

## BAB II LANDASAN TEORI

Paragraf ini menyajikan tinjauan literatur dan teori yang menjadi dasar konseptual dalam pelaksanaan penelitian. Isi dari bab ini mencakup teori-teori yang relevan, penelitian-penelitian terdahulu yang sejalan dengan fokus kajian, serta penjelasan mengenai kerangka pemikiran yang melandasi pengembangan media pembelajaran. Setiap bagian dalam bab ini disusun secara sistematis untuk memperkuat fondasi ilmiah dari penelitian yang dilakukan, memperjelas konteks permasalahan, serta mengidentifikasi celah penelitian yang dapat diisi melalui studi ini.

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung kejelasan fokus penelitian serta menghindari duplikasi studi, penelusuran terhadap sejumlah penelitian terdahulu menjadi langkah penting dalam menyusun landasan teori. Kajian terhadap penelitian sebelumnya memberikan gambaran mengenai pendekatan, metode, serta hasil yang telah dicapai dalam topik yang relevan. Selain itu, analisis terhadap persamaan dan perbedaan dari penelitian terdahulu memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) yang dapat dijadikan dasar dalam merumuskan kontribusi ilmiah baru. Penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan pengembangan media pembelajaran berbasis AR dalam mata pelajaran Jaringan Komputer disajikan untuk memberikan pijakan konseptual bagi studi ini. Adapun *research gap* yang berhasil diidentifikasi dapat dilihat secara lebih rinci pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** *Research Gap*

No	Penulis & tahun	Fokus Penelitian	Metode	Hasil	Analisis GAP
01	Afandi Nur Aziz Thohari (2021)	AR pengenalan perangkat jaringan	MDLC	AR dinyatakan layak dan meningkatkan pemahaman mahasiswa	Menggunakan AR, namun hanya sebatas pengenalan perangkat, belum mencakup simulasi routing

No	Penulis & tahun	Fokus Penelitian	Metode	Hasil	Analisis GAP
2	Inka Falya Matin (2024)	Media pembelajaran routing berbasis mobile (2D)	R&D	Kelayakan 90%, instrumen valid dan reliabel	Belum menggunakan AR dan visualisasi 3D routing statik maupun dinamis
3	Ahmad Farhan Apriansyah (2022)	AR routing protocol untuk siswa SMK	Waterfall	Skor SUS 83,9 (Grade B), sistem berjalan baik	Fokus pada SMK dan uji usability, belum ada <i>pretest-posttest</i> dan simulasi routing dinamis
4	Andi Priyolistiyanto (2024)	Media AR teknik komputer dasar	MDLC	Kelayakan media 71% (layak)	Belum membahas materi simulasi routing
5	Miloka Dalifa (2025)	AR perangkat jaringan tingkat SMK	MDLC	Aiken's V 0,80–1,00 (sangat valid)	Fokus perangkat keras jaringan, belum simulasi routing dan belum pada tingkat perguruan tinggi

Tabel 2.1 memuat ringkasan penelitian terdahulu yang menjadi dasar dalam mengidentifikasi kesenjangan penelitian (*research gap*). Untuk memperjelas isi tabel tersebut, peneliti menjabarkan secara rinci setiap penelitian yang tercantum di dalamnya, mencakup tujuan, metode, hasil, serta relevansinya terhadap penelitian yang sedang dilakukan:

A. Afandi Nur Aziz Thohari (2021)

Penelitiannya yang berjudul “Pengenalan Perangkat Jaringan Komputer Menggunakan Teknologi *Augmented Reality*” mengembangkan aplikasi AR untuk pengenalan perangkat jaringan komputer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi tersebut efektif digunakan dengan tingkat kepuasan pengguna mencapai 80%. Persamaan dengan penelitian ini terletak pada pemanfaatan teknologi AR dalam bidang jaringan komputer. Namun, perbedaannya, penelitian (Nur et al., 2021) hanya berfokus pada pengenalan perangkat jaringan, sedangkan penelitian yang akan dilakukan menitikberatkan pada pengembangan simulasi routing.

