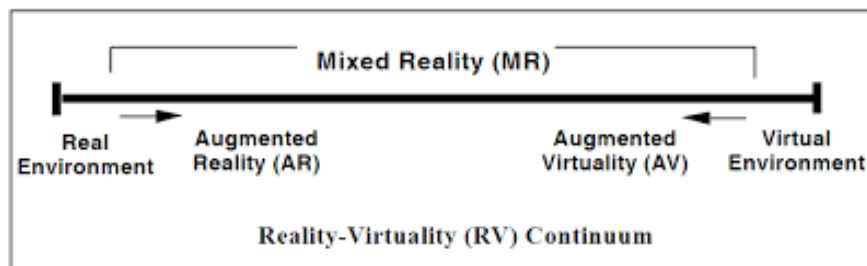


## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Augmented Reality (AR)

AR adalah teknologi yang menggabungkan elemen dunia nyata dengan objek virtual secara interaktif dalam waktu nyata. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan objek virtual seperti gambar, teks, maupun animasi yang ditampilkan secara langsung di atas lingkungan nyata melalui perangkat seperti smartphone, tablet, atau kacamata pintar (Ahmad and Samsugi 2022). Implementasi AR memerlukan beberapa komponen utama, yaitu hardware (perangkat dengan kamera, sensor, dan kemampuan pemrosesan grafis), software (aplikasi untuk pelacakan dan rendering objek virtual), serta sensor pendukung seperti GPS (Rashid, Utama, and Pramono 2024). AR memiliki tiga karakteristik yaitu menggabungkan elemen dunia nyata dengan dunia virtual secara bersamaan, memungkinkan interaksi secara langsung dan waktu nyata, serta terintegrasi dalam lingkungan virtual (Septian et al. 2020).

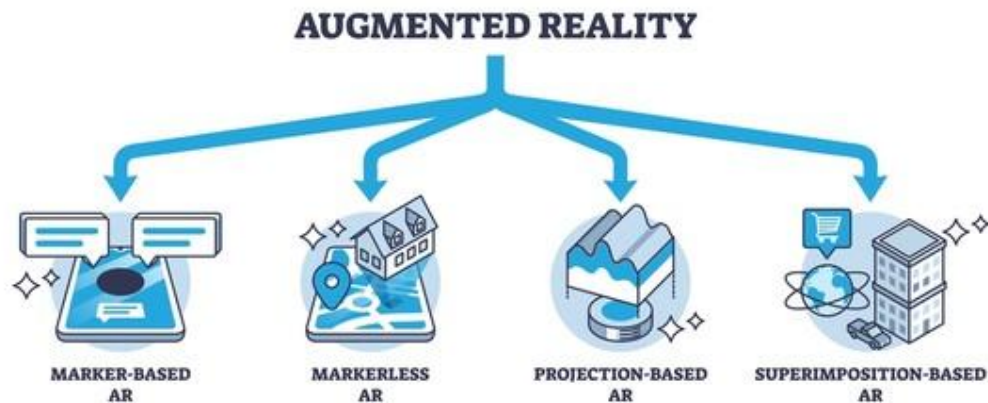
AR Berbeda dengan *Virtual Reality (VR)* karena tidak menggantikan dunia nyata sepenuhnya, melainkan memperkaya pengalaman pengguna dengan lapisan informasi tambahan yang seolah-olah hadir secara langsung di dunia nyata. Sementara itu, *Mixed Reality (MR)* menggabungkan kedua dunia yaitu nyata dan virtual, dengan memasukkan aspek dari keduanya (Kaplan et al. 2021).



**Gambar 2.1** Reality-Virtuality Continuum

Pada gambar 2.1 konsep *Reality-Virtuality Continuum* menunjukkan bahwa rentang perpaduan antara dunia nyata dan dunia virtual dalam teknologi digital. Pada ujung kiri terdapat lingkungan nyata sepenuhnya (*real environment*), sementara di ujung kanan terdapat lingkungan virtual sepenuhnya (*virtual environment*). Diantara keduanya terdapat bentuk-bentuk realitas campuran (*mixed-reality*), seperti AR yang menambahkan elemen virtual ke dunia nyata, dan *Augmented Virtuality (AV)* yang menghadirkan elemen nyata kedalam dunia virtual. Gambar tersebut menunjukkan bahwa AR

dan AV bukanlah dua hal yang terpisah, melainkan bagian dari satu kesatuan spektrum realitas, tergantung pada seberapa besar elemen nyata dan virtual dikombinasikan dalam suatu sistem. Kontinum ini membantu memahami posisi dan peran masing-masing teknologi dalam penggabungan dunia fisik dan digital (Haryani and Triyono 2020).



