

# VIRTUAL/AUGMENTED REALITY

VR



AR

## KONSEP IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN



DR. EVTA INDRA S.KOM., M.KOM  
ANDRIAN REINALDO CRISPIN S.KOM., M.KOM

## Sinopsis

Buku "**Pengembangan Aplikasi VR/AR Konsep hingga Implementasi dan Pengujian**" merupakan panduan menyeluruh yang dirancang untuk membimbing pengembang, desainer, dan peneliti dalam menciptakan aplikasi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR). Buku ini mencakup 16 modul yang menguraikan setiap tahap penting dalam pengembangan VR/AR, dari pemahaman konsep dasar hingga implementasi proyek akhir.

Setiap modul menawarkan kombinasi antara teori mendalam dan aplikasi praktis. Pembaca akan diajak untuk memahami perangkat keras dan lunak yang digunakan, teknik rendering dan visualisasi, hingga metode interaksi pengguna yang intuitif. Buku ini juga mengeksplorasi aspek penting seperti pencahayaan dinamis, efek visual, dan integrasi sensor untuk menciptakan pengalaman yang imersif dan realistis. Selain itu, teknik troubleshooting dan optimasi kinerja dijelaskan secara rinci untuk memastikan aplikasi berjalan lancar dan responsif.

Buku ini juga menekankan pentingnya pengujian dan evaluasi, dengan menyajikan berbagai teknik seperti observasi, wawancara, dan think-aloud protocol untuk mengumpulkan umpan balik pengguna. Melalui pendekatan iteratif, pengembang dapat meningkatkan kualitas aplikasi sesuai kebutuhan pengguna. Panduan praktis ini dilengkapi dengan penjelasan tentang pengembangan proyek akhir yang mencakup pengintegrasian berbagai elemen untuk menghasilkan aplikasi VR/AR yang inovatif.

Dengan bahasa yang mudah dipahami dan didukung oleh contoh-contoh konkret, buku ini cocok untuk pembaca dari berbagai latar belakang, baik pemula maupun profesional. Buku ini tidak hanya memberikan wawasan teknis tetapi juga menginspirasi pembaca untuk menciptakan aplikasi yang berdampak besar dalam berbagai industri.

## **Kata Pengantar**

Buku ini disusun untuk memberikan panduan komprehensif dalam pengembangan aplikasi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR), mulai dari dasar-dasar hingga implementasi dan pengujian. Teknologi VR/AR semakin berkembang dan menjadi bagian penting dalam berbagai industri, mulai dari pendidikan, hiburan, kesehatan, hingga pelatihan profesional. Oleh karena itu, memahami konsep, teknik pengembangan, dan metode evaluasi aplikasi VR/AR adalah keterampilan yang sangat relevan untuk pengembang di era digital saat ini.

Buku ini disusun dalam 16 modul yang dapat diikuti secara berurutan untuk memahami seluruh proses pengembangan aplikasi VR/AR. Setiap modul dirancang untuk memberikan pengetahuan teoritis yang kuat, serta keterampilan praktis yang dapat langsung diterapkan dalam proyek nyata. Pembaca akan diajak memahami berbagai aspek mulai dari perangkat keras dan lunak yang digunakan, teknik rendering dan visualisasi, hingga metode interaksi dan peningkatan imersi dalam VR/AR.

Kami berharap buku ini dapat menjadi sumber inspirasi dan referensi yang bermanfaat bagi siapa pun yang ingin mendalami dunia VR/AR, baik untuk keperluan pendidikan, penelitian, maupun pengembangan proyek komersial. Semoga buku ini dapat memberikan wawasan baru, memicu kreativitas, dan memfasilitasi pengembangan aplikasi VR/AR yang lebih baik.

## Daftar Isi

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	iii
Modul Minggu 1: Pengenalan Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) .....	1
1. Sejarah dan Perkembangan Teknologi VR/AR .....	1
2. Definisi dan Pengertian VR/AR.....	2
3. Aplikasi dan Potensi VR/AR di Masa Depan .....	4
Modul Minggu 2: Perangkat Keras dan Lunak untuk Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR).....	6
1. Perangkat Keras Utama untuk VR/AR .....	6
2. Perangkat Lunak Pengembangan VR/AR.....	11
3. Standar Teknologi dan Tren Terkini dalam VR/AR.....	15
Modul Minggu 3: Integrasi Sensor dan Teknologi Pelacakan dalam VR dan AR .....	18
1. Sensor Gerak dan Posisi untuk VR/AR .....	18
2. Teknologi Eye-Tracking dan Hand-Tracking .....	21
3. Penggunaan Augmented Tracking dalam AR.....	22
Modul Minggu 4: Framework untuk Pengembangan VR/AR.....	24
1. Unity dan Unreal Engine .....	24
2. Framework ARCore dan ARKit .....	25
3. Mixed Reality Toolkit (MRTK).....	27
Modul Minggu 5: Penggunaan Unity untuk VR/AR .....	29
1. XR Interaction Toolkit.....	29
2. Pengelolaan Objek dan Elemen Dasar di Unity.....	30
Modul Minggu 6: Pembuatan Interaksi Dasar di VR/AR.....	34
Pemrograman Interaksi Pengguna di VR/AR: Klik, Navigasi, dan Manipulasi Objek .....	34

Modul Minggu 7: Penggunaan Unreal Engine untuk VR/AR .....	39
Penggunaan Unreal Engine untuk Pengembangan VR/AR .....	39
Modul Minggu 9: Pengembangan Aplikasi AR.....	47
1. Dasar-Dasar ARCore dan ARKit.....	47
2. Kelebihan dan Keterbatasan Framework ARCore dan ARKit .....	49
Modul Minggu 10: Desain Aset Grafis untuk VR/AR .....	52
1. Penggunaan Adobe Photoshop untuk Aset Grafis .....	52
2. Teknik Dasar Desain 2D dan 3D .....	53
3. Ekspor dan Integrasi Aset ke Unity/Unreal .....	55
Modul Minggu 11: Modeling 3D Dasar untuk VR/AR.....	58
1. Penggunaan Blender untuk Modeling 3D.....	58
2. Pencahayaan dan Material dalam Modeling 3D .....	61
Modul Minggu 12: Interaksi Pengguna dalam VR/AR .....	65
1. Jenis Interaksi dalam VR/AR (Gesture, Suara, Kontroler).....	65
2. Prinsip UX/UI dalam Desain VR/AR.....	66
3. Implementasi Antarmuka Pengguna .....	67
Modul Minggu 13: Integrasi Audio dan Haptics dalam VR/AR .....	69
1. Implementasi Audio Imersif .....	69
2. Penggunaan Haptics untuk Feedback Sentuhan .....	70
3. Pengujian Audio-Visual.....	71
Modul Minggu 14: Peningkatan Imersi dan Realisme dalam VR/AR .....	73
1. Penerapan Pencahayaan Dinamis dan Efek Visual.....	73
2. Optimalisasi Kinerja Grafis .....	75
3. Pengujian dan Evaluasi Aplikasi .....	76
Modul Minggu 15: Pengujian dan Evaluasi Usability Aplikasi VR/AR.....	78

1. Teknik Pengujian Usability (Observasi, Wawancara) .....	78
2. Feedback Pengguna dan Perbaikan Aplikasi .....	81
3. Troubleshooting dan Optimasi Aplikasi .....	82

## **Modul Minggu 1: Pengenalan Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR)**

Materi Pembelajaran

### **1. Sejarah dan Perkembangan Teknologi VR/AR**

Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) merupakan dua teknologi yang berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir dan telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia. VR pertama kali muncul pada tahun 1960-an, ketika Morton Heilig mengembangkan perangkat bernama Sensorama, yang memberikan pengalaman audio-visual interaktif. Pada tahun 1980-an, Jaron Lanier memperkenalkan istilah "Virtual Reality" dan menciptakan perangkat seperti data glove, yang memungkinkan interaksi lebih mendalam dengan lingkungan virtual.

Pada tahun 1990-an, teknologi VR mulai digunakan dalam aplikasi yang lebih praktis, seperti simulasi penerbangan untuk melatih pilot. Dengan kemajuan teknologi komputasi, perangkat VR menjadi semakin canggih dan pada 2010-an muncul headset seperti Oculus Rift, HTC Vive, dan PlayStation VR, yang memungkinkan pengalaman imersif dengan harga yang lebih terjangkau bagi konsumen umum.

Teknologi AR juga mengalami perkembangan signifikan sejak akhir 1990-an, dengan fokus awal pada aplikasi industri dan militer. Namun, AR semakin dikenal luas di kalangan masyarakat ketika aplikasi "Pokémon Go" diluncurkan pada tahun 2016, memungkinkan pengguna berinteraksi dengan objek digital di dunia nyata melalui smartphone mereka. Aplikasi ini menunjukkan potensi besar AR dalam mengintegrasikan elemen digital dengan lingkungan fisik.

Baru-baru ini, perkembangan perangkat keras seperti headset standalone (misalnya Oculus Quest) dan perangkat AR seperti Microsoft HoloLens telah membawa teknologi ini ke tingkat baru, memungkinkan pengalaman yang lebih imersif dan fleksibel. VR dan AR kini

digunakan dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan, kesehatan, industri, dan pemasaran, membuktikan bahwa teknologi ini memiliki potensi lebih dari sekadar alat hiburan.

## **2. Definisi dan Pengertian VR/AR**

**Virtual Reality (VR)** adalah teknologi yang memungkinkan pengguna untuk merasakan dan berinteraksi dengan lingkungan buatan yang sepenuhnya berbeda dari dunia nyata. Melalui penggunaan headset VR, pengguna dapat mengalami simulasi yang dirancang untuk menciptakan ilusi berada di tempat atau situasi tertentu. VR banyak digunakan dalam simulasi yang sulit dicapai di dunia nyata, seperti pelatihan operasi medis, menjelajahi ruang angkasa, atau menjalankan simulasi bencana alam. Teknologi ini menghadirkan pengalaman belajar yang lebih praktis dan mendalam, dengan meningkatkan keterlibatan pengguna melalui lingkungan yang sepenuhnya imersif.

**Virtual Reality (VR)** adalah teknologi canggih yang memungkinkan pengguna untuk terlibat secara mendalam dengan lingkungan buatan yang sepenuhnya terpisah dari dunia nyata, memanfaatkan simulasi komputer untuk menciptakan pengalaman yang sepenuhnya imersif. Dengan menggunakan perangkat khusus seperti headset VR yang dilengkapi sensor gerak dan teknologi pelacakan posisi, pengguna dapat berinteraksi dengan dunia virtual secara real-time. Teknologi ini dirancang untuk memberikan pengalaman sensorik yang kaya, mencakup visual, audio, dan kadang-kadang haptic feedback, sehingga menciptakan ilusi keberadaan yang hampir tak terbedakan dari realitas. VR banyak digunakan dalam skenario di mana simulasi dunia nyata sulit atau berisiko tinggi, seperti pelatihan ahli bedah untuk prosedur medis kompleks, eksplorasi lingkungan ekstrem seperti ruang angkasa atau dasar laut, dan simulasi situasi darurat seperti manajemen bencana. Keunggulan VR terletak pada kemampuannya untuk menciptakan lingkungan yang dapat dikontrol sepenuhnya, memungkinkan eksperimen, pembelajaran, dan pelatihan yang aman dan berulang dengan tingkat keterlibatan yang sangat tinggi.