B. Matin & Anistyasari (2024)

Penelitian yang berjudul Pengembangan Aplikasi routing (*routing Concept Learning*) Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Mobile Untuk

Meningkatkan Kompetensi Konfigurasi routing”. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, validasi ahli, dan uji coba pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis *Flutter* memperoleh nilai kelayakan sebesar 90%, yang termasuk kategori sangat layak untuk digunakan sebagai alat bantu pembelajaran. Uji validitas dilakukan menggunakan Pearson Product Moment, sedangkan reliabilitas diuji dengan *Cronbach's Alpha*, sehingga instrumen penelitian dinyatakan valid dan reliabel. Adapun perbedaan (*research gap*) antara penelitian tersebut dan penelitian yang dilakukan penulis terletak pada teknologi dan pendekatan visual. Jika penelitian sebelumnya menampilkan simulasi routing berbasis dua dimensi (2D), maka penelitian ini mengembangkan media pembelajaran simulasi routing statik dan routing dinamis berbasis *Augmented Reality* (AR) menggunakan *Unity*, yang memungkinkan mahasiswa mempelajari proses routing secara tiga dimensi (3D) dan lebih interaktif.

C. Ahmad Farhan Apriansyah (2022)

Penelitian yang dilakukan oleh (APRIANSYAH, 2022) berjudul “*Pengembangan Teknologi Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran pada Materi routing Protokol untuk Siswa Kelas XI TKJ*” bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dapat membantu siswa memahami konsep dasar protokol routing secara visual dan interaktif. Penelitian ini menggunakan model pengembangan *Waterfall*, yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Media dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi AR untuk menampilkan perangkat jaringan dan proses routing menggunakan objek tiga dimensi. Hasil pengujian menggunakan *System Usability Scale* (SUS) menunjukkan nilai rata-rata sebesar 83,9 yang termasuk kategori *Grade B* (baik), serta hasil *black box testing* menunjukkan seluruh fungsi berjalan sesuai rancangan. Penelitian ini membuktikan bahwa AR dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi routing dengan tampilan yang menarik

dan interaktif. Namun, analisis GAP menunjukkan bahwa penelitian ini masih terbatas pada konteks siswa SMK dan hanya mengukur aspek kelayakan dan kegunaan, belum mengukur peningkatan kemampuan kognitif melalui *pretest* dan *posttest* serta belum memvisualisasikan routing statik dan routing dinamis secara mendalam sebagaimana dikembangkan dalam penelitian ini.

D. Andi Priyolistiyanto (2024)

Penelitian berjudul “Pengembangan Media untuk Mata Pelajaran Teknik Komputer Dasar Berbasis *Augmented Reality*” mengembangkan media pembelajaran AR untuk teknik komputer dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi AR yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan dengan skor 71% dari penilaian ahli media. Persamaan dengan penelitian ini adalah pemanfaatan AR sebagai media pembelajaran komputer. Namun, perbedaannya adalah penelitian masih bersifat umum, sedangkan penelitian ini lebih spesifik pada simulasi routing di bidang jaringan komputer.

E. Mikola Dalifa (2025)

Penelitian yang dilakukan oleh (Dalifa et al., 2025) bertujuan mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) pada mata pelajaran *Dasar-Dasar Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi (DDTJKT)* di SMKN 8 Padang. Penelitian ini menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang terdiri atas enam tahapan, yaitu *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution*. Aplikasi dikembangkan dengan *Unity* dan *Vuforia*, menampilkan objek 3D perangkat keras komputer yang dapat dipindai melalui kamera *smartphone Android*. Hasil uji validitas oleh dua ahli media dan dua ahli materi menunjukkan nilai Aiken's V berkisar antara 0,80–1,00, yang dikategorikan sangat valid, sehingga media dinyatakan layak digunakan tanpa revisi mayor. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa media pembelajaran berbasis AR dapat meningkatkan minat belajar dan pemahaman siswa terhadap materi perangkat keras komputer. Namun, analisis GAP menunjukkan bahwa penelitian ini hanya berfokus pada