**Gambar 2.2** Jenis AR

AR dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan teknologi dan metode yang digunakan sebagai pemicu atau penggerakannya yaitu:

1. Marker-based AR

*Marker-based* AR bergantung pada penggunaan marker fisik seperti kode QR, gambar, logo, atau objek tertentu yang memiliki fitur visual khas. Kamera perangkat digunakan untuk mendeteksi marker dan melalui pengenalan gambar, konten virtual diproyeksikan ke posisi marker tersebut.

2. Markerless AR

*Markerless* AR tidak memerlukan marker fisik sama sekali. Sebagai gantinya, sistem ini menggunakan data sensor seperti GPS, gyroscope, digital compass, dan accelerometer yang didukung oleh teknologi pelacakan posisi seperti SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*). Teknologi ini memungkinkan penempatan objek virtual secara bebas di ruang nyata tanpa marker dan cocok untuk aplikasi yang memerlukan mobilitas tinggi dan pengalaman lebih fleksibel, seperti navigasi atau penggabungan objek dalam lingkungan indoor dan outdoor.

### 3. Projection-Based AR

*Projection-Based AR* menggunakan proyeksi Cahaya atau gambar ke permukaan nyata untuk menampilkan konten digital. Teknologi ini menciptakan pengalaman visual yang realistis dan bahkan mampu mengenali sentuhan dan interaksi langsung dengan proyeksi tersebut.

### 4. Superimposition-Based AR

Merupakan jenis AR yang mengenali dan menyoroti bagian tertentu dari dunia nyata dan kemudian menggantinya atau menambahkannya dengan representasi virtual yang relevan. Teknologi ini bekerja dengan cara mengganti atau mereplikasi bagian dari objek nyata dengan objek virtual yang telah diprogram sebelumnya, sehingga memberikan pengalaman yang lebih realistis dan imersif.

Secara keseluruhan, keempat jenis AR tersebut menawarkan solusi yang beragam dan inovatif untuk berbagai kebutuhan. Pemilihan jenis AR yang tepat sangat penting untuk menciptakan pengalaman yang efektif dan menarik, sesuai dengan konteks penggunaannya (Titchiev et al. 2023).

Teknologi AR telah banyak diterapkan dalam berbagai sektor, seperti pendidikan, kesehatan, hingga pariwisata. Di sektor pariwisata, AR digunakan untuk menghadirkan pengalaman interaktif melalui informasi sejarah, navigasi digital, hingga panduan wisata berbasis lokasi (Budiarti et al. 2024). Dengan demikian, AR berpotensi besar untuk mendukung pengenalan landmark dan pengembangan destinasi wisata.

## 2.2 Geolocation

*Geolocation* adalah proses atau teknik untuk menentukan Lokasi geografis dari entitas di internet, seperti perangkat, pengguna, atau data tertentu (Zilberman et al. 2024). Teknologi *Geolocation* tidak hanya berperan dalam menentukan posisi suatu objek di permukaan bumi, tetapi juga dapat dikombinasikan dengan teknologi pemetaan dan navigasi berbasis *real-time*. Sistem seperti ini memanfaatkan *Global Positioning System* (GPS) dan sensor orientasi perangkat (seperti gyroscope dan magnetometer) untuk melacak posisi serta arah pandang pengguna secara akurat dan responsif (Taufiqurrahman et al. 2025).

Dalam konsep *Geolocation* pada umumnya, posisi geografis suatu perangkat atau pengguna ditentukan berdasarkan koordinat latitude (garis lintang) dan longitude (garis bujur), yang merupakan sistem koordinat global untuk menentukan lokasi secara akurat di permukaan bumi. Teknologi *Geolocation* memanfaatkan sinyal dari berbagai sumber seperti GPS dan Wi-Fi untuk menghitung nilai latitude dan longitude pengguna secara *real-time*.

Nilai koordinat ini kemudian digunakan untuk menampilkan lokasi pengguna pada peta digital, memungkinkan aplikasi mobile berbagi posisi antar pengguna dan menandai titik-titik menarik seperti objek wisata dengan pin pada peta. Pada implementasi aplikasi android, layanan *Geolocation* dari google menyediakan library yang mengolah data latitude dan longitude secara andal, sementara layanan cloud seperti firebase digunakan untuk menyimpan dan memperbarui koordinat tersebut secara realtime dalam sistem berbagi lokasi (Ivanochko et al. 2021).