**Augmented Reality (AR)**, di sisi lain, menggabungkan elemen digital dengan dunia nyata, memperkaya apa yang dilihat pengguna dengan informasi tambahan atau objek virtual. AR dapat diakses melalui berbagai perangkat, seperti smartphone, tablet, atau kacamata AR. Misalnya, aplikasi filter Instagram menggunakan teknologi AR untuk menambahkan elemen-elemen visual seperti efek wajah pada gambar pengguna. Dalam dunia industri, AR juga digunakan untuk memberikan panduan langkah-demi-langkah selama proses perawatan mesin, atau untuk mempermudah navigasi di pabrik dengan overlay visual yang membantu pengguna memahami instruksi secara lebih cepat dan akurat.

**Augmented Reality (AR)** menawarkan pendekatan yang berbeda dengan memperkaya dunia nyata melalui overlay elemen digital yang interaktif. Teknologi ini mengintegrasikan objek virtual ke dalam pandangan pengguna tentang dunia fisik, menciptakan pengalaman yang memadukan elemen nyata dan digital secara mulus. AR diimplementasikan melalui perangkat seperti smartphone, tablet, kacamata pintar, atau perangkat khusus seperti Microsoft HoloLens, yang dilengkapi kamera dan sensor untuk memahami lingkungan sekitar. Teknologi AR sering memanfaatkan algoritma computer vision dan machine learning untuk mengenali objek fisik dan menempatkan elemen virtual secara presisi dalam ruang. Dalam aplikasi sehari-hari, teknologi AR digunakan untuk menciptakan pengalaman konsumen yang menarik, seperti filter wajah di media sosial, atau untuk meningkatkan efisiensi operasional di dunia industri. Sebagai contoh, dalam sektor manufaktur, AR dapat memberikan overlay visual berupa instruksi langkah-demi-langkah untuk merakit komponen, sementara dalam navigasi, AR digunakan untuk memberikan petunjuk arah langsung di lapangan pandang pengguna. Penggabungan informasi digital dengan realitas fisik ini memberikan potensi besar untuk meningkatkan produktivitas, akurasi, dan pengalaman pengguna di berbagai sektor.

Dengan kemajuan teknologi yang terus berkembang, VR dan AR tidak hanya beroperasi sebagai entitas yang terpisah tetapi juga dapat digabungkan untuk menciptakan Mixed Reality (MR). Kombinasi ini

memperluas batasan interaksi manusia dengan dunia virtual dan nyata, menghadirkan peluang baru dalam pendidikan, pelatihan, hiburan, dan bahkan terapi medis. Sementara VR menawarkan pengalihan total dari realitas, AR memberikan keterkaitan langsung dengan dunia fisik, menciptakan spektrum teknologi yang mampu merevolusi cara manusia memahami dan berinteraksi dengan informasi di sekitarnya.

### **3. Aplikasi dan Potensi VR/AR di Masa Depan**

Aplikasi VR dan AR mencakup berbagai sektor, dan keduanya memiliki potensi besar untuk merevolusi cara kita bekerja, belajar, dan bersosialisasi. Dalam pendidikan, VR dapat digunakan untuk menciptakan simulasi yang memungkinkan siswa menjelajahi berbagai topik dengan cara yang lebih interaktif. Misalnya, siswa dapat "mengunjungi" situs bersejarah atau mengeksplorasi anatomi manusia melalui simulasi 3D. Ini memberi siswa kesempatan untuk mengalami pembelajaran yang lebih kontekstual dan mendalam daripada hanya melalui buku teks.

AR memiliki aplikasi besar dalam pelatihan teknis, di mana informasi real-time dapat ditampilkan langsung ke teknisi saat mereka bekerja, memberikan instruksi visual yang jelas untuk setiap langkah dalam proses perbaikan. Di sektor ritel, AR digunakan untuk memberikan pengalaman belanja yang lebih personal, seperti mencoba produk secara virtual sebelum membelinya. Aplikasi IKEA Place, misalnya, memungkinkan pelanggan memvisualisasikan perabotan di ruang mereka sebelum melakukan pembelian, sehingga membantu mereka membuat keputusan yang lebih tepat.

Salah satu perkembangan terbaru yang sangat menjanjikan adalah konsep **Metaverse**, di mana VR dan AR menjadi teknologi kunci untuk menciptakan dunia virtual yang dapat diakses bersama-sama. Metaverse adalah lingkungan digital imersif yang memungkinkan orang untuk bekerja, bermain, dan berinteraksi secara sosial. VR memungkinkan pengguna untuk merasakan kehadiran fisik di ruang virtual, sementara AR memperkaya dunia nyata dengan

elemen-elemen digital, menciptakan pengalaman yang lebih imersif dan kontekstual. Hal ini tidak hanya mengubah cara kita berinteraksi secara sosial, tetapi juga menawarkan peluang baru untuk kolaborasi dan inovasi dalam dunia bisnis dan pendidikan.

Dalam sektor kesehatan, AR telah mulai digunakan untuk mendukung operasi dengan memberikan visualisasi langsung dari anatomi pasien, membantu dokter dalam pengambilan keputusan yang cepat dan tepat. VR juga digunakan untuk terapi fobia dan rehabilitasi, di mana pasien dapat berlatih dalam lingkungan yang aman dan terkendali. Dengan kemajuan teknologi yang terus berlanjut, baik VR maupun AR diharapkan akan menjadi bagian integral dari kehidupan kita, mengubah cara kita bekerja, belajar, berkomunikasi, dan bersenang-senang.

## **Modul Minggu 2: Perangkat Keras dan Lunak untuk Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR)**

Materi Pembelajaran

### **1. Perangkat Keras Utama untuk VR/AR**

Untuk menghasilkan pengalaman Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) yang sepenuhnya imersif, diperlukan perangkat keras dengan kemampuan canggih yang dirancang untuk mendukung interaksi, visualisasi, dan pelacakan posisi secara akurat. Teknologi ini membutuhkan ekosistem perangkat yang tidak hanya mampu menangkap gerakan dan orientasi pengguna secara real-time tetapi juga menyajikan visual dan audio yang berkualitas tinggi untuk menciptakan ilusi keberadaan dalam dunia virtual atau augmentasi yang dirancang.

Perangkat keras yang digunakan dalam VR dan AR dapat dikelompokkan ke dalam berbagai kategori berdasarkan fungsinya. Kategori-kategori ini mencakup perangkat untuk tampilan visual seperti headset atau kacamata AR, sistem pelacakan posisi dan orientasi yang menggunakan kamera atau sensor khusus, serta perangkat interaksi seperti kontroler, sarung tangan haptik, atau perangkat input berbasis gesture. Setiap kategori memainkan peran kritis dalam memastikan bahwa pengalaman VR/AR tidak hanya terasa realistis tetapi juga responsif terhadap tindakan dan kebutuhan pengguna.

Untuk menciptakan pengalaman VR/AR yang imersif, berbagai perangkat keras diperlukan untuk mendukung interaksi dan visualisasi. Perangkat keras yang digunakan dalam VR dan AR dibagi menjadi beberapa kategori:

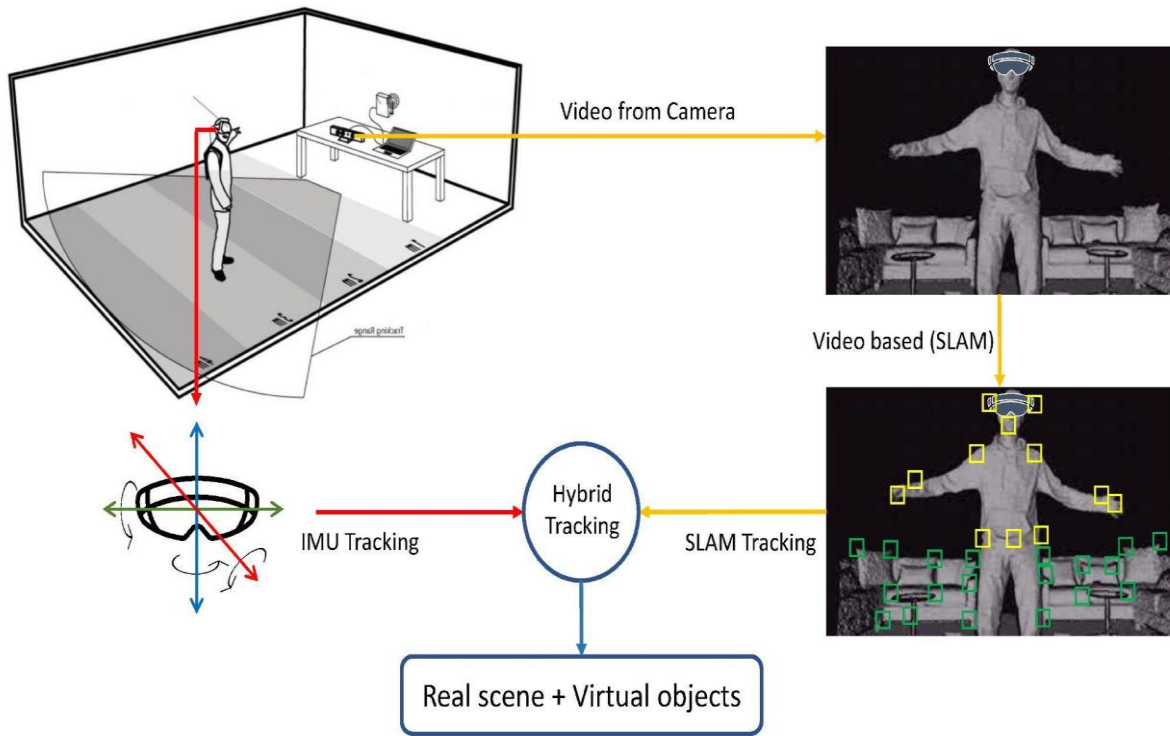
- **Headset VR:** Headset VR adalah perangkat utama yang digunakan untuk memberikan pengalaman imersif kepada pengguna. Contoh headset VR populer termasuk **Oculus Quest 2**, **HTC Vive**, dan **PlayStation VR**. Headset ini dilengkapi dengan sensor yang memungkinkan pelacakan posisi kepala pengguna, menciptakan pengalaman yang terasa nyata dalam dunia virtual. Teknologi dalam headset VR juga terus berkembang,

dengan fitur-fitur seperti resolusi layar yang semakin tinggi untuk menampilkan gambar dengan detail yang lebih baik, refresh rate yang lebih tinggi untuk mengurangi motion sickness, serta pelacakan yang semakin presisi untuk menghasilkan pengalaman yang lebih imersif dan responsif. Selain itu, beberapa headset VR dilengkapi dengan teknologi audio spasial, yang memberikan efek suara yang lebih mendalam dan realistis sesuai dengan posisi pengguna di dunia virtual.