pengenalan komponen perangkat keras di tingkat SMK tanpa membahas proses routing dinamis. Penelitian yang dikembangkan dalam Skripsi ini memperluas ruang lingkup dengan mengimplementasikan simulasi routing statik dan routing dinamis menggunakan *Augmented Reality* 3D, serta menguji efektivitasnya melalui *pretest* dan *posttest* pada mahasiswa program studi Informatika di tingkat perguruan tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran jaringan komputer terbukti dapat meningkatkan minat dan pemahaman siswa terhadap materi bersifat praktis. Namun, penelitian-penelitian sebelumnya masih terbatas pada visualisasi perangkat keras atau materi jaringan dasar dan belum mengembangkan simulasi proses routing statik dan dinamis yang bersifat algoritmik dan kompleks di perguruan tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting karena berupaya mengisi kekosongan tersebut dengan mengembangkan media pembelajaran simulasi routing statik dan routing dinamis berbasis AR yang interaktif dan berbasis 3D, disertai pengujian efektivitas pembelajaran secara kuantitatif pada mahasiswa Informatika Universitas Hayam Wuruk Perbanas.

## **2.2 Landasan Teori**

Bagian ini membahas teori-teori yang menjadi dasar pengembangan media pembelajaran berbasis AR, mencakup konsep teknologi informasi, teori pembelajaran, serta prinsip-prinsip pengembangan multimedia interaktif.

### **2.2.1 Teknologi Informasi dan Komunikasi**

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) berperan penting dalam menunjang pelaksanaan pembelajaran yang lebih efektif, interaktif, serta fleksibel. Pada era digital saat ini, TIK memungkinkan penggabungan berbagai bentuk media, seperti teks, gambar, video, dan audio, guna menghadirkan pengalaman belajar yang lebih bermakna. Pemanfaatan TIK, khususnya yang berbasis multimedia interaktif seperti AR, menjadi salah satu pendekatan yang efektif dalam menyajikan materi pembelajaran yang bersifat kompleks dan abstrak (Putri & Hendriyani, 2023).

### 2.2.2 Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan sekumpulan perangkat komputer yang saling terhubung sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran data serta pemanfaatan sumber daya secara bersama. Dalam konteks pendidikan, pemahaman mengenai jaringan komputer menjadi salah satu kompetensi penting yang perlu dikuasai oleh peserta didik, khususnya pada bidang Teknik Komputer dan Informatika. Materi jaringan komputer mencakup berbagai konsep dasar, antara lain topologi jaringan, perangkat jaringan, protokol komunikasi, serta mekanisme kerja jaringan (Firmansyah & Hadi, 2022).

### 2.2.3 Routing

Routing merupakan proses inti dalam jaringan komputer yang berfungsi memilih rute yang paling tepat untuk paket data dari sumber asli awal untuk sumber asli awal dan mencapai tujuan mereka dalam jaringan komputer. Routing bekerja melalui dua mekanisme utama, yaitu *path determination* untuk memilih rute optimal berdasarkan metrik tertentu seperti *hop count*, *bandwidth*, *delay*, dan *cost*, serta *packet forwarding* untuk meneruskan paket melalui antarmuka yang sesuai berdasarkan entri pada tabel routing. Tabel tersebut dapat dibangun secara manual melalui routing statik maupun secara otomatis melalui routing dinamis yang menggunakan protokol seperti RIP dan OSPF. Proses ini memungkinkan router menyesuaikan diri terhadap perubahan topologi jaringan, mempertahankan efisiensi transmisi, dan memastikan bahwa setiap paket dikirim melalui jalur yang paling stabil dan tepat (Sucipto, 2024).

#### A. Konsep routing

Konsep routing adalah proses memilih rute terbaik untuk paket data yang dapat dikirim dari satu jaringan ke jaringan lain melalui perangkat perantara yang disebut *router*. Routing bekerja pada lapisan *Network* dalam model OSI dan memiliki fungsi utama untuk menentukan arah perjalanan data berdasarkan alamat IP tujuan. Router menggunakan tabel routing yang berisi daftar jaringan dan *gateway* sebagai acuan dalam meneruskan paket data ke arah yang sesuai. Dengan demikian, routing menjadi elemen penting yang menentukan efisiensi komunikasi antarjaringan dalam suatu sistem komputer.