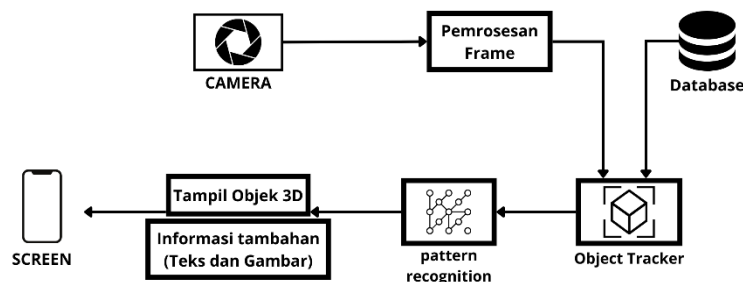
### **2.3 Geolocation-Based AR**

AR berbasis *Geolocation* adalah teknologi yang menggabungkan elemen digital dengan lokasi geografis pengguna secara *real-time*. Integrasi AR dengan teknologi *Geolocation* memberikan manfaat berupa peningkatan kemampuan visualisasi objek atau informasi digital yang diproyeksikan secara *real-time* sesuai dengan lokasi fisik pengguna. Hal ini memungkinkan pengalaman interaktif yang lebih realistis dan kontekstual, dimana pengguna dapat melihat dan berinteraksi dengan model 3D atau data digital yang diposisikan tepat pada tempat yang sebenarnya dalam dunia nyata. Integrasi ini sangat berguna untuk berbagai aplikasi seperti, promosi produk, pendidikan, hingga pengenalan landmark wisata, karena memudahkan pemahaman, komunikasi, serta pengambilan keputusan dengan menampilkan informasi yang relevan dan akurat berdasarkan posisi pengguna tanpa membutuhkan marker fisik tambahan. Dengan demikian kombinasi AR dan *Geolocation* mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam penyampaian informasi serta mendukung kolaborasi di berbagai bidang (Prayitno, Sunardi, and Yuliansyah 2025).

Sebagai studi kasus, implementasi aplikasi DenpasAR di kota Denpasar memanfaatkan AR berbasis lokasi (*markerless*) dengan teknologi Global Positioning System (GPS) untuk memperkenalkan atraksi wisata berupa karya seni budaya seperti arsitektur bangunan dan patung. Aplikasi ini memberikan informasi detail dan arahan secara interaktif kepada wisatawan mandiri, khususnya Free Independent Traveler (FIT) yang biasanya tidak menggunakan jasa pemandu wisata. Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat yang mencakup sosialisasi, pelatihan, dan evaluasi, menunjukkan bahwa aplikasi ini meningkatkan pemahaman dan apresiasi terhadap nilai-nilai kearifan lokal serta mendukung pelestarian budaya setempat. Lebih jauh, pengembangan aplikasi DenpasAR berbasis lokasi berpotensi menjadi model pemanfaatan teknologi berbasis lokasi 4.0 untuk meningkatkan daya tarik wisata digital dan mendukung pariwisata berkelanjutan dengan menyuguhkan informasi lengkap dan mudah diakses berdasarkan lokasi pengguna secara *real-time* (Nirmala, Utami, and Paramitha 2020).

## 2.4 Markerless AR

*Markerless* atau disebut juga *location-based tracking* adalah metode AR yang tidak memerlukan penggunaan marker atau penanda khusus untuk menampilkan elemen digital dalam dunia nyata. Metode ini menggunakan teknologi pelacakan lingkungan dan computer vision untuk mengenali kondisi sekitar sehingga objek 3D dapat ditampilkan secara langsung tanpa bantuan marker fisik, sehingga memberikan pengalaman yang lebih praktis dan fleksibel bagi pengguna (Miyanti, Muhidin, and Ardiatma 2023). Perbedaan antara *marker-based* AR dan *markerless* AR terletak pada metode deteksi lokasi objek AR. *Marker-based* AR menggunakan pola cetak khusus sebagai penanda berupa marker yang diletakkan bidang planar, yang kemudian menjadi titik awal kemunculan objek AR. Pola ini harus dikenali oleh sistem agar objek AR dapat tampil dengan stabil pada posisi marker tersebut. Sedangkan pada *markerless* AR, penentuan posisi objek AR tidak bergantung pada pola marker fisik, melainkan berdasarkan penyebaran titik-titik pada permukaan bidang datar, sehingga objek AR dapat muncul secara fleksibel tanpa perlu marker cetak. *Markerless* AR umumnya lebih akurat dan stabil, terutama pada jarak yang lebih jauh, dengan akurasi hingga 93% dibanding *marker-based* yang sekitar 83% (Arifitama et al. 2022).