Gambar 1. *Oculus Quest 2.*

- **Sensor dan Kamera:** Untuk meningkatkan pengalaman VR/AR, sensor dan kamera sering digunakan. **Sensor gerak**, seperti **sensor Lighthouse** pada HTC Vive, memungkinkan pelacakan yang lebih akurat terhadap gerakan tubuh dan memungkinkan pengguna untuk bergerak secara bebas dalam ruang virtual. Kamera pada perangkat AR, seperti pada smartphone atau kacamata pintar, digunakan untuk mengenali lingkungan fisik dan menempatkan elemen digital dengan tepat. Beberapa perangkat juga menggunakan teknologi **depth sensor** untuk mengukur jarak dan menciptakan pengalaman interaksi yang lebih presisi, memungkinkan pelacakan objek dan lingkungan secara lebih rinci. Teknologi ini sangat penting dalam aplikasi AR yang memerlukan deteksi objek dan lingkungan dengan cepat dan akurat, seperti dalam aplikasi navigasi atau augmented tracking.



Gambar 2. *Lighthouse motion sensor dan smartphone.*

- **Kontroler dan Perangkat Input:** Kontroler adalah bagian penting dari pengalaman VR/AR karena memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek dalam dunia virtual. **Kontroler Oculus Touch** dan **kontroler HTC Vive** adalah contoh perangkat input yang banyak digunakan dalam aplikasi VR. Kontroler ini memiliki berbagai tombol dan sensor yang mendeteksi gerakan tangan pengguna, memberikan kontrol yang lebih presisi. Selain itu, teknologi pelacakan tangan (**hand-tracking**) dan **eye-tracking** juga sedang berkembang untuk memungkinkan interaksi yang lebih alami tanpa kontroler fisik. Teknologi **haptic feedback** juga mulai banyak digunakan pada kontroler untuk memberikan sensasi sentuhan yang lebih nyata saat pengguna berinteraksi dengan objek virtual, misalnya ketika menyentuh atau menggerakkan objek di dunia virtual. Haptic feedback ini meningkatkan pengalaman pengguna dengan memberikan sensasi fisik yang sesuai dengan tindakan yang dilakukan.





Gambar 3. *Oculus Touch.*

- **Perangkat Komputasi:** Headset VR yang membutuhkan koneksi dengan PC, seperti HTC Vive, membutuhkan **komputer berperforma tinggi** yang mampu memproses grafik kompleks secara real-time. Spesifikasi perangkat keras seperti **GPU (Graphics Processing Unit)**, **CPU (Central Processing Unit)**, dan **RAM** harus memadai agar pengalaman VR berjalan lancar tanpa lag. GPU bertanggung jawab untuk memproses gambar secara cepat sehingga pengguna mendapatkan visual yang halus dan detail. Sebaliknya, headset standalone seperti Oculus Quest memiliki perangkat komputasi terintegrasi sehingga tidak memerlukan PC tambahan. Headset standalone menggunakan **SoC (System on a Chip)** yang menggabungkan CPU, GPU, dan komponen lainnya untuk memproses aplikasi VR secara efisien. Dengan teknologi ini, headset standalone dapat tetap ringan, portabel, dan memberikan pengalaman yang imersif tanpa memerlukan perangkat tambahan.





Gambar 4. *Perangkat Komputasi.*

## 2. Perangkat Lunak Pengembangan VR/AR

Untuk mengembangkan aplikasi VR dan AR, perangkat lunak khusus diperlukan agar para pengembang dapat menciptakan konten yang imersif dan interaktif. Berikut adalah beberapa perangkat lunak yang banyak digunakan dalam pengembangan VR/AR:

- **Unity:** Unity adalah salah satu **game engine** yang paling populer digunakan untuk pengembangan VR dan AR. Unity menyediakan berbagai alat dan plugin yang memungkinkan pengembang menciptakan lingkungan VR/AR dengan lebih mudah. Salah satu keunggulan Unity adalah kompatibilitasnya dengan berbagai platform, termasuk Oculus, HTC Vive, dan Microsoft HoloLens. Unity juga menyediakan **XR Interaction Toolkit**, yang memudahkan pengembangan interaksi tanpa memerlukan coding dari awal. Selain itu, Unity memiliki komunitas yang sangat aktif, sehingga pengembang dapat dengan mudah menemukan tutorial, plugin, dan dukungan teknis

yang diperlukan untuk mengembangkan aplikasi VR/AR yang canggih. Unity juga mendukung pengembangan lintas platform, sehingga aplikasi yang dibuat dapat dijalankan di berbagai perangkat VR dan AR dengan sedikit modifikasi, menjadikannya salah satu pilihan utama bagi pengembang.



Gambar 5. *Unity*.

- **Unreal Engine:** Unreal Engine juga merupakan game engine yang banyak digunakan dalam pengembangan VR/AR, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan grafik berkualitas tinggi. Unreal Engine menggunakan **Blueprint Visual Scripting**, yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan logika dan interaksi tanpa menulis kode secara manual, mempermudah pengembangan bagi mereka yang tidak memiliki latar belakang pemrograman. Unreal Engine sangat populer di kalangan pengembang yang ingin menciptakan pengalaman VR/AR dengan visual yang realistis, seperti dalam pembuatan simulasi arsitektur, game AAA, atau presentasi interaktif yang memerlukan detail grafik yang mendalam. Unreal Engine juga menawarkan **pustaka aset yang sangat kaya**, memungkinkan pengembang untuk menggunakan model, tekstur, dan efek yang sudah ada untuk mempercepat proses pengembangan.



Gambar 6. *Unreal Engine.*

- **ARCore dan ARKit:** **ARCore** (Google) dan **ARKit** (Apple) adalah framework yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi AR berbasis mobile. Kedua framework ini menyediakan fitur seperti pelacakan gerak, pengenalan lingkungan, dan estimasi kedalaman, yang memungkinkan pengembang menciptakan pengalaman AR yang stabil dan realistis pada perangkat Android dan iOS. ARCore dan ARKit juga mendukung fitur **occlusion**, di mana objek digital dapat muncul di balik objek fisik, menciptakan pengalaman AR yang lebih nyata dan meningkatkan interaksi pengguna dengan lingkungan sekitar. Selain itu, ARCore dan ARKit juga menyediakan alat untuk **light estimation**, yang memungkinkan objek virtual menyesuaikan diri dengan pencahayaan di dunia nyata, sehingga tampak lebih alami dan menyatu dengan lingkungan fisik pengguna.



Gambar 7. *ARCore dan ARKit.*

- **Mixed Reality Toolkit (MRTK):** MRTK adalah toolkit open-source yang disediakan oleh Microsoft untuk pengembangan aplikasi Mixed Reality pada perangkat seperti HoloLens. Toolkit ini menyediakan berbagai komponen untuk mempermudah pengembangan aplikasi, termasuk kontroler UI, alat pelacakan, dan elemen interaksi lainnya. MRTK juga mendukung integrasi dengan layanan **Azure Spatial Anchors**, yang memungkinkan pengembang menciptakan pengalaman Mixed Reality dengan pelacakan posisi yang lebih akurat dan berkelanjutan di berbagai perangkat. Dengan Azure Spatial Anchors, pengguna dapat membuat dan menyimpan titik jangkar (anchor) di lingkungan fisik yang dapat diakses oleh perangkat lain, memungkinkan pengalaman kolaboratif dalam ruang mixed reality.



Gambar 8. *Mixed Reality Toolkit.*

### 3. Standar Teknologi dan Tren Terkini dalam VR/AR

Teknologi VR/AR terus berkembang, dan beberapa standar dan tren terbaru telah muncul dalam beberapa tahun terakhir untuk mendukung adopsi teknologi ini secara lebih luas:

- **Standalone VR Headset:** Headset VR standalone seperti **Oculus Quest 2** menjadi semakin populer karena kemampuannya untuk memberikan pengalaman VR tanpa memerlukan koneksi ke PC atau perangkat eksternal lainnya. Hal ini membuat teknologi VR lebih mudah diakses oleh pengguna umum. Standalone headset juga dilengkapi dengan fitur-fitur seperti **inside-out tracking**, yang memungkinkan pelacakan posisi tanpa perlu sensor eksternal, sehingga pengguna dapat dengan mudah menggunakannya di berbagai lingkungan. Dengan teknologi ini, pengguna dapat bergerak lebih bebas dan fleksibel tanpa harus mengatur sensor eksternal, sehingga pengalaman VR menjadi lebih praktis dan mudah diakses.
- **Mobile AR:** Mobile AR terus berkembang seiring dengan meningkatnya kemampuan perangkat smartphone dan tablet. Aplikasi seperti **Snapchat** dan **Instagram** memanfaatkan AR untuk meningkatkan pengalaman pengguna melalui filter dan efek yang dapat diterapkan pada foto dan video. Tren terbaru dalam mobile AR adalah penggunaan **AR untuk e-commerce**, di mana pengguna dapat melihat produk secara virtual di rumah mereka sebelum membelinya, seperti furnitur, pakaian, atau dekorasi rumah. Ini memberikan pengalaman belanja yang lebih interaktif dan membantu pelanggan membuat keputusan yang lebih baik. Selain itu, AR juga digunakan dalam sektor pendidikan dan pelatihan, seperti simulasi anatomi untuk mahasiswa kedokteran atau pelatihan teknis untuk pekerja di bidang manufaktur.
- **Cross-Platform Compatibility:** Salah satu tren dalam pengembangan VR/AR adalah peningkatan **kompatibilitas lintas platform**. Game engine seperti Unity dan Unreal Engine mendukung berbagai perangkat VR dan AR, memungkinkan pengembang

menciptakan aplikasi yang dapat dijalankan pada banyak perangkat dengan sedikit modifikasi. Selain itu, munculnya standar seperti **OpenXR** membantu pengembang untuk menciptakan aplikasi yang dapat berjalan di berbagai perangkat VR/AR tanpa memerlukan pengembangan khusus untuk setiap platform, menghemat waktu dan biaya pengembangan. OpenXR adalah standar terbuka yang dirancang untuk mempermudah pengembangan lintas platform dengan memberikan satu antarmuka yang konsisten, sehingga mengurangi fragmentasi dalam ekosistem VR/AR.