## B. Proses routing

Proses routing melibatkan beberapa tahapan yang saling berhubungan, yaitu pembentukan tabel routing, pemilihan jalur terbaik (*best path selection*), pengiriman paket data, serta pembaruan informasi jalur. Dalam proses ini, setiap router akan memeriksa alamat tujuan paket dan mencocokkannya dengan entri pada tabel routing. Apabila ditemukan kecocokan, router akan meneruskan paket melalui antarmuka yang sesuai. Proses pemilihan jalur ini dapat dilakukan secara manual pada routing statik maupun otomatis melalui protokol dinamis. Dengan adanya proses ini, sistem jaringan dapat memastikan setiap paket data dikirim menggunakan rute yang paling efisien dan stabil.

## C. Jenis-Jenis routing

Routing dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu routing statik dan routing dinamis. Routing statik merupakan metode yang dikonfigurasi secara manual oleh *administrator* jaringan. Metode ini digunakan pada jaringan kecil dengan topologi tetap karena mudah dikontrol dan tidak membebani kinerja router. Sementara itu, routing dinamis bekerja dengan bantuan protokol yang secara otomatis memperbarui tabel routing berdasarkan perubahan topologi jaringan. Routing dinamis terbagi lagi menjadi dua kategori, yaitu *Distance Vector Protocol* (contohnya RIP dan IGRP) yang menentukan rute berdasarkan jumlah *hop*, serta *Link State Protocol* (contohnya OSPF dan IS-IS) yang menggunakan informasi status tautan untuk menghitung jalur terbaik.

## D. Routing statik

Routing statik merupakan metode routing dengan *administrator* menentukan rute secara manual. Setiap rute harus dikonfigurasi secara eksplisit pada router menggunakan perintah seperti *ip route*. Metode ini cocok digunakan pada jaringan kecil dengan topologi tetap karena mudah dikontrol, lebih aman, dan tidak membebani sumber daya jaringan. Namun, kekurangannya terletak pada kurangnya fleksibilitas karena setiap perubahan jaringan mengharuskan konfigurasi ulang secara manual.

## E. Routing dinamis

Routing dinamis merupakan metode dengan router dapat memperbarui tabel routing secara otomatis melalui pertukaran informasi dengan router lain menggunakan protokol routing tertentu. Protokol tersebut membantu router menemukan dan menyesuaikan jalur terbaik sesuai kondisi jaringan. routing dinamis terbagi menjadi dua jenis, yaitu *Distance Vector Protocol* seperti RIP dan IGRP yang menggunakan jumlah *hop* sebagai acuan pemilihan rute, serta *Link State Protocol* seperti OSPF dan IS-IS yang menggunakan informasi status tautan untuk menghitung jalur tercepat.

#### F. Protokol routing

Protokol routing adalah seperangkat aturan yang digunakan oleh router untuk bertukar informasi, memperbarui tabel routing, dan menentukan rute paling optimal. Berdasarkan pembagian dalam buku *routing & Switching* (Jupriyadi dkk., 2024), protokol routing diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar, yaitu *Interior Gateway Protocol* (IGP) dan *Exterior Gateway Protocol* (EGP). IGP digunakan di dalam satu sistem otonom, meliputi protokol seperti RIP, OSPF, dan EIGRP, sedangkan EGP digunakan untuk komunikasi antar sistem otonom, seperti BGP. Setiap protokol memiliki algoritma, metrik, dan mekanisme pembaruan yang berbeda dalam menentukan jalur transmisi terbaik.

#### G. Algoritma routing

Algoritma routing berfungsi sebagai dasar logika dalam menentukan jalur optimal yang akan dilewati paket data. Dua algoritma yang paling umum digunakan adalah algoritma *Bellman-Ford* dan algoritma Dijkstra. Algoritma *Bellman-Ford* digunakan oleh protokol *distance vector* seperti RIP, dengan prinsip menghitung jumlah *hop* dari sumber ke tujuan. Sedangkan algoritma Dijkstra digunakan oleh protokol link-state seperti OSPF, yang menghitung jalur terpendek berdasarkan bobot atau biaya dari setiap tautan jaringan. Penerapan algoritma ini memungkinkan router memilih jalur tercepat dan paling efisien dalam mengirimkan data ke tujuan akhir.

