Assembly*

Di sini, semua elemen multimedia yang telah dikumpulkan diintegrasikan dan aplikasi mulai dibangun sesuai dengan desain yang telah dibuat.

5. *Testing*

Aplikasi yang telah dibuat diuji secara menyeluruh untuk memastikan tidak ada kesalahan pada fungsionalitas, elemen, dan fitur lainnya.

6. *Distribution*

Tahap terakhir adalah mendistribusikan aplikasi kepada pengguna, bisa melalui berbagai *platform* seperti *website*, toko aplikasi, atau media penyimpanan lainnya.

2.5. ***Black Box Testing***

Blackbox Testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang meneliti fungsi (*Functional Testing*) dari aplikasi tanpa melihat ke dalam struktur internal atau kinerja aplikasi (Fahrezi dkk., 2022). Berikut merupakan cara kerja metode *blackbox* (Samdono dkk., 2024):

1. Menentukan *input software* yang diuji.
2. Menentukan *output software* yang diuji.
3. Melakukan proses pengujian pada *software*.
4. Mengevaluasi hasil pengujian *software*.

Pengujian dapat langsung dilakukan setelah aplikasi dikembangkan, *error* pada aplikasi bisa dideteksi pada awal pengujian. Kekurangan dari pengujian *blackbox* adalah tidak semua produk perangkat lunak dapat diuji, penyebab kegagalan tidak ditemukan. Kelebihan dari *blackbox* lebih banyak daripada kekurangannya yang menyebabkan pengujian ini sangat layak dan sangat diperlukan untuk menguji luaran suatu aplikasi (Parlika dkk., 2020). Jenis-jenis

pengujian *blackbox testing* adalah *Functional Testing*, *Non-Functional Testing*, dan *Regulation Testing* (Uminingsing dkk., 2022). Penelitian ini menggunakan pengujian *blackbox* dengan jenis *functional testing* yang berfokus pada pengujian fungsi utama aplikasi. Metode *blackbox* juga memiliki beberapa teknik, yaitu:

1. *All-pair Testing*

Teknik ini digunakan untuk menguji semua kemungkinan kombinasi *input* dua variabel.

2. *Decision Table*

Merupakan pendekatan sistematis untuk mencatat berbagai kondisi *input* dan aksi yang harus diambil.

3. *Equivalence Partitioning*

Teknik ini membagi data *input* ke dalam beberapa kelompok yang diasumsikan memberikan hasil yang sama.

4. *Boundary Value Analysis*

Dalam banyak sistem, kesalahan sering terjadi pada nilai batas. Teknik ini secara khusus menguji *input* di sekitar nilai batas, seperti nilai maksimum, minimum, satu lebih kecil, dan satu lebih besar.

5. *State Transition*

Cocok digunakan jika sistem memiliki berbagai status yang berubah berdasarkan aksi pengguna.

6. *Cause-Effect*

Menghubungkan kondisi *input* (*cause*) dengan aksi atau hasil (*effect*).

7. *Error Guessing*

Berdasarkan pengalaman penguji dalam menebak lokasi yang mungkin menimbulkan *bug*.

2.6. *System Usability Scale*

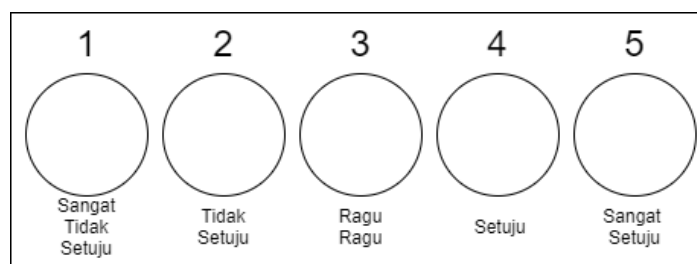
System Usability Scale (SUS) adalah suatu metode uji yang menyediakan alat ukur yang bersifat "*quick and dirty*" yang dapat diandalkan. Metode ini diperkenalkan oleh John Brooke pada tahun 1986, yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai jenis produk termasuk aplikasi (Kosim dkk., 2022). SUS digunakan dalam mengukur kegunaan aplikasi berdasarkan sudut pandang subjektif pengguna (Rachmawati & Setyadi, 2023). SUS banyak digunakan untuk mengukur *usability* dan menunjukkan beberapa keunggulan SUS yaitu dapat digunakan dengan mudah karena hasilnya berupa skor 0–100. SUS sangat mudah digunakan, tidak membutuhkan perhitungan yang rumit. SUS tersedia secara gratis, tidak membutuhkan biaya tambahan, dan SUS terbukti valid dan reliable, walau dengan ukuran sampel yang kecil (Kurniawan dkk., 2022).