- **5G dan Cloud Rendering:** Dengan berkembangnya jaringan **5G**, VR/AR akan mendapatkan keuntungan dari latensi yang lebih rendah dan kecepatan data yang lebih tinggi. Ini memungkinkan **cloud rendering**, di mana pemrosesan grafik dilakukan di server dan kemudian dikirimkan ke perangkat pengguna, mengurangi kebutuhan akan perangkat komputasi berperforma tinggi di sisi pengguna. Dengan cloud rendering, pengguna dapat merasakan pengalaman VR/AR berkualitas tinggi bahkan dengan perangkat keras yang lebih ringan, membuka peluang bagi lebih banyak orang untuk menikmati teknologi ini tanpa investasi besar dalam perangkat keras. Teknologi ini juga memungkinkan pengalaman multi-pengguna yang lebih mulus dan sinkron, terutama dalam aplikasi sosial atau kolaboratif.
- **Pelacakan Mata dan Tangan:** Teknologi **eye-tracking** dan **hand-tracking** semakin banyak diintegrasikan ke dalam headset VR/AR untuk memungkinkan interaksi yang lebih alami. Dengan eye-tracking, headset dapat mendeteksi ke mana pengguna melihat dan menyesuaikan fokus atau memberikan input berdasarkan pandangan pengguna. Teknologi ini juga memungkinkan implementasi **foveated rendering**, yang mengoptimalkan pemrosesan grafik di area yang sedang dilihat oleh pengguna, sehingga menghemat sumber daya komputasi. Hand-tracking memungkinkan pengguna berinteraksi dengan dunia virtual tanpa perlu menggunakan kontroler,

memberikan pengalaman yang lebih intuitif, terutama untuk aplikasi seperti pelatihan medis atau simulasi teknis. Hand-tracking juga membuka peluang untuk mengembangkan aplikasi yang lebih inklusif, di mana pengguna dengan keterbatasan fisik dapat lebih mudah berinteraksi dengan dunia virtual.

## Modul Minggu 3: Integrasi Sensor dan Teknologi Pelacakan dalam VR dan AR

### Materi Pembelajaran

#### 1. Sensor Gerak dan Posisi untuk VR/AR

Sensor gerak dan posisi adalah komponen penting dalam teknologi VR dan AR, karena memungkinkan pelacakan posisi dan pergerakan pengguna secara akurat. Berikut adalah beberapa sensor yang digunakan untuk meningkatkan pengalaman pengguna:

- **IMU (Inertial Measurement Unit):** IMU adalah perangkat sensorik canggih yang menggabungkan fungsi accelerometer, gyroscope, dan magnetometer untuk mengukur dan melacak orientasi serta posisi perangkat dalam ruang tiga dimensi secara real-time. **Accelerometer** bertugas mendeteksi percepatan linier dalam tiga sumbu (x, y, z), memungkinkan sistem untuk memahami perubahan posisi perangkat. **Gyroscope**, di sisi lain, mengukur kecepatan rotasi atau angular velocity, yang memberikan data tentang perubahan orientasi perangkat. **Magnetometer** melengkapi keduanya dengan mendeteksi medan magnet di sekitarnya, sering digunakan untuk kalibrasi orientasi terhadap utara magnetik guna mengurangi drift yang terjadi pada gyroscope. Dalam konteks headset VR seperti **Oculus Quest 2** atau **HTC Vive**, IMU menjadi komponen kunci untuk memberikan pengalaman yang imersif dan responsif. Sensor ini secara simultan memantau pergerakan kepala pengguna, termasuk rotasi (yaw, pitch, roll) dan translasi (gerakan linier), dengan tingkat presisi yang sangat tinggi. Data dari IMU diolah menggunakan algoritma sensor fusion yang kompleks, seperti **Kalman filter**, yang menggabungkan data dari accelerometer, gyroscope, dan magnetometer untuk menghasilkan informasi posisi dan orientasi yang lebih akurat dan stabil. IMU juga bekerja sama dengan sistem pelacakan eksternal, seperti stasiun basis pada **HTC Vive** atau pelacakan dalam-luar (inside-out tracking) pada **Oculus Quest 2**, untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh drift atau



interferensi magnetik. Dalam aplikasi VR, data dari IMU digunakan untuk memperbarui perspektif pandangan pengguna di dunia virtual dengan latensi yang sangat rendah, sehingga setiap gerakan kepala atau tubuh terasa alami dan sesuai dengan lingkungan virtual yang ditampilkan. Keunggulan ini menjadikan IMU tidak hanya penting dalam headset VR, tetapi juga sebagai fondasi teknologi di berbagai aplikasi lainnya, seperti kendaraan otonom, drone, dan perangkat augmented reality (AR).

- **Sensor Lighthouse:** Sensor Lighthouse adalah sistem pelacakan posisi canggih yang digunakan pada perangkat VR seperti HTC Vive, dirancang untuk memberikan pelacakan spasial dengan akurasi tinggi dalam lingkungan virtual. Teknologi ini bekerja melalui kombinasi stasiun basis yang memancarkan pola sinar inframerah dan sensor penerima yang tertanam dalam headset dan kontroler. Sistem ini memungkinkan deteksi posisi dan orientasi perangkat secara presisi dalam ruang tiga dimensi, mendukung pergerakan pengguna dengan latensi minimal untuk menciptakan pengalaman VR yang imersif. Stasiun basis Lighthouse menggunakan dua jenis sinar inframerah, yaitu sinar sweeping dan sinar sinkronisasi. Sinar sinkronisasi dipancarkan secara luas untuk memberikan referensi waktu yang seragam ke semua sensor di lingkungan, sementara sinar sweeping bergerak secara horizontal dan vertikal dengan pola rotasi tertentu. Sensor penerima dalam headset dan kontroler mendeteksi waktu kedatangan (time-of-flight) sinar sweeping ini dan mengukur jeda waktu relatif terhadap sinar sinkronisasi. Dengan memproses perbedaan waktu ini, sistem dapat menghitung posisi absolut perangkat dalam ruang dengan akurasi sub-milimeter. Keunggulan sistem Lighthouse terletak pada model pelacakan aktif-pasif, di mana stasiun basis hanya memancarkan sinar tanpa perlu menerima umpan balik dari perangkat, sehingga mengurangi kompleksitas komunikasi dan latensi. Selain itu,

sistem ini mampu melacak hingga beberapa perangkat sekaligus dalam ruang yang sama tanpa gangguan, menjadikannya ideal untuk aplikasi multi-pengguna atau simulasi skala besar. Lighthouse juga mampu mengatasi gangguan lingkungan seperti refleksi cahaya dan interferensi elektromagnetik yang sering menjadi tantangan pada metode pelacakan berbasis kamera atau magnetik. Dalam konteks pengalaman pengguna, sensor Lighthouse memungkinkan room-scale tracking, di mana pengguna dapat bergerak bebas dalam ruang fisik tanpa kehilangan posisi di dunia virtual. Hal ini memungkinkan interaksi yang lebih alami, seperti membungkuk, berjalan, atau memutar tubuh, yang secara langsung diterjemahkan ke dalam lingkungan virtual. Kombinasi presisi tinggi, latensi rendah, dan keandalan membuat teknologi Lighthouse menjadi salah satu sistem pelacakan posisi terdepan dalam industri VR, mendukung berbagai aplikasi mulai dari pelatihan profesional hingga simulasi hiburan tingkat lanjut.

- **Outside-In vs. Inside-Out Tracking:** **Outside-in tracking** memerlukan sensor eksternal untuk melacak pergerakan, seperti yang digunakan pada sistem **HTC Vive**. Sebaliknya, **inside-out tracking** menggunakan kamera dan sensor yang terpasang langsung pada headset untuk melacak posisi pengguna tanpa memerlukan sensor tambahan, seperti pada **Oculus Quest**. Teknologi ini membuat penggunaan perangkat VR lebih praktis dan mudah diatur di berbagai lingkungan. Sistem pelacakan posisi adalah elemen fundamental dalam teknologi VR, memungkinkan perangkat untuk menentukan posisi dan orientasi pengguna dalam ruang tiga dimensi. Dua pendekatan utama yang digunakan adalah **outside-in tracking** dan **inside-out tracking**, yang masing-masing memiliki keunggulan dan keterbatasan berdasarkan kebutuhan aplikasi dan desain perangkat.

- **Sensor Kedalaman (Depth Sensor):** Sensor kedalaman digunakan dalam perangkat AR untuk mengenali lingkungan fisik dengan lebih akurat. Misalnya, **Microsoft HoloLens** menggunakan sensor kedalaman untuk mendeteksi objek di sekitarnya dan memproyeksikan elemen digital dengan presisi. Sensor ini membantu dalam menciptakan pengalaman yang lebih imersif dengan menempatkan objek virtual di dunia nyata secara akurat. Perangkat seperti **Microsoft HoloLens** dan **Magic Leap** memanfaatkan sensor kedalaman untuk mendeteksi objek fisik di sekitar pengguna, memungkinkan proyeksi elemen digital yang seolah-olah "melekat" pada dunia nyata. Misalnya, sensor kedalaman memungkinkan perangkat untuk memahami permukaan meja dan menempatkan objek virtual seperti dokumen 3D atau karakter animasi dengan sempurna di atasnya. Hal ini menciptakan pengalaman interaktif di mana elemen digital dapat merespons lingkungan nyata secara dinamis, seperti bergerak mengikuti permukaan atau menghindari tabrakan dengan objek fisik. Sensor kedalaman juga mendukung kemampuan **occlusion**, di mana objek virtual dapat disembunyikan sebagian atau sepenuhnya oleh benda fisik, memberikan ilusi bahwa elemen digital benar-benar berada di dalam ruang fisik. Fitur ini sangat penting untuk menciptakan pengalaman AR yang terasa alami, di mana elemen virtual tidak "melayang" secara tidak realistis di atas objek fisik.

## 2. Teknologi Eye-Tracking dan Hand-Tracking

**Eye-tracking** dan **hand-tracking** adalah teknologi yang meningkatkan interaksi antara pengguna dan dunia virtual atau augmented. Teknologi ini memungkinkan pengalaman yang lebih alami dan intuitif.

- **Eye-Tracking:** Teknologi eye-tracking memungkinkan headset VR/AR untuk melacak ke mana pengguna melihat. Dengan eye-tracking, sistem dapat memfokuskan rendering

grafik pada area yang sedang dilihat pengguna, sehingga menghemat sumber daya komputasi. Teknik ini disebut **foveated rendering**. Selain itu, eye-tracking juga dapat digunakan untuk input dan kontrol, seperti memilih menu atau berinteraksi dengan objek hanya dengan melihatnya. Teknologi ini meningkatkan kenyamanan pengguna, karena mereka tidak perlu menggunakan kontroler atau gerakan tangan untuk banyak interaksi sederhana.

- **Hand-Tracking:** Hand-tracking memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek virtual tanpa menggunakan kontroler fisik. Sistem ini menggunakan kamera dan sensor untuk melacak gerakan tangan pengguna dan menerjemahkannya menjadi tindakan dalam lingkungan virtual. Teknologi hand-tracking sudah diimplementasikan dalam beberapa headset seperti **Oculus Quest**, yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek hanya dengan menggunakan gerakan tangan mereka. Ini menciptakan pengalaman yang lebih alami dan inklusif, terutama bagi pengguna yang tidak terbiasa dengan kontroler fisik.
- **Gesture Recognition:** Hand-tracking juga mendukung pengenalan isyarat tangan (gesture recognition), yang memungkinkan sistem mengenali berbagai gerakan tangan, seperti menunjuk, menggenggam, atau menggeser, untuk mengontrol elemen dalam lingkungan virtual atau augmented. Teknologi ini digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari bermain game hingga kolaborasi virtual dan presentasi.

### **3. Penggunaan Augmented Tracking dalam AR**

**Augmented Tracking** adalah proses di mana sistem AR menggunakan teknologi pelacakan untuk mengenali dan memahami lingkungan fisik serta mengintegrasikan elemen digital ke dalamnya. Ini menciptakan pengalaman yang lebih interaktif dan realistis bagi pengguna.