**Gambar 2.3** Alur Kerja AR dengan Metode *Markerless*

alur kerja aplikasi yang menggunakan metode *markerless* ini dimulai ketika kamera menangkap suatu pola yang telah disimpan sebelumnya dalam basis data Vuforia. Pola tersebut kemudian diproses dan dikenali melalui vuforia SDK. Setiap frame hasil tangkapan kamera akan dicocokkan dengan data yang ada di basis data vuforia. Jika pola berhasil dikenali *object tracker*, maka sistem akan memanggil data gambar yang sesuai. Setelah itu, objek tiga dimensi akan ditampilkan secara *real-time* pada layar smartphone (Saputra 2020).

*Markerless* AR bekerja dengan memanfaatkan sensor posisi dan arah perangkat untuk menampilkan objek virtual tanpa memerlukan marker visual khusus sebagai acuan. Dalam implementasinya, sistem menggunakan data koordinat GPS seperti latitude, longitude, dan altitude yang kemudian dikonversi ke dalam koordinat layar smartphone menggunakan metode Navigation Coordinate System (ENU) dan AR Location Based Projection. Data ini dikombinasikan dengan informasi arah dan lokasi pengguna sehingga objek AR dapat diproyeksikan secara *real-time* sesuai posisi pengguna saat itu. Integrasi dengan Google Maps API memungkinkan sistem menampilkan titik-titik lokasi atau Point of Interest (POI) berbasis data dari database secara dinamis pada peta, sehingga memudahkan visualisasi lokasi secara langsung melalui perangkat mobile berbasis android (Mahesa, Al Huda, and Kharisma 2022).

Integrasi teknologi *markerless* AR dengan *Geolocation* dalam aplikasi AR memungkinkan tampilan objek digital 3D di lingkungan nyata tanpa memerlukan pananda fisik. Dengan sistem *markerless*, objek dapat muncul secara otomatis ketika kamera mendeteksi permukaan datar, sementara *Geolocation* menyediakan informasi lokasi pengguna dan titik-titik penting di peta digital. Kombinasi ini memudahkan pengguna dalam menemukan dan mendapatkan informasi tentang objek atau tempat tertentu berdasarkan posisi pengguna secara *real-time*. Pendekatan ini meningkatkan interaksi serta pengalaman pengguna dengan konten digital yang relevan dan kontekstual sesuai lokasi, tanpa ketergantungan pada marker khusus (Maulana Syarif et al. 2024).

## 2.5 Metode Haversine

Metode Haversine adalah suatu rumus yang digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik pada permukaan bumi berdasarkan koordinat lintang (latitude) dan bujur (longitude). Rumus ini memperhitungkan kelengkungan bumi sehingga hasil perhitungan jarak lebih akurat dibanding dengan metode Euclidean yang menggunakan jarak lurus di bidang datar. Dalam konteks sistem informasi geografis, seperti pada aplikasi penerapan AR dan *Geolocation* untuk pengenalan landmark, metode Haversine memungkinkan penentuan lokasi objek wisata terdekat, sehingga mempermudah pengguna dalam menemukan destinasi wisata yang terdekat dari posisi pengguna (Ardiansyah and Rosnelly 2024).

Rumus Haversine secara umum digunakan untuk menghitung jarak lintasan terpendek antara dua titik di permukaan bumi yang dianggap sebagai bola sempurna. Hal ini relevan karena bumi sebenarnya tidak datar melainkan memiliki kelengkungan (Tundjungsari 2025). Persamaan yang digunakan berdasarkan bentuk bumi yang bulat (*spherical earth*) dengan menghilangkan faktor bahwa bumi itu sedikit elips (*elipsoidal factor*). Rumus ini merupakan

bentuk khusus dari prinsip dasar dalam trigonometri bola, yaitu hukum haversine, yang digunakan untuk menghitung jarak berdasarkan sisi dan sudut pada segitiga bola (Santiyasa et al. 2022). Berikut rumus metode haversine:

$$d = 2r \cdot \text{asin}(\sqrt{\sin(\Delta\text{lat})^2 + \cos(\text{lat}2) \cdot \cos(\text{lat}1) \cdot \sin(\Delta\text{long})^2})$$