Langkah pertama yang dilakukan yaitu menyiapkan instrumen dari penelitian aplikasi ini. Instrumen yang dimaksud ialah alat bantu penelitian ini untuk melakukan pengujian. Instrumen berbentuk kuesioner yang sudah disediakan oleh metode SUS. Instrumen pengujian SUS terdiri dari sepuluh pertanyaan dengan skala satu sampai lima. Berikut merupakan sepuluh pertanyaan yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pertanyaan SUS

No.	Pertanyaan	Skala
1.	Saya pikir bahwa saya akan lebih sering menggunakan aplikasi ini	1-5
2.	Saya menemukan bahwa aplikasi ini, tidak harus dibuat serumit ini	1-5
3.	Saya pikir aplikasi ini mudah untuk digunakan	1-5
4.	Saya pikir bahwa saya akan membutuhkan bantuan dari orang teknis untuk dapat menggunakan aplikasi ini	1-5
5.	Saya menemukan berbagai fungsi pada aplikasi ini diintegrasikan dengan baik	1-5
6.	Saya pikir ada banyak ketidakonsistenan dalam aplikasi ini	1-5
7.	Saya membayangkan bahwa kebanyakan orang akan mudah untuk mempelajari aplikasi ini dengan cepat	1-5
8.	Saya menemukan aplikasi ini sangat rumit untuk digunakan	1-5
9.	Saya merasa sangat percaya diri untuk menggunakan aplikasi ini	1-5
10.	Saya perlu belajar banyak hal sebelum saya bisa memulai menggunakan aplikasi ini	1-5

Dari sepuluh pertanyaan SUS di atas terdapat nilai dari skala satu sampai lima, berikut merupakan keterangan mengenai skala tersebut yang dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Keterangan Nilai SUS

Setelah instrumen metode pengujian SUS dibuat, selanjutnya dilakukan penyebaran kuesioner kepada responden. Penelitian ini menentukan jumlah responden menggunakan rumus slovin. Berikut merupakan rumus slovin (Firdaus dkk., 2023) :

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

Keterangan:

n = Jumlah sampel

N = Jumlah populasi

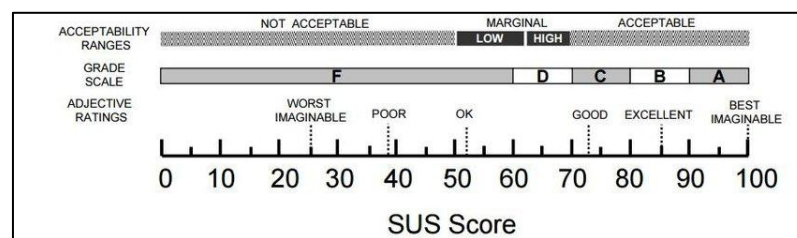
e = *Error level*

Setelah jumlah responden ditentukan dan telah mendapatkan penilaian dari responden, tahapan selanjutnya masuk ke dalam proses penghitungan dan analisis data yang sudah terkumpul. Perhitungan SUS memiliki aturan sebagai berikut:

1. Pernyataan instrumen nomor ganjil skala jawaban instrumen dikurangi 1 untuk mengatur agar nilai yang lebih tinggi menjadi lebih rendah, menciptakan skala yang lebih seimbang dan menghindari bias positif.
2. Pernyataan instrumen nomor genap maka 5 dikurangi skala jawaban instrumen untuk mengubah perspektif penilaian, yang mana jawaban yang lebih positif akan menghasilkan nilai yang lebih rendah, sehingga menciptakan keseimbangan dalam penilaian.
3. Hasil penilaian skala 0-4 (4 merupakan jawaban terbaik)
4. Melakukan penjumlahan jawaban kemudian dikali dengan 2,5.
5. Menentukan nilai rata-rata jawaban instrumen pengujian semua responden.