#### H. Routing Metrics

Routing *metrics* adalah parameter yang digunakan oleh router untuk menilai kualitas suatu jalur sebelum menentukan rute terbaik. Metrik umum yang digunakan dalam routing meliputi jumlah hop, *bandwidth*, *delay*, *cost*, *reliability*, dan *load*. Setiap protokol routing dapat menggunakan satu atau beberapa metrik tersebut untuk menilai efisiensi jalur. Sebagai contoh, RIP menggunakan *hop count* sebagai acuan, sedangkan OSPF menggunakan *cost* berdasarkan *bandwidth*. Semakin rendah nilai metrik suatu jalur, maka jalur tersebut dianggap lebih optimal untuk pengiriman data.

#### I. Perangkat routing

Perangkat routing adalah komponen fisik yang menjalankan fungsi pengalihan dan penentuan rute dalam jaringan. Perangkat utama yang digunakan adalah router, yaitu alat yang menghubungkan dua atau lebih jaringan dan meneruskan paket berdasarkan alamat IP tujuan. Selain router, terdapat juga perangkat lain yang mendukung proses routing seperti switch layer 3, *gateway*, dan bridge. Router modern mampu menangani berbagai protokol routing dan mendukung fungsi keamanan jaringan seperti autentikasi dan pengendalian akses, sehingga berperan penting dalam mengatur lalu lintas data di berbagai segmen jaringan.

#### J. Troubleshooting routing

Troubleshooting routing merupakan langkah diagnostik yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki permasalahan dalam proses pengalihan paket data. Kesalahan umum yang sering terjadi mencakup konfigurasi IP yang tidak sesuai, rute yang salah, kabel jaringan terputus, atau kegagalan protokol. Buku *routing & Switching* menjelaskan bahwa metode pemecahan masalah dapat dilakukan dengan memanfaatkan beberapa perintah diagnostik seperti *ping*, *traceroute*, dan *show ip route*. Perintah tersebut digunakan untuk memeriksa konektivitas, menelusuri jalur paket, dan memverifikasi isi tabel routing. Dengan melakukan *troubleshooting* secara sistematis, *administrator* dapat memastikan sistem routing berfungsi secara optimal dan stabil.

#### 2.2.4 Media Pembelajaran Digital

Media pembelajaran digital berbasis AR menggabungkan kekuatan visualisasi 3D dan interaktivitas, memungkinkan mahasiswa memahami proses routing dengan lebih mudah. Media ini dapat menggambarkan alur data, perangkat jaringan, serta konfigurasi dasar routing dalam bentuk simulasi yang realistis. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam materi jaringan komputer efektif dalam meningkatkan pemahaman dan hasil belajar mahasiswa (Adi et al., 2024).

#### 2.2.5 *Augmented Reality* (AR)

*Augmented Reality* (AR) adalah sebuah teknologi yang memungkinkan penggabungan objek virtual tiga dimensi (3D) ke dalam lingkungan nyata secara waktu nyata. Melalui teknologi ini, pengguna dapat berinteraksi secara langsung dengan elemen digital yang ditampilkan, sehingga proses pembelajaran dapat berlangsung secara lebih kontekstual, interaktif, dan menarik.. Dalam konteks pendidikan, AR terbukti efektif meningkatkan motivasi, keterlibatan, serta pemahaman peserta didik terhadap materi yang bersifat abstrak (Ramadhan et al., 2024) oleh karena itu, AR sangat potensial diterapkan pada pembelajaran routing yang memiliki karakter teknis dan membutuhkan visualisasi konkret. Gambar 2.2 memperlihatkan contoh objek AR dalam bentuk model 3D yang muncul setelah gambar penanda marker dipindai.



**Gambar 2.1** *Augmented Reality*

#### 2.2.6 Game Edukasi

Game edukasi adalah pendekatan pembelajaran interaktif yang menggunakan elemen permainan untuk mendorong mahasiswa untuk berpartisipasi lebih banyak.