Keterangan:

r	= jari-jari bumi sebesar 6.371.000 (m)
d	= jarak antara dua titik (m)
lat1, lat2	= lintang titik1 dan titik 2 (radian)
long1, long2	= bujur titik 1 dan bujur titik 2 (radian)
$\Delta\text{lat}$	= lat2 – lat1
$\Delta\text{long}$	= long2 – long1
1 derajat	= 0.0174532925 radian

Keunggulan:

1. Akurasi: Metode Haversine memberikan hasil yang lebih akurat untuk pengukuran jarak di permukaan bumi dibandingkan dengan metode Euclidean yang menganggap bumi sebagai bidang datar.
2. Sederhana: Rumus ini relatif mudah diimplementasikan dalam berbagai aplikasi, termasuk aplikasi berbasis web dan mobile.

Menentukan jarak terpendek antara dua titik dengan koordinat bujur dan lintang di permukaan bumi. Karena bumi berbentuk bulat, garis tersebut melengkung dan tidak berada pada bidang datar. Perhitungan menggunakan Rumus Haversine ini cukup kompleks, meskipun tidak mempertimbangkan bentuk permukaan seperti gunung dan lembah yang ada di permukaan bumi. Namun, meskipun akurat dalam banyak kasus, metode Haversine memiliki keterbatasan penting yakni tidak memperhitungkan perbedaan elevasi (ketinggian) antar titik. Akibatnya, pada wilayah dengan topografi yang tidak rata yang memiliki perbedaan ketinggian daratan dan pesisir, hasil perhitungan jarak menggunakan haversine dapat sedikit menyimpang dari jarak sebenarnya.

## 2.6 Landmark

Landmark adalah titik atau objek yang berfungsi sebagai penanda visual yang menonjol di suatu wilayah atau kota, yang memudahkan orientasi dan memberikan identitas khas pada suatu daerah. Landmark biasanya memiliki nilai simbolik atau estetika yang kuat serta dapat berupa bentuk fisik seperti menara, tugu, bangunan ikonik, atau fitur alam yang mencolok. Fungsi utama landmark adalah sebagai rujukan dalam navigasi dan pengenalan wilayah, sehingga memudahkan masyarakat lokal maupun pengunjung untuk mengenali serta mengingat suatu tempat. Selain itu, landmark sering menjadi

simbol identitas kota karena memiliki arti khusus dan dapat dikenali oleh orang dari luar kota (Umar 2022).

Landmark tidak hanya berupa bangunan atau tugu yang khas, tetapi juga dapat dibedakan berdasarkan jangkauan pandangnya. Beberapa landmark bersifat jauh (*distant landmark*) yang dapat terlihat dari berbagai sudut dan jarak jauh, biasanya berada di atas puncak elemen-elemen yang lebih kecil dan berfungsi sebagai acuan orientasi utama dalam perjalanan. Sedangkan landmark lokal hanya dapat dilihat dari jarak terbatas dan sering digunakan sebagai petunjuk identitas atau struktur ruang yang lebih spesifik di dalam kawasan tersebut. Fungsi landmark sangat penting dalam proses pencarian jalan karena landmark berperan sebagai isyarat yang berbeda dan tidak terlalu banyak jumlahnya, sehingga dapat membantu seseorang dalam mengenali dan menavigasi ruang secara lebih mudah dan efektif. Oleh karena itu, keberadaan landmark menjadi salah satu faktor utama dalam pembentukan identitas visual dan pola orientasi suatu kota atau kawasan (Wicaksono 2022).

## 2.7 Sistem Operasi Android

Android adalah sistem operasi berbasis linux yang dirancang khusus untuk perangkat mobile seperti smartphome dan tablet. Android mengalami perkembangan pesat sejak diperkenalkan oleh Google, menjadi platform yang fleksibel dan open-source yang memungkinkan berbagai pengembang untuk menciptakan aplikasi inovatif yang dapat berjalan di berbagai perangkat keras. Dalam konteks aplikasi berbasis lokasi dan AR, android menyediakan berbagai fitur pendukung seperti GPS, kamera, kompas, dan sensor lainnya yang sangat penting untuk mengembangkan aplikasi layanan lokasi (LBS) dan AR secara efektif dan *real-time* (Kiswanto et al. 2022).