Penentuan hasil perhitungan metode SUS memiliki tiga aspek penting yaitu *acceptability ranges*, *grade scale*, dan *adjective rating*. *Acceptability ranges*

merupakan aspek yang menentukan penerimaan aplikasi dengan tingkat *acceptability* yang terdiri atas *not acceptable*, *marginal (low and high)*, dan *acceptable*. *Grade scale* merupakan aspek yang menentukan tingkat kualitas aplikasi yang terdiri dari *grade scale* A, B, C, D, dan E. *Adjective rating* terdiri dari beberapa tingkat, yaitu *worst imaginable*, *poor*, *ok*, *good*, *excellent*, dan *best imaginable* (Nika dkk., 2023). Penilaian metode pengujian SUS dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skor SUS

Percentile rank:

Grade A : $> 80,3$

Grade B : 74 dan $< 80,3$

Grade C : 68 dan < 74

Grade D : 51 dan < 68

Grade F : < 51

Dalam penelitian ini teknik analisis data dilakukan setelah data setiap responden dikumpulkan. Data tersebut dihitung berdasarkan rumus SUS. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung skor SUS.

$$x = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

x = Skor rata-rata

$\sum x$ = Jumlah Skor SUS

n = Jumlah Responden

2.7. Penelitian Terkait

Penelitian ke-1 bertujuan untuk mengembangkan aplikasi panduan pengenalan kampus berbasis AR pada perangkat *Android*, yang menyajikan informasi tentang lokasi gedung, fakultas, staf dosen, dan fasilitas kampus. Aplikasi ini memiliki kelebihan seperti tampilan tombol yang sederhana, informasi gedung yang beragam, serta penggunaan yang nyaman tanpa membuat tangan pegal. Namun, terdapat kekurangan seperti proses perekaman gambar target yang lambat, belum adanya fitur penunjuk arah menuju gedung, dan minimnya elemen animasi. Hasil pengujian alpha dan beta menunjukkan bahwa aplikasi dapat digunakan dengan baik, dengan tingkat kelayakan sebesar 70% dan termasuk dalam kategori "Good" menurut interpretasi Slovin (Prasetia dkk., 2018).

Penelitian ke-2 bertujuan mengimplementasikan AR sebagai media promosi kampus dengan menampilkan bangunan Universitas Satya Negara Indonesia dalam bentuk 3D secara *real-time*. Aplikasi ini memiliki kelebihan berupa visualisasi interaktif, kemampuan efektif dalam mengenali *marker*, dan tampilan objek 3D yang *real-time*. Namun, kekurangannya terletak pada keterbatasan dukungan perangkat yang memerlukan API minimal *Android* 25 serta belum adanya perluasan ke teknologi *Virtual Reality*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi berhasil

meningkatkan daya tarik promosi kampus secara visual dan interaktif (Prayugha & Zuli, 2021).

Penelitian ke-3 bertujuan memanfaatkan teknologi AR sebagai solusi penunjuk lokasi untuk membantu proses adaptasi mahasiswa baru dengan menampilkan model 3D gedung kampus secara interaktif. Aplikasi ini memiliki kelebihan dalam menyampaikan informasi yang bermanfaat dan memudahkan pengguna dalam menemukan lokasi, serta meningkatkan efisiensi waktu pencarian. Namun, masih terdapat beberapa fitur yang perlu disempurnakan untuk mengoptimalkan kinerja aplikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 85% responden dari kalangan umum dan non-mahasiswa menilai aplikasi ini sangat baik dan layak digunakan (Setaywati dkk., 2023).