- **Marker-Based Tracking:** Salah satu jenis augmented tracking adalah **marker-based tracking**, di mana sistem menggunakan penanda visual (marker) untuk menentukan

posisi dan orientasi objek virtual. Penanda ini biasanya berupa gambar yang dicetak atau simbol QR yang dapat dikenali oleh kamera pada perangkat AR. Teknologi ini digunakan dalam berbagai aplikasi AR, seperti untuk menampilkan model 3D di atas marker atau memberikan informasi tambahan tentang produk yang dipindai.

- **Markerless Tracking (SLAM):** **Markerless tracking** menggunakan teknologi **SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)** untuk melacak posisi perangkat dalam ruang fisik tanpa memerlukan penanda visual. SLAM memungkinkan perangkat AR, seperti smartphone atau kacamata pintar, untuk memetakan lingkungan secara real-time dan menempatkan objek digital dengan presisi. Teknologi ini sangat penting dalam aplikasi AR modern, seperti **Google ARCore** dan **Apple ARKit**, yang memungkinkan pengguna untuk menempatkan objek digital di lingkungan sekitar mereka tanpa harus menggunakan marker.
- **Object Recognition:** Teknologi augmented tracking juga mencakup **object recognition**, yang memungkinkan sistem AR mengenali objek dunia nyata dan menambahkan elemen digital yang relevan. Misalnya, dalam aplikasi AR pendidikan, sistem dapat mengenali model anatomi tubuh manusia dan memberikan label serta informasi tambahan pada bagian-bagian yang relevan. Object recognition memperkaya pengalaman pengguna dengan menyediakan informasi kontekstual secara real-time.
- **Plane Detection:** Teknologi augmented tracking juga mendukung **plane detection**, yaitu kemampuan untuk mendeteksi permukaan datar seperti lantai atau meja. Dengan teknologi ini, objek digital dapat ditempatkan di permukaan yang sesuai, menciptakan pengalaman yang lebih nyata dan interaktif. Misalnya, pengguna dapat menempatkan furnitur virtual di ruangan mereka untuk melihat bagaimana tampilannya sebelum melakukan pembelian.

## Modul Minggu 4: Framework untuk Pengembangan VR/AR

### Materi Pembelajaran

#### 1. Unity dan Unreal Engine

Unity dan Unreal Engine adalah dua game engine yang paling populer digunakan untuk mengembangkan aplikasi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR). Keduanya menawarkan berbagai fitur dan alat yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan pengalaman yang imersif dan interaktif.

- **Unity:** Unity adalah game engine yang banyak digunakan karena fleksibilitas dan kemudahan penggunaannya. Unity mendukung pengembangan untuk berbagai platform VR dan AR, seperti Oculus, HTC Vive, dan HoloLens. Unity memiliki **XR Interaction Toolkit**, yang memudahkan pengembang dalam mengelola interaksi di dalam lingkungan VR/AR tanpa harus menulis kode dari awal. Selain itu, Unity juga mendukung **C# scripting**, yang memberikan fleksibilitas bagi pengembang untuk mengimplementasikan logika interaksi yang kompleks. Unity menyediakan pustaka yang kaya akan aset visual, plugin, dan dokumentasi yang membantu dalam mempercepat pengembangan. Dengan komunitas yang sangat aktif, pengembang dapat memperoleh dukungan dan berbagi pengetahuan melalui berbagai forum dan tutorial yang tersedia secara online. Unity juga memungkinkan pengembangan lintas platform, sehingga aplikasi yang dibuat dapat dijalankan di berbagai perangkat dengan sedikit modifikasi, menjadikannya solusi yang efisien dan efektif.

Selain itu, Unity memiliki fitur **Shader Graph**, yang memungkinkan pengembang membuat efek visual khusus tanpa perlu menulis kode shader. Unity juga mendukung **Photon Unity Networking (PUN)**, yang memudahkan pengembang untuk membuat aplikasi VR/AR dengan fitur multiplayer. Dengan PUN, pengembang dapat menciptakan lingkungan kolaboratif di mana banyak pengguna dapat berinteraksi dalam dunia virtual secara bersamaan. Unity juga

terintegrasi dengan berbagai alat VR seperti Oculus SDK dan SteamVR, memudahkan pengembang untuk menghubungkan aplikasi dengan berbagai perangkat.

- **Unreal Engine:** Unreal Engine adalah game engine yang dikenal karena kemampuannya dalam menghasilkan visual yang sangat realistis. Unreal Engine sering digunakan untuk pengembangan VR dan AR yang membutuhkan grafik berkualitas tinggi, seperti dalam simulasi arsitektur dan pembuatan game kelas atas. Unreal Engine menggunakan **Blueprint Visual Scripting**, yang memungkinkan pengembang untuk mengembangkan aplikasi tanpa harus menulis kode secara manual, membuatnya lebih mudah digunakan bagi mereka yang tidak memiliki latar belakang pemrograman. Unreal Engine juga memiliki pustaka besar berisi aset dan plugin yang memudahkan pengembangan, serta mendukung integrasi dengan berbagai perangkat VR dan AR.

Unreal Engine dilengkapi dengan **Chaos Physics and Destruction System**, yang memungkinkan pengembang membuat simulasi fisika yang sangat realistis, termasuk simulasi kehancuran objek. Selain itu, Unreal Engine memiliki fitur **Niagara VFX System** untuk membuat efek visual seperti partikel, asap, dan api, yang membuat pengalaman VR/AR menjadi lebih hidup dan menarik. Unreal Engine juga menyediakan **VR Mode**, yang memungkinkan pengembang untuk melakukan pengeditan langsung dalam VR, sehingga mereka dapat melihat hasil pengeditan secara real-time. Ini sangat berguna bagi desainer yang ingin menguji dan memodifikasi lingkungan virtual dengan cepat.

## **2. Framework ARCore dan ARKit**

Untuk pengembangan AR berbasis mobile, framework yang paling banyak digunakan adalah **ARCore** dari Google dan **ARKit** dari Apple. Keduanya memungkinkan pengembang untuk menciptakan pengalaman AR pada perangkat Android dan iOS dengan fitur-fitur canggih.

- **ARCore:** ARCore adalah framework yang dikembangkan oleh Google untuk perangkat Android. ARCore menyediakan berbagai fitur untuk mendukung pengalaman AR,

seperti **motion tracking**, **environmental understanding**, dan **light estimation**. Motion tracking memungkinkan perangkat untuk mengenali gerakan dan posisi dalam ruang, sementara environmental understanding memungkinkan perangkat untuk mengenali permukaan datar, seperti lantai atau meja, untuk penempatan objek virtual. Light estimation membantu objek virtual menyesuaikan diri dengan pencahayaan di lingkungan fisik, menciptakan pengalaman AR yang lebih realistis. ARCore juga mendukung **Cloud Anchors**, yang memungkinkan beberapa pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan objek virtual yang sama secara bersamaan, sehingga meningkatkan kolaborasi dalam aplikasi AR.

Selain itu, ARCore mendukung **Augmented Faces**, yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan efek AR yang diterapkan pada wajah pengguna, seperti topeng atau animasi. Teknologi **Depth API** yang dimiliki ARCore memungkinkan perangkat mengenali kedalaman lingkungan dengan lebih baik, sehingga objek virtual dapat berinteraksi dengan objek fisik di sekitarnya secara lebih alami. Misalnya, objek virtual dapat disembunyikan di balik objek fisik yang ada di ruangan, menciptakan pengalaman yang lebih mendalam dan realistis.

- **ARKit**: ARKit adalah framework dari Apple untuk perangkat iOS. ARKit menyediakan fitur yang mirip dengan ARCore, termasuk **motion tracking**, **environmental understanding**, dan **light estimation**. Selain itu, ARKit juga mendukung **occlusion**, di mana objek virtual dapat muncul di balik objek dunia nyata, menciptakan pengalaman yang lebih menyatu dengan lingkungan fisik. ARKit juga memiliki fitur **people occlusion**, yang memungkinkan objek virtual berinteraksi dengan pengguna, misalnya objek virtual dapat ditempatkan di depan atau di belakang seseorang yang ada dalam adegan. ARKit juga mendukung **Body Tracking**, yang memungkinkan pengembang untuk melacak pergerakan seluruh tubuh pengguna dan mengintegrasikannya ke dalam aplikasi AR.



ARKit juga memiliki **RealityKit**, sebuah framework yang memudahkan pengembangan AR dengan grafik yang realistis dan interaksi yang kompleks. Dengan **Reality Composer**, pengembang dapat dengan mudah membuat dan mengedit pengalaman AR tanpa harus menulis kode. Fitur ini sangat membantu bagi mereka yang baru memulai dengan AR. ARKit juga mendukung **Scene Geometry**, yang memungkinkan perangkat untuk memetakan ruangan dan mengenali struktur seperti dinding, langit-langit, dan jendela, sehingga objek virtual dapat ditempatkan dengan lebih akurat di lingkungan fisik.

### 3. Mixed Reality Toolkit (MRTK)

**Mixed Reality Toolkit (MRTK)** adalah toolkit open-source yang dikembangkan oleh Microsoft untuk pengembangan aplikasi Mixed Reality pada perangkat seperti **Microsoft HoloLens**. MRTK menyediakan berbagai alat dan komponen yang mempermudah pengembangan aplikasi Mixed Reality, termasuk kontroler antarmuka pengguna, alat pelacakan, dan elemen interaksi lainnya.

- **Komponen MRTK:** MRTK memiliki berbagai komponen yang memungkinkan pengembang untuk membuat aplikasi Mixed Reality dengan lebih cepat dan efisien. Komponen seperti **interactable objects**, **hand-tracking**, dan **gaze input** memungkinkan pengguna berinteraksi dengan objek di lingkungan Mixed Reality menggunakan gerakan tangan atau pandangan mata. Selain itu, MRTK juga mendukung **spatial awareness**, yang memungkinkan perangkat mengenali dan memahami bentuk serta tata letak ruangan, sehingga objek virtual dapat ditempatkan dengan lebih akurat. MRTK juga menyediakan **Boundary System**, yang membantu pengguna menjaga keamanan saat bergerak dalam ruang Mixed Reality dengan memberikan notifikasi ketika mereka mendekati batas fisik.
- **Integrasi dengan Azure:** MRTK dapat diintegrasikan dengan layanan cloud seperti **Azure Spatial Anchors**, yang memungkinkan pelacakan posisi yang lebih presisi dan

berkelanjutan di berbagai perangkat. Dengan Azure Spatial Anchors, titik jangkar (anchor) dapat disimpan dan diakses oleh beberapa perangkat, memungkinkan pengalaman kolaboratif di lingkungan Mixed Reality. Hal ini sangat bermanfaat dalam aplikasi kolaboratif, seperti pelatihan teknis atau presentasi interaktif. Azure Spatial Anchors juga memungkinkan pengembang untuk membuat pengalaman yang dapat bertahan di lokasi fisik tertentu, sehingga pengguna dapat kembali ke lokasi tersebut dan menemukan objek virtual di tempat yang sama.