Metode ini tidak hanya membuat kelas menjadi menyenangkan, tetapi juga membuat mahasiswa lebih terlibat secara aktif di setiap langkah pembelajaran. Kajian menunjukkan bahwa permainan pendidikan berbasis teknologi seperti AR membuat belajar lebih interaktif, kontekstual, dan bermakna (Purwanto Hadi & Kurniawan Dwi, 2023).

### 2.2.7 *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*

MDLC merupakan metode pengembangan multimedia interaktif yang terdiri atas enam tahapan, yaitu konsep, desain, pengumpulan materi, perakitan, pengujian, dan Distribusi. Metode ini bersifat iteratif dan terstruktur, sehingga memungkinkan proses validasi konten pada setiap tahapan serta memberikan fleksibilitas dalam pengembangan produk (Firmansyah, A., Hidayat, C. R., & Mulyani, 2025). Dalam konteks pengembangan aplikasi AR untuk simulasi routing, tahap Konsep digunakan untuk merumuskan tujuan pembelajaran dan kebutuhan pengguna. Tahap Desain berfokus pada perancangan antarmuka, alur interaksi, serta struktur konten. Tahap Pengumpulan Materi mencakup pengumpulan elemen visual dan audio pendukung. Tahap Perakitan melibatkan integrasi seluruh komponen ke dalam aplikasi AR. Selanjutnya, tahap Pengujian dilakukan untuk memastikan fungsi dan efektivitas media pembelajaran. Terakhir, tahap Distribusi mencakup proses penyebaran atau implementasi media kepada pengguna. Alur lengkap metode MDLC ditunjukkan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Metode MDLC

### 2.2.8 *Black box testing*

*Black box testing* merupakan salah satu metode pengujian perangkat lunak yang menitikberatkan pada evaluasi fungsionalitas sistem dengan mengamati hubungan antara data masukan (*input*) dan hasil keluaran (*output*), tanpa melibatkan analisis terhadap struktur atau logika internal program.. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa aplikasi berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan serta mampu menangani berbagai kondisi masukan secara tepat. Metode ini efektif dalam mengidentifikasi kesalahan pada antarmuka, struktur data, performa, dan alur eksekusi aplikasi, sehingga dapat menjamin keandalan fungsi system (Setiawan et al., 2024)

### 2.2.9 *Unity dan Vuforia SDK*

*Unity* adalah sebuah *game engine* yang populer digunakan dalam pengembangan aplikasi multimedia dan AR karena mendukung integrasi dengan SDK seperti *Vuforia*. *Vuforia* SDK memungkinkan pengenalan marker (penanda visual) untuk menampilkan objek 3D yang telah diprogram sebelumnya dalam lingkungan nyata melalui kamera perangkat. Kombinasi dan *Vuforia* memberikan kemudahan dalam pengembangan media pembelajaran AR berbasis *Android* (Fajar Kustrianugraha et al., 2023). Adapun gambaran dari perangkat lunak pada Gambar 2.3 dan 2.4.

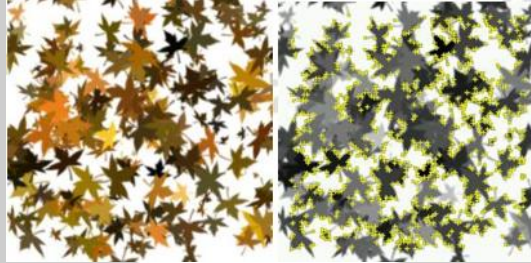


**Gambar 2.3** perangkat *Unity* (a) dan (b) *Vuforia*

### 2.2.10 *Image Target*

*Image target* merupakan citra dua dimensi yang dapat dikenali serta dilacak oleh *Vuforia* SDK. Berbeda dengan marker tradisional yang biasanya membutuhkan pola hitam-putih khusus, *image target* pada *Vuforia* tidak memerlukan bentuk tertentu untuk dapat dikenali. Proses identifikasi dilakukan melalui analisis fitur alami yang terdapat pada citra, kemudian dibandingkan dengan data yang telah tersimpan di dalam basis data. Selama citra target berada dalam jangkauan dan sudut pandang kamera, sistem akan terus melakukan

pelacakan secara *real-time* sehingga objek virtual dapat ditampilkan secara stabil (Inc., 2025) ,Sebagai contoh, gambar dedaunan yang kaya akan detail dan tekstur cenderung memperoleh rating tinggi dalam evaluasi *Vuforia* pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.4** Contoh marker yang Bernilai Tinggi