Penelitian ke-4 bertujuan mengembangkan aplikasi pemandu wisata virtual berbasis AR untuk Candi Plaosan guna meningkatkan pengalaman wisatawan serta mendukung pelestarian warisan budaya. Kelebihannya terletak pada fleksibilitas lokasi penggunaan dan penyajian konten budaya secara interaktif, sedangkan kekurangannya adalah akurasi posisi yang masih terbatas karena bergantung pada interpretasi fitur alamiah oleh sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ini efektif dalam meningkatkan pengalaman wisata dan edukasi budaya (R. A. Nugroho & Kalifia, 2023).

Penelitian ke-5 bertujuan mengembangkan aplikasi AR dengan metode GPS *tracking* untuk menyajikan sejarah bangunan bersejarah di Bandung secara interaktif. Aplikasi ini mampu menampilkan video, gambar, teks, dan narasi suara yang memperkaya pengalaman belajar sejarah. Kelebihannya adalah mendukung

Android minimal versi 6.0 dan memberikan pengalaman edukatif yang interaktif. Namun, kekurangannya meliputi cakupan informasi sejarah yang masih terbatas pada empat bangunan serta hanya berfungsi dalam radius tertentu. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi berhasil menghadirkan media pembelajaran sejarah yang menarik dan mudah diakses (Renaldy & Zakiah, 2020).

Penelitian ke-6 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk menampilkan objek wisata Istana Siak dalam bentuk 3D tanpa menggunakan *marker* khusus. Kelebihannya adalah kemudahan penggunaan dan interaktivitas yang mampu meningkatkan pengalaman wisatawan. Namun, kekurangannya terletak pada keterbatasan perangkat, karena aplikasi membutuhkan spesifikasi tertentu untuk dapat berjalan dengan optimal. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi berhasil menyajikan visualisasi objek wisata yang informatif dan menarik (Efendi dkk., 2019).

Penelitian ke-7 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan *landmark* Pantai Widarapayung guna meningkatkan daya dukung pariwisata di Kabupaten Cilacap. Kelebihannya terletak pada kemampuannya dalam meningkatkan kesadaran wisata dan daya tarik visual yang interaktif. Namun, kekurangannya adalah proses pengembangan yang memerlukan sumber daya besar dan keterampilan teknis tertentu. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi mampu menjadi media promosi wisata yang efektif dan edukatif (Syafirullah dkk., 2022).

Penelitian ke-8 bertujuan mengembangkan AR sebagai media informasi rute dan detail lokasi wisata Caping *Park*. Aplikasi ini menyajikan visualisasi 3D rute wisata dan informasi secara interaktif, sehingga mampu meningkatkan minat

masyarakat serta memperkuat promosi pariwisata. Meskipun kelebihan dan kekurangan tidak dijelaskan, keunggulannya terletak pada peningkatan interaktivitas dan daya tarik promosi, sementara kekurangannya kemungkinan terkait dengan kompleksitas teknis dalam penerapan teknologi AR di lapangan. Hasil evaluasi menunjukkan efektivitas fitur AR dengan penilaian keseluruhan mencapai 92,62% (Purbasari & Kusuma, 2022b).

Penelitian ke-9 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan koleksi warisan budaya berwujud di Museum Lampung. Kelebihannya adalah penyampaian informasi yang efektif dan menarik bagi pengunjung, sementara kekurangannya terletak pada keterbatasan jumlah pemandu museum sebagai pendukung interaksi langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 83% responden menyatakan setuju terhadap keefektifan aplikasi ini dalam memperkenalkan koleksi museum (Tohir & Rojat, 2022).

Penelitian ke-10 bertujuan mengembangkan aplikasi "KeratonKu" berbasis AR untuk menyajikan informasi benda-benda bersejarah di Museum Keraton Sumenep menggunakan. Kelebihannya adalah penyampaian informasi yang detail dan menarik bagi pengunjung, sementara kekurangannya adalah masih terbatasnya peran pemandu wisata yang menyebabkan informasi belum tersampaikan secara maksimal. Hasil pengujian menunjukkan kesesuaian fungsi mencapai 100%, dengan hasil survei TAM menunjukkan persepsi kegunaan sebesar 85%, kemudahan 77%, intensi penggunaan 67%, dan penggunaan aktual 75% (Afriansya dkk., 2020).