MRTK juga memiliki fitur **Hand Physics Service**, yang memungkinkan pengguna merasakan interaksi fisik dengan objek virtual melalui gerakan tangan mereka. Dengan dukungan dari **Haptic Feedback**, pengguna mendapatkan sensasi nyata ketika mereka menyentuh atau memindahkan objek di dunia virtual. Selain itu, MRTK mendukung **Speech Recognition**, yang memungkinkan pengguna memberikan perintah suara untuk mengontrol aplikasi Mixed Reality, meningkatkan kenyamanan dan fleksibilitas dalam penggunaan.

## Modul Minggu 5: Penggunaan Unity untuk VR/AR

### Materi Pembelajaran

#### 1. XR Interaction Toolkit

adalah salah satu fitur utama yang disediakan oleh Unity untuk memudahkan pengembangan aplikasi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR). Toolkit ini menyediakan berbagai alat dan komponen yang memungkinkan pengembang membuat interaksi di lingkungan Extended Reality (XR) tanpa perlu menulis kode dari awal. Dengan XR Interaction Toolkit, pengembang dapat menciptakan interaksi sederhana hingga kompleks dengan objek virtual, seperti mengambil, memindahkan, atau melepaskan objek. Toolkit ini mempercepat proses pengembangan, terutama bagi mereka yang tidak memiliki pengalaman mendalam dalam pemrograman.

- **Komponen Utama dalam XR Interaction Toolkit:** Toolkit ini menyediakan komponen seperti **XR Ray Interactor**, **XR Direct Interactor**, dan **XR Grab Interactable**. **XR Ray Interactor** memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek yang berada jauh dengan menggunakan sinar yang dihasilkan dari kontroler. **XR Direct Interactor** digunakan untuk berinteraksi dengan objek yang dekat, seperti meraih atau menggenggam objek. **XR Grab Interactable** memungkinkan pengguna untuk mengambil, memindahkan, atau melempar objek, yang merupakan elemen kunci dalam menciptakan pengalaman VR/AR yang imersif. Selain itu, **XR Socket Interactor** memungkinkan pengguna menempatkan objek pada lokasi tertentu, seperti sebuah "socket" yang membantu menata interaksi secara lebih terstruktur.
- **Integrasi dengan Perangkat VR dan AR:** XR Interaction Toolkit dapat digunakan dengan berbagai perangkat VR dan AR, seperti **Oculus**, **HTC Vive**, dan **Microsoft HoloLens**. Toolkit ini menyediakan antarmuka yang seragam untuk berbagai perangkat, sehingga pengembang tidak perlu memikirkan detail teknis khusus untuk

setiap perangkat. Hal ini membuat proses pengembangan aplikasi VR/AR menjadi lebih efisien dan mudah diterapkan pada berbagai platform. Toolkit ini juga kompatibel dengan berbagai sistem operasi, sehingga aplikasi dapat ditargetkan untuk berbagai jenis perangkat tanpa perlu banyak perubahan kode.

- **Gestur dan Input Interaktif:** XR Interaction Toolkit mendukung berbagai metode input, termasuk **gestur tangan, kontroler**, dan bahkan **perintah suara**. Misalnya, pengembang dapat memanfaatkan gestur untuk meraih objek atau menggunakan kontroler untuk memilih item di lingkungan virtual. Integrasi dengan teknologi **hand-tracking** memungkinkan pengguna berinteraksi dengan dunia virtual tanpa kontroler fisik, sehingga memberikan pengalaman yang lebih alami dan intuitif. Penggunaan perintah suara juga memungkinkan pengguna untuk melakukan tindakan tertentu dengan lebih mudah dan hands-free.
- **XR Interaction Toolkit dan Multiplayer:** Salah satu keunggulan XR Interaction Toolkit adalah kemampuannya untuk diintegrasikan dengan fitur multiplayer. Dengan menggunakan toolkit ini bersama layanan seperti **Photon Unity Networking (PUN)**, pengembang dapat menciptakan pengalaman VR/AR di mana beberapa pengguna dapat berinteraksi secara real-time di lingkungan virtual yang sama. Hal ini sangat berguna untuk aplikasi kolaboratif, seperti pelatihan jarak jauh, rapat virtual, atau permainan multiplayer, di mana interaksi antar pengguna menjadi faktor penting.

## 2. Pengelolaan Objek dan Elemen Dasar di Unity

Dalam pengembangan VR/AR menggunakan Unity, pengelolaan objek dan elemen dasar merupakan langkah penting untuk menciptakan pengalaman yang interaktif dan menarik. Pengelolaan ini melibatkan penempatan, pemrograman, dan pengaturan objek di dalam dunia virtual atau augmented. Dengan pengelolaan yang baik, pengembang dapat menciptakan dunia virtual yang lebih dinamis dan responsif terhadap interaksi pengguna.

- **Pembuatan dan Penempatan Objek:** Di Unity, objek dasar yang digunakan dalam pengembangan disebut **GameObject**. GameObject dapat berupa objek 3D seperti kubus, bola, atau model karakter, serta objek 2D seperti gambar atau teks. Untuk menciptakan pengalaman VR/AR yang optimal, penting bagi pengembang untuk mengatur posisi, skala, dan rotasi setiap GameObject agar sesuai dengan lingkungan virtual yang diinginkan. Unity menyediakan alat seperti **Scene View** yang memungkinkan pengembang melihat dan mengatur tata letak objek secara visual, memudahkan proses pembuatan adegan yang menarik. Pengembang juga dapat menggunakan **ProBuilder**, alat tambahan di Unity yang memungkinkan pembuatan dan modifikasi objek 3D secara lebih detail, yang memudahkan dalam menciptakan prototipe lingkungan VR/AR.
- **Komponen dalam Unity:** Setiap GameObject di Unity dapat memiliki **komponen** yang menambahkan fungsionalitas tertentu pada objek tersebut. Misalnya, **Rigidbody** adalah komponen yang memungkinkan objek dipengaruhi oleh fisika, seperti gravitasi dan tabrakan. **Collider** adalah komponen yang memungkinkan objek mendeteksi dan bereaksi terhadap tabrakan dengan objek lain. Dalam pengembangan VR/AR, komponen-komponen ini sangat penting untuk menciptakan interaksi yang realistis, seperti saat objek jatuh karena gravitasi atau ketika pengguna menyentuh suatu objek. Selain Rigidbody dan Collider, Unity juga menyediakan komponen **Audio Source** untuk menambahkan suara pada objek, memberikan umpan balik audio ketika pengguna berinteraksi dengan objek, sehingga meningkatkan pengalaman imersif.
- **Scripting dengan C#:** Unity menggunakan bahasa pemrograman **C#** untuk memberikan logika pada GameObject. Scripting memungkinkan pengembang untuk mengatur perilaku objek berdasarkan interaksi pengguna. Misalnya, pengembang dapat membuat skrip untuk membuka pintu ketika pengguna mendekat atau mengubah warna

objek ketika diambil. **MonoBehaviour** adalah kelas dasar yang digunakan untuk membuat skrip dalam Unity, dan melalui MonoBehaviour, pengembang dapat memanfaatkan berbagai event seperti **Update()**, **Start()**, atau **OnTriggerEnter()** untuk mengatur perilaku objek secara dinamis. Scripting juga memungkinkan pengembang untuk mengimplementasikan **AI sederhana** pada objek, seperti membuat objek bergerak menuju pengguna atau menghindari rintangan, yang membuat lingkungan VR/AR lebih interaktif dan menarik.

- **Prefab:** **Prefab** adalah template dari GameObject yang dapat digunakan kembali di berbagai bagian aplikasi. Prefab sangat berguna dalam pengembangan VR/AR, terutama ketika pengembang perlu membuat beberapa salinan objek yang sama. Misalnya, jika ada banyak objek yang perlu diambil oleh pengguna, pengembang dapat membuat prefab objek tersebut dan menggunakannya berulang kali tanpa harus membuat ulang dari awal. Prefab memungkinkan perubahan pada satu objek secara otomatis diterapkan ke semua salinan, sehingga mempercepat proses pengembangan dan memastikan konsistensi. Penggunaan Prefab juga memungkinkan pengembangan **modular**, di mana berbagai bagian aplikasi dapat dikembangkan dan diuji secara terpisah sebelum digabungkan menjadi satu kesatuan.
- **Physics dan Interaksi Objek:** Unity menyediakan sistem **Physics** yang memungkinkan pengembang menciptakan interaksi yang realistis antar objek. Misalnya, dengan menambahkan komponen Rigidbody dan Collider, pengembang dapat membuat objek yang jatuh, memantul, atau saling bertabrakan. Dalam aplikasi VR/AR, sistem fisika ini sangat penting untuk menciptakan pengalaman yang lebih nyata, seperti ketika pengguna melempar objek atau ketika objek virtual bereaksi terhadap sentuhan. Pengembang juga dapat menggunakan **Physics Materials** untuk

menentukan sifat fisik objek, seperti seberapa licin atau elastis suatu permukaan, yang memungkinkan kontrol lebih besar terhadap interaksi antar objek.

- **User Interface (UI) dalam VR/AR:** Unity juga menyediakan alat untuk membuat **User Interface (UI)** yang dapat diintegrasikan ke dalam pengalaman VR/AR. UI ini dapat berupa menu, tombol, atau teks yang memberikan informasi kepada pengguna. Dalam VR/AR, UI dapat ditempatkan di ruang 3D sehingga pengguna dapat melihat dan berinteraksi dengan elemen UI tersebut secara lebih alami. Unity menyediakan berbagai komponen UI seperti **Canvas**, **Button**, dan **TextMeshPro** yang memudahkan pengembang untuk menciptakan antarmuka pengguna yang menarik dan fungsional. UI dalam VR/AR sering menggunakan elemen **World Space Canvas**, yang memungkinkan UI ditempatkan di dunia virtual dan mengikuti perspektif pengguna, menciptakan pengalaman yang lebih imersif dan interaktif.
- **Animasi Objek:** Unity memiliki sistem animasi yang memungkinkan pengembang memberikan gerakan pada objek. **Animator** dan **Animation** adalah dua komponen yang digunakan untuk mengelola animasi di Unity. Pengembang dapat membuat animasi sederhana, seperti membuka pintu, atau lebih kompleks, seperti animasi karakter yang berjalan dan berbicara. Dalam VR/AR, animasi memberikan kehidupan pada dunia virtual, membuatnya terasa lebih dinamis dan hidup. Penggunaan **Timeline** di Unity memungkinkan pengembang membuat urutan animasi dan event yang sinkron, menciptakan pengalaman naratif yang lebih mendalam.

## Modul Minggu 6: Pembuatan Interaksi Dasar di VR/AR

Materi Pembelajaran

### Pemrograman Interaksi Pengguna di VR/AR: Klik, Navigasi, dan Manipulasi Objek

Pada pengembangan aplikasi VR/AR, pemrograman interaksi pengguna adalah komponen utama yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan dunia virtual secara nyata dan alami. Hal ini mencakup berbagai bentuk interaksi yang penting untuk memberikan pengalaman yang memuaskan dan imersif bagi pengguna. Berikut adalah berbagai komponen interaksi pengguna yang bisa diterapkan di VR/AR, mulai dari klik, navigasi, hingga manipulasi objek, serta elemen tambahan seperti gesture dan perintah suara untuk meningkatkan pengalaman pengguna.