### 2.2.11 Rumus Arikunto

Dalam penelitian kuantitatif yang menggunakan teknik pengumpulan data seperti observasi dan kuesioner, analisis persentase merupakan metode yang umum digunakan untuk mengetahui kecenderungan, persepsi, serta tingkat kelayakan suatu media atau produk yang dikembangkan. Analisis ini membantu peneliti dalam menilai hasil tanggapan responden terhadap aspek-aspek tertentu secara terukur dan objektif.

Menurut (Paat, 2022), perhitungan Rumus Arikunto persentase jawaban responden dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum X}{N \times \text{Skor Maksimal}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

1.  $P$ = Persentase jawaban responden
2.  $\sum X$ = umlah total skor yang diperoleh dari seluruh responden
3.  $N$ = Jumlah total responden
4. Skor Maksimal = Skor tertinggi pada skala Likert

Rumus ini digunakan untuk menghitung persentase hasil observasi dan kuesioner guna mengetahui tingkat efektivitas, kemudahan, serta kelayakan media pembelajaran berbasis AR yang dikembangkan (Hidayatullah et al., 2025).

### 2.2.12 Uji Validitas

Uji validitas merupakan proses untuk mengetahui sejauh mana instrumen penelitian mampu mengukur variabel yang hendak diteliti secara tepat. Instrumen yang valid akan menghasilkan data yang sesuai dengan konstruk atau konsep yang diukur, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan kesimpulan penelitian.

Dalam penelitian kuantitatif, uji validitas item dilakukan untuk menilai keterkaitan antara skor setiap butir pertanyaan dengan skor total instrumen. Apabila korelasi antara skor item dan skor total menunjukkan hubungan yang kuat, maka item tersebut dinyatakan valid. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap butir instrumen berkontribusi dalam mengukur variabel penelitian secara keseluruhan (Matin & Anistyasari, 2024).

Secara statistik, uji validitas item dapat dihitung menggunakan korelasi Product Moment Pearson. Rumus uji validitas ditempatkan setelah penjelasan konsep uji validitas, yaitu sebagai berikut:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (2)$$

Keterangan:

1.  $r$  = koefisien korelasi butir terhadap total skor
2.  $n$  = jumlah responden
3.  $X$  = skor tiap butir
4.  $Y$  = skor total (total seluruh butir)
5.  $XY$  = Jumlah hasil perkalian antara skor butir dengan skor total

Kriteria keputusan:

1. Jika  $r_{hitung} > r_{tabel}$ , maka butir pernyataan valid.
2. Jika  $r_{hitung} \leq r_{tabel}$ , maka butir pernyataan tidak valid

Dalam penelitian ini, proses perhitungan korelasi validitas tidak dilakukan secara manual. Seluruh nilai  $r_{hitung}$  diperoleh melalui analisis *statistik* menggunakan SPSS, sehingga hasilnya lebih akurat dan efisien.

### 2.2.13 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat konsistensi suatu instrumen penelitian. Instrumen dikatakan reliabel apabila memberikan hasil pengukuran yang relatif sama ketika digunakan berulang kali pada kondisi yang serupa. Reliabilitas menunjukkan kestabilan dan keajegan suatu alat ukur dalam mengumpulkan data penelitian (Dita.I.S, 2025).

Dalam penelitian pendidikan, uji reliabilitas digunakan untuk memastikan bahwa instrumen yang telah dinyatakan valid juga memiliki tingkat konsistensi yang baik. Instrumen yang reliabel akan menghasilkan data yang dapat dipercaya dan tidak bersifat fluktuatif akibat kesalahan pengukuran. Oleh karena itu, uji reliabilitas menjadi tahap penting setelah uji validitas dilakukan (Dita.I.S, 2025).