Penelitian ke-11 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan koleksi di Museum Lampung "Ruwa Jurai" guna meningkatkan pengalaman dan interaktivitas pengunjung. Kelebihannya adalah mampu meningkatkan daya tarik dan interaktivitas pengunjung, serta dinilai layak untuk mendukung konsep *Smart City*. Namun, masih terdapat kendala teknis seperti kualitas kamera dan pencahayaan. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi berhasil secara fungsional dan *usability* dengan respons yang baik dari pengguna (Santori, 2022).

Penelitian ke-12 bertujuan mengembangkan aplikasi pemandu wisata berbasis AR dan *Location Based Services* (LBS) untuk membantu wisatawan memperoleh informasi tempat wisata di Kota Makassar secara *real-time*. Kelebihannya adalah kemudahan akses informasi wisata melalui teknologi canggih yang menggabungkan lokasi dan visual interaktif. Meskipun kekurangan tidak dijelaskan secara spesifik, aplikasi ini dinilai efektif, dengan 50% responden setuju dan 40% sangat setuju terhadap fungsionalitasnya, menunjukkan tingkat penerimaan yang tinggi dari pengguna (Sulfikar dkk., 2020).

Penelitian ke-13 bertujuan mengembangkan aplikasi GuideAR untuk mengenalkan daya tarik wisata di Kecamatan Tegallalang, Bali secara interaktif. Kelebihannya adalah kemampuannya menyajikan informasi wisata secara menarik dan interaktif, serta membantu wisatawan dan pengelola dalam memberikan informasi tanpa memerlukan pemandu. Kekurangannya terletak pada perlunya beberapa iterasi pengembangan untuk mencapai hasil optimal. Hasil penelitian

menunjukkan aplikasi memiliki potensi tinggi dan disarankan untuk dikembangkan lebih lanjut dengan menambah jumlah lokasi wisata (Kusuma dkk., 2021).

Penelitian ke-14 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memvisualisasikan monumen bersejarah di Kabupaten Lamongan guna meningkatkan edukasi masyarakat. Kelebihannya adalah kemampuan menyajikan visualisasi monumen secara inovatif dan menarik, sementara kekurangannya kemungkinan terletak pada keterbatasan perangkat yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi berjalan baik di berbagai perangkat *Android* dan efektif dalam mendukung pelestarian nilai sejarah (Rosyada dkk., 2023).

Penelitian ke-15 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan monumen bersejarah di Gorontalo. Teknologi yang digunakan mencakup *Unity3D* dan *Vuforia*. Kelebihannya terletak pada penyajian informasi yang interaktif dan mendalam bagi wisatawan, sementara kekurangannya adalah masih terbatasnya pemanfaatan teknologi AR di kalangan masyarakat. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi efektif dalam mendukung promosi dan edukasi sejarah lokal (Kolopita dkk., 2023).

Penelitian ke-16 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan sejarah dan tujuan pembangunan monumen bersejarah di Kota Pekanbaru secara interaktif. Kelebihannya adalah antarmuka yang interaktif, kemudahan penggunaan, serta kemampuan menyampaikan informasi secara jelas. Kekurangannya mencakup belum adanya fitur notifikasi lokasi dan cakupan wilayah yang masih terbatas. Hasil pengujian menunjukkan tingkat kelayakan

aplikasi sebesar 88,25%, menandakan bahwa aplikasi dinilai efektif dan layak digunakan (Purba dkk., 2019).

Penelitian ke-17 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan objek wisata Taman Mumbul Sangeh di Bali melalui visualisasi informasi sejarah, objek 3D, dan video interaktif. Kelebihannya adalah penyampaian informasi secara langsung dan interaktif yang meningkatkan pengalaman pengguna, sementara kekurangannya terletak pada masih terbatasnya cakupan informasi wisata yang disediakan. Hasil pengujian menunjukkan respon positif dengan rata-rata nilai 3,4 dan tingkat kesetujuan sebesar 85%, menandakan aplikasi dinilai efektif dan layak digunakan (Wirawan dkk., 2021).