#### 1. Klik dan Seleksi Objek

Klik dalam lingkungan VR/AR biasanya direpresentasikan melalui kontroler atau gestur yang berfungsi sebagai "klik virtual". Salah satu tool yang digunakan untuk ini adalah **XR Ray Interactor** dari **XR Interaction Toolkit** di Unity. Dengan **XR Ray Interactor**, pengguna dapat mengarahkan sinar ke objek yang diinginkan untuk memilih atau berinteraksi dengannya. Interaksi ini sangat penting untuk berbagai keperluan, termasuk seleksi objek atau menjalankan perintah tertentu dalam lingkungan VR.

Misalnya, pengguna dapat mengklik tombol untuk membuka pintu atau memilih item di lingkungan virtual dengan mengarahkan kontroler ke objek dan "menekan" tombol. Komponen **XR Ray Interactor** memudahkan pengguna dalam merasakan interaksi yang lebih nyata di dunia virtual. Dengan menggunakan mekanisme klik ini, pengguna dapat mengendalikan berbagai elemen dalam lingkungan VR, sehingga meningkatkan keterlibatan dan kenyamanan saat berinteraksi. Berikut adalah gambaran konsep ini:

- **Tool:** XR Ray Interactor
- **Penggunaan:** Klik dan seleksi objek dalam VR/AR.



## 2. Navigasi di Lingkungan Virtual

Navigasi dalam VR/AR mencakup pergerakan pengguna di dalam dunia virtual. Salah satu cara yang populer digunakan adalah **Teleportation**. Dengan **Teleportation Provider** dari **XR Interaction Toolkit**, pengguna dapat memilih suatu titik dalam lingkungan virtual untuk berpindah ke sana secara cepat. Fitur teleportasi ini sangat membantu dalam mengurangi rasa pusing atau mual yang dapat terjadi jika pengguna bergerak secara terus menerus dalam dunia virtual.

Selain teleportasi, pengguna juga bisa menggunakan kontroler untuk bergerak secara bebas di dalam lingkungan 3D. Hal ini memberikan pengalaman yang lebih interaktif dan memungkinkan eksplorasi dunia virtual secara lebih mendetail. Mekanisme **Teleportation Provider** memungkinkan pengguna untuk lebih mudah berpindah tempat tanpa merasa pusing atau disorientasi, sehingga memberikan kenyamanan yang lebih baik dalam navigasi.

Navigasi yang baik adalah salah satu komponen penting dalam pengembangan aplikasi VR/AR karena dapat menentukan seberapa bebas pengguna bisa menjelajahi lingkungan. Dengan dukungan fitur navigasi yang efisien, pengalaman pengguna menjadi lebih menyenangkan dan imersif, sehingga mereka lebih betah berinteraksi di dalamnya.

- **Tool:** Teleportation Provider
- **Penggunaan:** Navigasi dan perpindahan posisi di lingkungan VR.

## 3. Manipulasi Objek

Manipulasi objek adalah kemampuan pengguna untuk mengambil, memutar, atau melepaskan objek dalam lingkungan virtual. Dengan menggunakan **XR Grab Interactable**, pengguna dapat memegang dan memanipulasi objek seolah-olah berada di dunia nyata. Pengguna dapat memindahkan objek dengan gerakan tangan, yang menciptakan pengalaman yang sangat imersif. Manipulasi ini penting untuk banyak aplikasi, mulai dari simulasi pelatihan, permainan, hingga desain dan modeling 3D.

Contohnya, pengguna bisa mengambil kotak dan memutar atau menggesernya ke tempat lain. Dengan **XR Grab Interactable**, interaksi ini menjadi lebih intuitif karena pengguna dapat merasakan seolah-olah mereka benar-benar berinteraksi dengan objek fisik. Manipulasi objek juga bisa dipadukan dengan elemen lain seperti gesture untuk memberikan pengalaman yang lebih fleksibel dan realistis.

Penggunaan alat seperti **XR Grab Interactable** memungkinkan aplikasi VR/AR untuk menciptakan interaksi yang sangat mendekati kenyataan. Ini meningkatkan kualitas pengalaman pengguna dan membuat aplikasi lebih menarik serta efisien dalam berbagai situasi, baik itu untuk hiburan, pendidikan, maupun pekerjaan profesional.

- **Tool:** XR Grab Interactable
- **Penggunaan:** Mengambil, memindahkan, atau memanipulasi objek.

#### 4. Interaksi Berbasis Gesture dan Suara

Selain interaksi standar dengan kontroler, VR/AR juga dapat dikembangkan untuk mendukung interaksi berbasis gesture dan suara, yang memberikan cara yang lebih alami untuk berinteraksi dengan dunia virtual. Teknologi ini menambahkan lapisan kenyamanan yang lebih tinggi, karena pengguna dapat menggunakan gerakan tubuh atau suara mereka tanpa harus memegang kontroler fisik.

- **Interaksi Berbasis Gesture: Hand-tracking** memungkinkan perangkat VR/AR seperti Oculus Quest atau Microsoft HoloLens untuk mengenali gerakan tangan dan menerjemahkannya menjadi tindakan di dunia virtual. Dengan menggunakan **XR Hand Tracking** di Unity, pengguna dapat menunjuk, mengambil, atau melepaskan objek hanya dengan menggunakan gerakan tangan, tanpa kontroler fisik. Ini membuat interaksi menjadi lebih natural dan intuitif, seperti sedang berinteraksi dengan objek nyata.

Gesture juga dapat digunakan untuk berbagai perintah, seperti mencubit untuk memperbesar atau memperkecil objek, atau menunjuk untuk memilih item tertentu. Dengan gesture yang dikenali secara akurat, pengalaman pengguna dapat meningkat drastis karena mereka merasa seolah-olah benar-benar berada dalam dunia virtual.

- **Interaksi Berbasis Suara:** Teknologi seperti **Microsoft Azure Speech Services** atau **Google Cloud Speech-to-Text** dapat diintegrasikan ke Unity untuk memberikan kontrol suara kepada pengguna. Dengan ini, pengguna dapat memberikan perintah suara seperti "buka pintu" atau "ubah warna objek", yang akan diterjemahkan langsung oleh sistem menjadi tindakan dalam lingkungan virtual. Interaksi berbasis suara sangat berguna, terutama dalam skenario di mana pengguna membutuhkan kedua tangan untuk aktivitas lain, atau saat pengguna ingin berinteraksi tanpa menggunakan kontroler fisik.
- **Tool untuk Gesture:** XR Hand Tracking
- **Tool untuk Suara:** Microsoft Azure Speech Services / Google Cloud Speech-to-Text

#### 5. Latihan Membuat Aplikasi Interaktif Sederhana

Untuk memahami lebih jauh tentang interaksi pengguna di VR/AR, latihan pembuatan aplikasi sederhana dapat menjadi sangat efektif. Dengan melakukan latihan ini, pengembang dapat menguji kemampuan mereka dalam mengimplementasikan berbagai interaksi yang telah dibahas sebelumnya, sekaligus belajar cara mengintegrasikan berbagai tool untuk menciptakan pengalaman pengguna yang lebih baik.

- **Adegan VR/AR Sederhana:** Membuat adegan sederhana di Unity yang berisi berbagai objek yang dapat berinteraksi dengan pengguna. Misalnya, sebuah adegan yang memungkinkan pengguna mengambil dan memindahkan objek atau menekan tombol virtual untuk menyalakan lampu. Adegan ini dapat mencakup berbagai skenario interaksi untuk memahami konsep dasar interaksi pengguna.

- **Menggunakan Gesture dan Suara:** Dalam latihan ini, pengguna dapat menambahkan fitur interaksi gesture dan suara untuk membuka pintu atau mengubah warna objek. Dengan menggabungkan beberapa teknologi, seperti **XR Hand Tracking** dan layanan pengenalan suara, pengembang dapat membuat aplikasi yang lebih kompleks dan interaktif.
- **Uji Coba dan Iterasi:** Melakukan uji coba terhadap aplikasi untuk memastikan bahwa semua fitur interaksi berjalan dengan baik dan mengoptimalkan responsivitas dari gesture dan perintah suara. Iterasi berulang-ulang sangat penting untuk memastikan bahwa aplikasi memberikan pengalaman yang optimal dan nyaman bagi pengguna. Uji coba ini melibatkan identifikasi bug, pengujian kinerja interaksi, serta peningkatan kualitas dari sisi visual dan fungsionalitas.

Latihan-latihan ini penting dalam mengasah keterampilan pengembang untuk mengatasi berbagai tantangan dalam pembuatan aplikasi VR/AR, seperti masalah akurasi gesture, delay dalam pengenalan suara, atau ketidaknyamanan navigasi. Dengan latihan yang berkelanjutan, pengembang dapat menciptakan aplikasi VR/AR yang lebih inovatif dan efektif.

- **Tool yang Digunakan:** XR Interaction Toolkit, XR Hand Tracking, Microsoft Azure Speech Services, Teleportation Provider.

## Modul Minggu 7: Penggunaan Unreal Engine untuk VR/AR

Materi Pembelajaran

### Penggunaan Unreal Engine untuk Pengembangan VR/AR

Unreal Engine adalah salah satu platform terkemuka yang digunakan untuk pengembangan aplikasi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR). Dengan kemampuan grafisnya yang tinggi serta berbagai alat yang fleksibel, Unreal Engine memungkinkan pengembang untuk menciptakan pengalaman VR/AR yang sangat imersif dan realistis. Pada modul ini, kita akan mempelajari penggunaan Unreal Engine untuk membuat aplikasi VR/AR dengan fokus pada pengaturan proyek, scripting visual, dan fitur-fitur imersif. Kami juga akan membahas berbagai tool yang tersedia dan bagaimana penggunaannya dalam menciptakan pengalaman VR/AR yang mendalam dan menarik.

#### 1. Pengaturan Proyek di Unreal Engine

Untuk memulai pengembangan aplikasi VR/AR menggunakan Unreal Engine, langkah pertama adalah melakukan pengaturan proyek. Unreal Engine menyediakan antarmuka yang intuitif dan fleksibel untuk memulai proyek VR/AR, termasuk template dan pengaturan yang siap digunakan, yang memungkinkan pengembang untuk memulai dengan lebih cepat dan efisien.

Template VR/AR

- **Template VR/AR:** Unreal Engine menyediakan template khusus untuk VR dan AR yang sudah memiliki konfigurasi dasar untuk pengembangan. Template ini mencakup pengaturan kamera, kontroler, dan objek interaksi. Dengan template ini, pengembang dapat memulai pengembangan tanpa harus melakukan banyak pengaturan manual. Template ini mendukung berbagai perangkat seperti **Oculus Rift**, **HTC Vive**, dan perangkat AR lainnya, serta sudah dilengkapi dengan pengaturan dasar untuk navigasi, seperti **teleportasi** dan kontrol gerakan. Template ini membantu pengembang untuk

menciptakan prototipe yang siap diuji dengan cepat dan memberikan dasar yang baik bagi pengembangan lebih lanjut.