**Gambar 2.4** Logo Android

Keunggulan android dalam pengembangan aplikasi mobile terletak pada kemampuannya memberikan akses penuh dan langsung ke fungsi perangkat keras melalui API khusus platform, yang memungkinkan aplikasi untuk memiliki performa tinggi dan pengalaman pengguna yang optimal, terutama untuk aplikasi dengan kebutuhan grafis dan proses intensif seperti game. Pengembangan aplikasi android menggunakan bahasa pemrograman

java melalui Android Studio IDE, yang merupakan alat pengembangan resmi dan telah mendukung ekosistem luas bagi para developer. Selain itu, android sebagai platform native memungkinkan aplikasi yang dibangun khusus untuk sistem operasi ini dapat memanfaatkan sepenuhnya fitur perangkat, seperti GPS, kamera, dan notifikasi push, sehingga menghasilkan aplikasi yang lebih responsif dan efisien dibandingkan pendekatan lintas platform. Namun, pengembangan native di android juga memiliki tantangan seperti kebutuhan sumber daya yang tinggi dan ketergantungan platform, yang memicu munculnya pendekatan cross-platform seperti hybrid dan Progressive Web Apps (PWAs). Dengan demikian android tetap menjadi pilihan utama bagi aplikasi yang membutuhkan performa maksimal dan integrasi mendalam dengan perangkat mobile (Gerges and Elgalb 2024).

## 2.8 Android Studio

Android Studio adalah sebuah Integrated Development Environment (IDE) yang dirancang khusus untuk pengembangan aplikasi pada platform android. Android Studio dikembangkan berbasis software JetBrains IntelliJ IDEA dan pertama kali diperkenalkan oleh Google pada Google I/O Conference tanggal 16 Mei 2013. Awalnya berada pada tahap preview (versi 0.1). sampai Mei 2020, versi stabil terbaru adalah 4.0. Android Studio tersedia gratis untuk para pengembang dan menjadi lingkungan utama untuk pengembangan aplikasi android hingga saat ini (Sebastian Usin 2021). Fitur pada Android Studio meliputi:

1. Alat Pengembang Lengkap

Android Studio menyediakan seperangkat alat pengembangan yang komprehensif seperti debugger, pustaka perangkat lunak (library), emulator perangkat android, dokumentasi lengkap, sampel kode, dan tutorial. Alat ini membantu pengembang dalam proses coding, debugging, dan pengujian aplikasi android secara efisien.

2. Manajemen APK

Android Studio manage kode, data, serta file aplikasi menjadi sebuah android Android Package (APK) yang dapat dipasang langsung pada perangkat android. APK merupakan file arsip yang berisi semua materi aplikasi dan merupakan file standar yang digunakan perangkat android untuk menginstal aplikasi.

3. Bahasa Pemrograman

Pengembangan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman Java dengan XML untuk desain tampilan antarmuka pengguna (*User Interface*). Android Studio mendukung pembuatan layout seperti linear layout dan relative layout yang memudahkan pengaturan tampilan aplikasi.

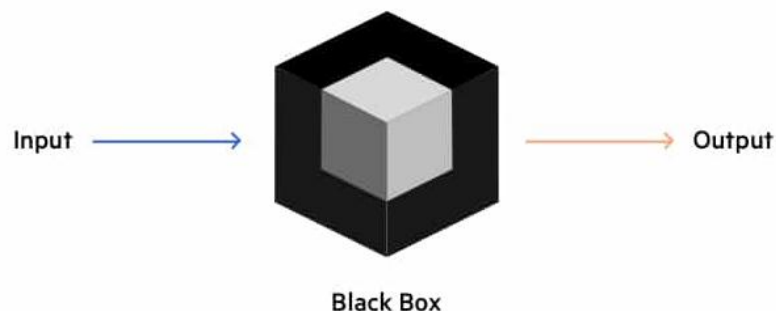
#### 4. Emulator Android

Android Studio dilengkapi dengan emulator yang memungkinkan pengembang menguji aplikasi di berbagai konfigurasi perangkat tanpa harus menggunakan perangkat fisik. Hal ini meningkatkan efektivitas pengujian aplikasi sebelum diluncurkan.

Android studio merupakan IDE resmi untuk pengembangan aplikasi android yang bersifat open source dan menyediakan banyak keunggulan. Salah satu keunggulan Android Studio adalah dilengkapi dengan intelligent code editor yang mampu mengolah dan menganalisis kode secara lengkap sehingga meningkatkan produktivitas pengembang. Selain itu, Android Studio menawarkan fitur code templates dan integrasi GitHub yang memudahkan developer dalam mengembangkan aplikasi dengan menggunakan contoh kode yang sudah tersedia atau mengimpor kode dari repositori GitHub. Emulator yang ada juga mendukung berbagai ukuran dan bentuk perangkat, memungkinkan developer untuk melihat hasil proyek mereka di berbagai device secara langsung (Medikano et al. 2023).