Penelitian ke-18 bertujuan mengembangkan aplikasi AR sebagai media pembelajaran interaktif untuk mengenalkan tempat bersejarah di Kota Tangerang. Kelebihannya terletak pada interaktivitas tinggi dan kompatibilitas dengan berbagai perangkat *Android*, sedangkan kekurangannya mencakup perlunya pengumpulan data yang lebih detail dan pengujian yang lebih luas untuk meningkatkan performa aplikasi. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi berjalan baik dan efektif dalam mendukung pembelajaran sejarah (Nugraha dkk., 2023).

Penelitian ke-19 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk meningkatkan pengenalan dan promosi objek wisata di Kota Ambon. Kelebihannya adalah efektivitas dalam mempromosikan pariwisata secara interaktif, dengan 89,77% responden menyatakan aplikasi berdampak besar terhadap promosi wisata. Kekurangannya terletak pada ketidakstabilan objek virtual dalam kondisi pencahayaan tertentu dan jarak deteksi yang masih perlu diperbaiki. Hasil

penelitian menunjukkan aplikasi berhasil menarik perhatian pengguna dan mendukung promosi wisata daerah (Samar, 2023).

Penelitian ke-20 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk mengenali bangunan bersejarah di Kota Jambi. Aplikasi. Kelebihannya adalah kemampuannya menyampaikan informasi sejarah secara langsung dan menarik, serta berpotensi sebagai media edukatif dan promosi budaya. Kekurangannya adalah akurasi penempatan objek 3D yang belum stabil, dipengaruhi oleh kondisi cahaya, sinyal GPS, dan kualitas perangkat. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi ini efektif dalam mengenalkan sejarah lokal secara interaktif (A. Nugroho dkk., 2019).

Penelitian ke-21 bertujuan mengembangkan aplikasi AR berbasis *Android* untuk memperkenalkan objek wisata sejarah di Kota Sukabumi. Kelebihannya adalah pengalaman yang interaktif dan menarik dalam mengenal situs sejarah, sementara kekurangannya terletak pada keterbatasan jarak dan sudut kamera yang optimal untuk pemindaian, yaitu 50–100 cm untuk *marker* dan 15–30 cm untuk *markerless*. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi berjalan dengan baik dan efektif sebagai media edukasi sejarah (Natalia & Handi, 2021).

Penelitian ke-22 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan situs-situs bersejarah di Kota Pekanbaru. Kelebihannya terletak pada interaktivitas yang tinggi dan kemudahan penggunaan bagi masyarakat umum. Namun, keterbatasan pada akses teknologi dan kualitas kamera *smartphone* menjadi kekurangan yang memengaruhi pengalaman pengguna secara keseluruhan (Setiawan dkk., 2019).

Penelitian ke-23 bertujuan mengembangkan aplikasi informasi pariwisata museum di TMII. Aplikasi ini menyajikan informasi lengkap tentang 18 museum di TMII. Aplikasi ini dapat digunakan secara offline, memberikan kemudahan akses informasi bagi pengguna. Meskipun kekurangannya tidak dijelaskan secara spesifik dalam jurnal, potensi pengembangan dapat diarahkan pada peningkatan antarmuka pengguna dan pembaruan konten museum secara berkala (Istini & Kautharnadhif, 2022).

Penelitian ke-24 bertujuan untuk mengembangkan aplikasi AR berbasis untuk menyajikan informasi objek sejarah secara interaktif dan *real-time*. Hasilnya adalah aplikasi yang berhasil menampilkan informasi sejarah monumen di Minahasa secara menarik dan dapat digunakan sebagai media edukatif. Kelebihannya terletak pada kemudahan penggunaan serta penyajian informasi yang interaktif, sementara kekurangannya mencakup keterbatasan perangkat keras dan ketergantungan pada koneksi internet (Lontoh dkk., 2022).

Penelitian ke-25 bertujuan untuk mengembangkan aplikasi AR sebagai pemandu wisata yang menampilkan objek wisata alam, sejarah, dan budaya Kalimantan Tengah secara virtual dan interaktif. Hasilnya adalah aplikasi yang mampu menyajikan informasi lokasi, gambar, dan video melalui integrasi dengan *Snapchat*, *Lens Studio*, *Google Maps API*, dan *Street View*. Kelebihannya terletak pada kemampuannya dalam meningkatkan daya tarik wisata dan mempromosikan nilai budaya secara efektif, sementara kekurangannya mencakup keterbatasan akses teknologi AR bagi sebagian masyarakat (Minarni dkk., 2020).