Salah satu teknik yang sering digunakan untuk menguji reliabilitas instrumen adalah *Cronbach's Alpha*, terutama untuk instrumen berbentuk angket atau tes dengan skala penilaian. Rumus reliabilitas *Cronbach's Alpha* diletakkan setelah penjelasan konsep reliabilitas, yaitu sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left( 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right) \quad (3)$$

Keterangan:

1.  $\alpha$  = koefisien reliabilitas
2.  $k$  = jumlah butir pernyataan
3.  $\sum S_i^2$  = jumlah varians setiap butir
4.  $S_t^2$  = varians total keseluruhan butir

Kriteria keputusan:

1. Jika  $\alpha \geq 0,70$ , maka instrumen reliabel.
2. Jika  $\alpha < 0,70$ , maka instrumen tidak reliabel

Sama seperti uji validitas, seluruh perhitungan reliabilitas pada penelitian ini dilakukan melalui SPSS, sehingga nilai *Cronbach's Alpha* yang diperoleh telah dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak tersebut.

#### 2.2.14 Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan uji prasyarat yang digunakan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Distribusi normal menjadi asumsi dasar dalam penggunaan analisis statistik parametrik, seperti uji t. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data harus terlebih dahulu diuji normalitasnya (Matin & Anistiyasari, 2024).

Dalam penelitian dengan jumlah responden yang relatif kecil, pemilihan metode uji normalitas harus disesuaikan dengan ukuran sampel. Uji Shapiro–Wilk direkomendasikan untuk digunakan pada data dengan jumlah sampel kurang dari 50 responden karena memiliki tingkat sensitivitas dan ketelitian yang lebih baik dalam mendeteksi penyimpangan Distribusi data .

Pengambilan keputusan dalam uji Shapiro–Wilk didasarkan pada nilai signifikansi. Apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka data dinyatakan berdistribusi normal. Sebaliknya, apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka data dinyatakan tidak berdistribusi normal. Hasil uji normalitas ini menjadi dasar dalam menentukan apakah analisis data dapat dilanjutkan menggunakan uji statistik parametrik atau perlu menggunakan metode nonparametrik (Matin & Anistiyasari, 2024). Berikut rumus normalitas yang di gunakan.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Keterangan:

1. W : Nilai statistik Shapiro–Wilk
2.  $x_{(i)}$ : Data yang telah diurutkan dari nilai terkecil ke terbesar
3.  $x_i$ : Data ke-i
4.  $\bar{x}$ : Rata-rata (mean) sampel
5.  $a_i$ : Koefisien Shapiro–Wilk (ditentukan berdasarkan jumlah sampel dan kovarians data normal, dihitung otomatis oleh SPSS)
6. n : Jumlah sampel

#### 2.2.15 Uji Paired Sample T-Test

*Uji Paired Sample T-Test* merupakan salah satu teknik analisis statistik parametrik yang digunakan untuk membandingkan dua rata-rata dari data yang

saling berpasangan. Data berpasangan adalah data yang berasal dari subjek yang sama, namun diukur pada dua kondisi yang berbeda, seperti sebelum dan sesudah diberikan perlakuan (Matin & Anistyasari, 2024).

*Uji Paired Sample T-Test* bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara nilai sebelum perlakuan *pretest* dan sesudah perlakuan *posttest*. Uji ini banyak digunakan dalam penelitian eksperimen pendidikan untuk menilai efektivitas suatu media, metode, atau perlakuan terhadap hasil belajar atau kompetensi peserta didik.

Pengambilan keputusan dalam uji *Paired Sample T-Test* dilakukan dengan membandingkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) dengan taraf kesalahan 0,05. Apabila nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata antara kedua data yang diuji. Sebaliknya, jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka tidak terdapat perbedaan antara nilai *pretest* dan *posttest* (Matin & Anistyasari, 2024). Berikut rumus *paired sampel T-Test*

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}} \quad (5)$$

Keterangan:

1.  $t$  : Nilai statistik  $t$  hitung
2.  $\bar{d}$ : Rata-rata selisih antara dua pengukuran
3.  $S_d$ : Simpangan baku (standar deviasi) selisih
4.  $n$  : Jumlah pasangan data