### 2.9 Black-Box Testing

Dalam pengembangan perangkat lunak, tahap pengujian memegang peran penting untuk menjamin bahwa sistem yang dibangun berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Salah satu metode pengujian yang umum digunakan adalah *Black-Box Testing*, yaitu metode pengujian perangkat lunak yang fokus pada pengamatan hasil keluaran dari sebuah program berdasarkan berbagai data masukan tanpa melihat struktur internal atau kode dari program. Tujuan utama metode ini adalah untuk memastikan bahwa setiap fungsi dalam aplikasi berjalan sebagaimana yang diharapkan dengan mengevaluasi interaksi antara input dan output yang dihasilkan (Ibnu Rahmat, Andreswari, and Setiawan 2021).



**Gambar 2.5** Logo Black-Box Testing

*Black-Box Testing* mengandalkan serangkaian teknik khusus untuk meningkatkan efektivitas dan cakupan pengujian tanpa perlu memahami implementasi teknis dari sistem. Diantaranya adalah Equivalence Partitioning, yang membagi data masukan kedalam beberapa kelompok yang dianggap mewakili kemungkinan nilai input; Boundary Value Analysis, yang menekankan pada pengujian nilai-nilai batas minimum dan maksimum untuk mendeteksi potensi kesalahan; Fuzzing, yaitu metode dengan menyisipkan data yang tidak valid atau acak untuk mengidentifikasi celah atau bug; serta Cause-Effect Graphing, yang menggunakan diagram hubungan sebab-akibat untuk merancang kasus uji berdasarkan logika sistem (Nur Ichsanudin et al. 2022).

Metode ini memungkinkan pengujian dilakukan dari perspektif pengguna akhir, tanpa menyinggung detail teknis kode sumber. Penguji hanya perlu menyediakan berbagai skenario masukan dan mengevaluasi apakah keluaran sistem telah sesuai dengan spesifikasi fungsional yang ditetapkan sebelumnya. Pendekatan ini terbukti efektif untuk mengidentifikasi berbagai macam kesalahan, seperti fungsi yang tidak merespon, kegagalan dalam akses data, serta kesalahan pada antarmuka pengguna. Selain itu, karena tidak memerlukan pemahaman mendalam tentang bahasa pemrograman yang digunakan, pengujian ini sering dilakukan oleh pihak yang tidak terlibat langsung dalam proses pengembangan aplikasi. Dengan demikian, *Black-Box Testing* tidak hanya memberikan hasil evaluasi yang lebih objektif, tetapi juga mencerminkan kondisi riil yang akan dialami pengguna akhir, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas perangkat lunak secara keseluruhan (Putri, Ginting, and Lubis 2024).

## 2.10 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.1** Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Hasil Pembahasan
1	(Mursyidah, Husaini, and Mahyar 2023)	Aplikasi <i>Augmented Reality</i> Pengenalan Landmark Pariwisata Aceh	Pengujian aplikasi AR menunjukkan jarak terbaik kamera untuk membaca marker adalah antara 20 cm hingga 60 cm dengan sudut kemiringan kamera ideal antara 0° sampai	Hasil pengujian mengindikasikan bahwa keberhasilan pendeteksian marker dan tampilan objek 3D sangat bergantung pada parameter jarak, sudut kemiringan, dan skala marker.

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Hasil Pembahasan
			<p>40°. Skala marker yang digunakan bervariasi antara 50 sampai 500, dimana semakin besar nilai skala marker maka jarak pendeteksian pola image target semakin pendek.</p>	<p>Skala marker yang lebih kecil memungkinkan kamera mendeteksi target dari jarak yang lebih jauh, namun sudut kemiringan terbaik adalah di rentang 0° - 40° untuk hasil optimal</p>
2	(Nasution and Muliani Harahap 2024)	<p>Implementasi Metode <i>Location Based Service</i> pada Aplikasi <i>Augmented Reality</i> Pengenalan Objek Wisata Kota Medan</p>	<p>Mengembangkan aplikasi berbasis AR yang menampilkan objek wisata di Kota Medan dengan fitur navigasi menggunakan API custom Mapbox. Aplikasi ini mempermudah pengguna dalam menjelajahi dan mengetahui informasi objek wisata dengan menampilkan objek 3D pada kamera smartphone serta memberikan petunjuk arah <i>real-time</i>.</p>	<p>Implementasi aplikasi ini mencakup sejumlah fitur utama, antara lain tampilan awal (splash screen), halaman utama (dashboard), pengelompokan objek wisata berdasarkan kategori seperti wisata buatan, religi, dan sejarah, daftar objek wisata, serta fitur navigasi berbasis AR yang menggabungkan kamera smartphone dengan informasi lokasi pengguna. Seluruh objek wisata dalam aplikasi telah dimodelkan dalam</p>