Penelitian ke-26 bertujuan untuk mengembangkan aplikasi AR sebagai media edukasi dalam mengenalkan monumen bersejarah di Indonesia. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat penerimaan yang baik dengan skor SUS 77,166 dari 30 responden, menandakan aplikasi ini layak digunakan. Kelebihannya adalah mampu meningkatkan minat belajar sejarah secara interaktif, sedangkan kekurangannya terletak pada aspek kenyamanan penggunaan dan keterbatasan integrasi dengan berbagai perangkat keras (Nurachman dkk., 2024).

Penelitian ke-27 bertujuan untuk mengembangkan aplikasi AR sebagai *city tour guide* digital di sekitar Jembatan Pasupati, Bandung, dengan menampilkan informasi interaktif. Hasilnya adalah aplikasi yang berfungsi dengan baik dan mampu membantu wisatawan memperoleh informasi pariwisata secara menarik. Kelebihannya terletak pada penyajian informasi interaktif yang meningkatkan daya tarik wisata, sementara kekurangannya adalah ketergantungan pada akses internet untuk menjalankan fitur-fitur aplikasi (Rhomadiniyah dkk., 2023).

Penelitian ke-28 bertujuan mengembangkan aplikasi AR-AyoKeBanjarmasin untuk memudahkan wisatawan menemukan atraksi wisata di Kota Banjarmasin. Hasilnya menunjukkan aplikasi memberikan pengalaman pengguna yang sangat baik dengan skor UEQ 2.93 (kategori “*Excellent*”). Kelebihannya adalah penyajian informasi wisata yang interaktif dan menarik, sedangkan kekurangannya terletak pada minimnya evaluasi terhadap pengalaman pengguna dari aplikasi AR sebelumnya (Syahidi dkk., 2022).

Penelitian ke-29 bertujuan mengembangkan aplikasi *virtual tour* objek wisata di Aceh berbasis AR untuk meningkatkan kunjungan wisata dan promosi destinasi.

Hasil menunjukkan jarak deteksi marker terbaik adalah 25–45 cm dengan sudut 0–60°. Kelebihannya terletak pada penyajian informasi wisata yang lengkap dan menarik, sedangkan kekurangannya adalah keterbatasan penggunaan hanya pada *platform Android* (Anwar dkk., 2022).

Penelitian ke-30 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan wisata dayung sampan di Kecamatan Silau Laut. Hasilnya berupa aplikasi yang menampilkan objek 3D serta informasi interaktif saat *marker* dipindai. Kelebihannya adalah kemudahan penggunaan dan efektivitas sebagai media promosi wisata, sedangkan kekurangannya adalah masih rendahnya tingkat pengenalan aplikasi di kalangan masyarakat luas (Fadhillah dkk., 2024).

Penelitian ke-31 bertujuan mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan *landmark* wisata di Kulon Progo seperti Candi Pringtali, Gua Lawangsih, dan Gua Kiskendo. Metode. Aplikasi ini berhasil meraih skor penilaian 76,9%, menunjukkan tingkat penerimaan yang baik. Kelebihannya terletak pada penyajian informasi wisata yang rinci dan mudah diakses, sementara kekurangannya adalah kebutuhan akan perbaikan lebih lanjut guna meningkatkan performa dan pengalaman pengguna (Arfiani dkk., 2023).