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Hasil Pembahasan
				<p>bentuk 3D menggunakan perangkat lunak Blender. Secara otomatis, aplikasi akan meminta izin akses lokasi demi mendukung akurasi navigasi. Integrasi API Mapbox memungkinkan tampilan peta interaktif dengan penunjuk arah berbasis AR</p>
3	(Evagelou, Kleftodimos, and Lappas 2024)	<i>Creating Location-Based Mobile Applications for Tourism: AA Virtual AR Guide for Western Macedonia</i>	<p>Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi pemandu wisata berbasis AR. Aplikasi ini memanfaatkan kombinasi AR <i>marker-based</i>, <i>markerless</i>, dan <i>location-based</i> untuk menyajikan konten multimedia interaktif seperti teks, audio, video, model 3D, serta avatar virtual. Hasil uji coba menunjukkan bahwa aplikasi ini dinilai mudah digunakan dan mampu</p>	<p>Penggunaan AR yang dipadukan dengan storytelling melalui karakter virtual tokoh sejarah dan mitologi terbukti efektif dalam menyampaikan informasi secara edukatif dan menarik. Fitur <i>marker-based</i> AR memungkinkan aktivasi konten melalui pemindaian objek fisik seperti patung atau rambu, sedangkan AR berbasis lokasi dan peta interaktif membantu navigasi di area pegunungan.</p>

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Hasil Pembahasan
			meningkatkan daya tarik pengunjung terhadap destinasi wisata lokal	Hasil uji coba menunjukkan bahwa aplikasi ini berpotensi menjadi media promosi wisata dan edukasi budaya, serta dapat dikembangkan lebih lanjut berdasarkan umpan balik pengguna
4	(Nur Hayati 2020)	aplikasi Pemandu Wisata Kota Makassar Menggunakan Augmentes Reality dengan Metode Location Based Service (LBS) berbasis Android	Penelitian ini menghasilkan aplikasi pemandu wisata berbasis android yang menggabungkan teknologi AR dan Location Based Services (LBS) untuk memberikan informasi lokasi dan objek wisata di kawasan Pantai Losari, Makassar. Berdasarkan uji coba beta terhadap 10 pengguna, aplikasi memperoleh tingkat kepuasan sebesar 84%, dengan 90% responden	Aplikasi yang dikembangkan menampilkan antarmuka utama yang mudah digunakan serta halaman informasi destinasi wisata yang dilengkapi gambar, video, deskripsi, dan fasilitas. Teknologi AR berhasil diintegrasikan untuk menampilkan objek secara <i>real-time</i> , meskipun performanya masih dipengaruhi oleh kestabilan jaringan dan spesifikasi perangkat. Pengujian alpha menunjukkan aplikasi berjalan

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Hasil Pembahasan
			<p>menyatakan setuju atau sangat setuju bahwa aplikasi ini memudahkan mereka dalam mengenali lokasi wisata dan informasi di sekitarnya</p>	<p>stabil, dan pengujian beta menunjukkan bahwa fitur AR dan LBS berfungsi sesuai ekspektasi pengguna</p>
5	(Prayitno, Sunardi, and Yuliansyah 2025)	<p>Implementasi <i>Markerless Location-Based</i> Untuk Aplikasi <i>Augmented Reality</i> Berbasis Android</p>	<p>Penelitian ini menghasilkan aplikasi AR berbasis android dengan pendekatan <i>markerless location-based</i>, yang mampu menampilkan model 3D bangunan secara <i>real-time</i> menggunakan data GPS di lokasi proyek. Aplikasi ini menunjukkan kompatibilitas tinggi pada berbagai perangkat mobile, serta memiliki akurasi pelacakan dan kualitas grafis yang baik.</p>	<p>Aplikasi yang dikembangkan dilengkapi fitur interaktif seperti visualisasi 3D, pengukuran jarak, dan anotasi model yang meningkatkan kemudahan dan kejelasan dalam memahami desain bangunan. Uji coba pada berbagai perangkat menunjukkan performa aplikasi yang stabil dan responsif. Meskipun terdapat beberapa keterbatasan, aplikasi ini memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas pekerjaan konstruksi</p>