2.8. Matriks Penelitian

Berikut merupakan matriks penelitian yang menjelaskan tentang perbedaan dari penelitian sebelumnya dan penelitian yang selanjutnya akan dilakukan dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Matriks Penelitian

No.	Penelitian	Metode Pengujian									Genre			Metode Pengembangan					Marker	
		<i>Blackbox</i>	<i>SUS</i>	<i>UAT</i>	<i>Post-Test</i>	<i>UEQ</i>	<i>ISO</i>	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Ahli</i>	<i>Edukasi</i>	<i>Informasi</i>	<i>Promosi</i>	<i>MDLC</i>	<i>XP</i>	<i>ADDIE</i>	<i>Waterfall</i>	<i>Agile</i>	<i>Marker</i>	<i>Markerless</i>
1.	(Prasetia dkk., 2018)	✓										✓		✓						✓
2.	(Prayugha & Zuli, 2021)	✓											✓				✓		✓	
3.	(Setaywati dkk., 2023)									✓		✓				✓				✓
4.	(R. A. Nugroho & Kalifia, 2023)	✓										✓					✓			✓

5.	(Renaldy & Zakiah, 2020)							✓				✓		✓						✓
6.	(Efendi dkk., 2019)	✓											✓							✓
7.	(Syafirullah dkk, 2022)	✓											✓	✓					✓	
8.	(Purbasari & Kusuma, 2022b)								✓				✓	✓					✓	
9.	(Tohir & Rojat, 2022)								✓			✓		✓					✓	
10.	(Afriansya dkk., 2020)											✓					✓		✓	
11.	(Santori, 2022)	✓	✓									✓		✓					✓	
12.	(Sulfikar dkk., 2020)							✓	✓		✓	✓								✓
13.	(Kusuma dkk., 2021)	✓										✓						✓		✓
14.	(Rosyada dkk., 2023)	✓									✓	✓		✓					✓	

15.	(Kolopita dkk., 2023)												✓						✓	
16.	(Purba et al., 2019)	✓	✓									✓					✓			✓
17.	(Wirawan dkk., 2021)	✓	✓										✓	✓					✓	
18.	(Nugraha dkk., 2023)						✓			✓				✓					✓	
19.	(Samar, 2023)	✓		✓								✓		✓						✓
20.	(A. Nugroho dkk., 2019)	✓										✓		✓						✓
21.	(Natalia & Handi, 2021)	✓										✓		✓					✓	✓
22.	(Setiawan dkk., 2019)	✓			✓							✓		✓						✓
23.	(Istini & Kautharnadhif, 2022)	✓										✓					✓			✓
24.	(Lontoh dkk., 2022)						✓			✓				✓						✓

25.	(Minarni dkk., 2020)							✓					✓				✓		✓	
26.	(Nurachman dkk., 2024)	✓	✓								✓			✓					✓	
27.	(Rhomadiniya h dkk., 2023)	✓											✓	✓					✓	
28.	(Syahidi dkk., 2022)	✓				✓							✓		✓				✓	
29.	(Anwar dkk., 2022)	✓											✓						✓	
30.	(Fadhillah dkk., 2024)						✓					✓		✓					✓	
31.	(Arfiani dkk., 2023)		✓							✓			✓	✓					✓	

2.9. Penelitian Terdekat

Berdasarkan tabel 2.1 Matriks Penelitian, secara metode pengembangan, metode pengujian, *genre*, dan penggunaan *marker*, penelitian yang ditulis oleh Willy Santori adalah yang mendekati dengan penelitian ini. Berikut merupakan perbedaan dan kebaruan penelitian yang dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbedaan dan Kebaruan Penelitian

No.	Perbedaan dan Kebaruan	
	Penelitian Terdekat	Penelitian Sekarang
1.	Objek penelitian di Museum Lampung.	Objek penelitian di bus wisata Ngulisik.
2.	Terdapat kendala pada kualitas kamera dan pencahayaan.	Perbaikan pada kondisi kurang pencahayaan dan kamera tidak stabil, dimana <i>marker</i> masih terdeteksi dan menampilkan objek 3D .
3.	Menggunakan <i>ARToolkit</i> sebagai SDK.	Menggunakan <i>Vuforia</i> sebagai SDK, yang memiliki kelebihan penggunaan mudah dan unggul dalam mengenali gambar dan objek 3D secara <i>real-time</i> .
4.	Hanya memiliki 2 pilihan menu yaitu mulai dan panduan.	Memiliki 5 pilihan menu, yaitu mulai, pengaturan, informasi, panduan, dan keluar.
5.	Tidak memiliki <i>background</i> pada aplikasi.	Memiliki <i>background</i> pada aplikasi.