#### Pengaturan Input dan Kontroler

- **Input Mapping:** Unreal Engine menyediakan fitur **Input Mapping** untuk menghubungkan aksi-aksi dalam aplikasi dengan kontroler yang digunakan. Pengembang dapat dengan mudah menghubungkan tombol kontroler dengan fungsi tertentu, misalnya tombol untuk mengambil objek atau bergerak. Ini memungkinkan pengembang menyesuaikan interaksi agar sesuai dengan berbagai perangkat VR. **Input Mapping** juga memudahkan dalam memetakan berbagai kontrol input, seperti joystick, kontroler tangan, dan gestur, sehingga memungkinkan pengguna merasakan pengalaman yang sesuai dengan perangkat yang mereka gunakan.
- **Kontroler VR:** Unreal Engine mendukung kontroler dari berbagai perangkat seperti **Oculus Touch** dan **HTC Vive Controllers**. Pengaturan ini mencakup konfigurasi gerakan kepala dan tangan untuk menciptakan pengalaman yang lebih imersif. Kontroler VR dapat diatur melalui **Motion Controllers Component**, yang memungkinkan pengembang mengatur bagaimana kontroler akan muncul di dunia virtual dan bagaimana pengguna dapat berinteraksi dengannya. Dengan **Motion Controllers Component**, pengguna dapat melakukan tindakan seperti mengambil objek, memukul, atau melakukan gestur tertentu yang menghasilkan efek di dalam dunia VR/AR, menambah kedalaman dan realisme dalam pengalaman pengguna.

#### Pengelolaan Sumber Daya dan Asset

- **Content Browser:** **Content Browser** adalah alat di Unreal Engine yang memungkinkan pengembang mengelola berbagai sumber daya dan asset yang digunakan dalam proyek. Semua elemen, seperti model 3D, tekstur, suara, dan

**blueprint**, dapat diakses dan diatur di dalam Content Browser. Pengelolaan yang baik di Content Browser membantu pengembang menjaga proyek tetap terorganisir dan memudahkan pencarian serta pemanfaatan kembali asset yang ada. **Content Browser** juga mendukung integrasi dengan marketplace, sehingga pengembang dapat dengan mudah menambahkan asset dari berbagai sumber eksternal untuk memperkaya aplikasi mereka.

## 2. Blueprint Visual Scripting

**Blueprint Visual Scripting** adalah salah satu fitur utama Unreal Engine yang memungkinkan pengembang untuk membuat logika aplikasi tanpa perlu menulis kode secara manual. Sistem scripting berbasis visual ini menggunakan **node** untuk membangun interaksi dan alur logika, yang membuatnya sangat mudah digunakan oleh pengembang dengan sedikit atau tanpa latar belakang pemrograman.

### Kemudahan Penggunaan

- **Blueprint Editor:** **Blueprint Editor** adalah alat utama dalam Blueprint Visual Scripting yang memungkinkan pengembang membuat logika menggunakan antarmuka visual. Dengan menggunakan editor ini, pengembang dapat menghubungkan **node** untuk membuat interaksi seperti membuka pintu ketika pengguna mendekat atau mengubah warna objek ketika disentuh. **Blueprint Editor** menyediakan alat untuk mengatur logika aplikasi dengan cara visual yang sederhana namun kuat, memungkinkan pengembangan yang lebih cepat dan kolaboratif, terutama bagi tim dengan anggota yang memiliki keterampilan teknis yang bervariasi.
- **Event-Driven Programming:** Blueprint mendukung **event-driven programming**, di mana aksi tertentu dapat dipicu oleh peristiwa dalam lingkungan VR/AR, seperti menyentuh atau melihat objek. Hal ini memungkinkan pengembang membuat aplikasi yang lebih responsif terhadap tindakan pengguna. Misalnya, ketika pengguna

menyentuh objek tertentu, Blueprint dapat digunakan untuk memicu animasi atau efek suara, meningkatkan pengalaman imersif yang dialami oleh pengguna.

#### Membuat Interaksi Sederhana

- **Trigger Box:** **Trigger Box** adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi kehadiran pengguna di area tertentu. Pengembang dapat membuat objek tertentu melakukan aksi ketika pengguna memasuki area ini, seperti membuka pintu, memunculkan pesan, atau mengaktifkan animasi tertentu. **Trigger Box** dapat digunakan dalam berbagai skenario, seperti membuat alarm berbunyi ketika pengguna memasuki zona tertentu atau menyalakan lampu otomatis ketika pengguna berada di dekatnya.
- **Timeline:** Dengan **Timeline** di Blueprint, pengembang dapat mengontrol animasi atau pergerakan objek dengan cara yang lebih dinamis dan terjadwal. Misalnya, pintu yang membuka perlahan ketika pengguna mendekat, atau objek yang bergerak secara berurutan saat pengguna melakukan aksi tertentu. **Timeline** juga bisa digunakan untuk mengatur berbagai elemen visual dan suara sehingga semuanya bergerak dan terdengar sinkron, memberikan pengalaman yang lebih halus dan realistis.

#### Membuat Interaksi Kompleks

- **Interaksi dengan Kontroler:** Pengembang dapat menggunakan **Motion Controllers** untuk membuat interaksi yang kompleks, seperti mengambil objek, melemparnya, atau menggunakan alat virtual seperti obeng. Dengan menggunakan Blueprint, interaksi ini dapat dirancang dengan detail sehingga objek merespons setiap gerakan pengguna dengan tepat. **Motion Controllers** juga memungkinkan pengguna untuk menggunakan alat-alat virtual yang realistis, seperti senjata atau alat musik, dan merasakan bagaimana mereka bekerja dalam lingkungan virtual.



- **Custom Blueprint Functions:** Untuk aplikasi yang lebih kompleks, pengembang dapat membuat **Custom Blueprint Functions** untuk mengatur logika khusus, seperti puzzle yang harus diselesaikan oleh pengguna untuk melanjutkan ke tahap berikutnya. Fungsi ini dapat diakses kembali dari berbagai blueprint, sehingga mempermudah pengelolaan logika yang rumit. Dengan **Custom Blueprint Functions**, pengembang dapat menciptakan logika yang modular dan dapat digunakan kembali di berbagai bagian aplikasi, memastikan bahwa logika interaksi tetap konsisten dan mudah dikelola.

### 3. Fitur Imersif di Unreal Engine

Unreal Engine dikenal karena kemampuan grafisnya yang sangat tinggi, yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan pengalaman VR/AR yang sangat imersif dan realistis. Berikut adalah beberapa fitur utama yang mendukung penciptaan lingkungan virtual yang mendalam.

#### Rendering Realistis

- **Real-Time Ray Tracing:** **Real-Time Ray Tracing** adalah fitur yang memungkinkan Unreal Engine menghasilkan pencahayaan dan bayangan yang realistis secara real-time. Ini sangat penting untuk menciptakan kedalaman visual yang meningkatkan pengalaman VR/AR. Pencahayaan yang tepat membantu pengguna merasakan dimensi dan tekstur dari objek dengan lebih baik, sehingga menciptakan persepsi yang lebih nyata. **Real-Time Ray Tracing** juga meningkatkan detail visual seperti refleksi di permukaan halus, bayangan halus, dan interaksi cahaya dengan objek, sehingga pengguna benar-benar merasakan dunia virtual tersebut nyata.
- **High Dynamic Range (HDR):** **HDR** mendukung rentang warna dan kontras yang lebih luas, memberikan visual yang lebih hidup. Dengan HDR, pengembang dapat membuat lingkungan yang lebih kaya dengan variasi pencahayaan dan bayangan yang lebih dramatis, menciptakan suasana yang sesuai dengan skenario dalam aplikasi. **HDR**

memungkinkan detail dalam area gelap dan terang tetap terlihat jelas, yang penting untuk menciptakan pengalaman visual yang tajam dan memukau di dunia VR.

#### Audio Spasial

- **Audio Component:** **Audio Component** digunakan untuk menempatkan suara secara akurat di ruang 3D. Fitur **Audio Spasial** memungkinkan suara terdengar seolah-olah berasal dari titik tertentu di lingkungan, memberikan kesan bahwa suara benar-benar berada di sekitar pengguna. Misalnya, suara langkah kaki akan terdengar datang dari arah tertentu sesuai dengan posisi objek di dunia virtual. **Audio Spasial** menambah elemen kehadiran yang lebih nyata, membuat pengguna merasa benar-benar berada di dalam lingkungan tersebut.
- **Sound Cue Editor:** Dengan **Sound Cue Editor**, pengembang dapat menggabungkan beberapa sumber suara dan menyesuaikan bagaimana suara tersebut bereaksi berdasarkan kondisi lingkungan, seperti volume yang meningkat seiring mendekatnya pengguna ke sumber suara. **Sound Cue Editor** juga memungkinkan penambahan efek seperti gema atau perubahan pitch berdasarkan kondisi tertentu, memberikan pengalaman audio yang dinamis dan responsif.

#### Physics Engine

- **Chaos Physics:** **Chaos Physics** di Unreal Engine memungkinkan simulasi fisika yang realistis, termasuk interaksi antar objek, tabrakan, dan simulasi kehancuran. Dengan **Chaos Physics**, pengguna dapat melihat bagaimana objek bereaksi secara alami terhadap gaya dan tabrakan, misalnya, ketika pengguna mengambil, menjatuhkan, atau menghancurkan objek. Hal ini membantu menciptakan pengalaman yang lebih realistis dalam aplikasi VR/AR, memberikan kesan bahwa objek benar-benar memiliki massa dan inersia.

- **Physics Constraints:** **Physics Constraints** digunakan untuk mengatur interaksi fisik antar objek, seperti engsel pintu yang berputar pada satu sumbu atau roda yang berputar pada sumbu tertentu. Ini memberikan kontrol yang lebih besar terhadap perilaku objek dan memastikan interaksi di dunia virtual terasa masuk akal. **Physics Constraints** juga memungkinkan simulasi mekanis yang lebih kompleks, seperti pintu yang dapat dikunci atau objek yang dapat berayun, memperkaya pengalaman interaksi pengguna.

#### Animasi dan Efek Visual

- **Niagara VFX System:** **Niagara VFX System** adalah alat untuk membuat efek visual seperti asap, api, partikel, dan lainnya. Pengembang dapat menciptakan lingkungan yang lebih hidup dan dramatis dengan menggunakan efek visual ini, seperti percikan api yang muncul saat dua objek logam saling bertabrakan. **Niagara** memberikan kontrol yang sangat mendetail terhadap setiap partikel, memungkinkan pengembang menciptakan efek yang sangat spesifik dan sesuai dengan visi artistik aplikasi.
- **Animation Blueprint:** **Animation Blueprint** memungkinkan pengembang mengelola animasi karakter yang kompleks. Misalnya, animasi karakter yang berjalan, melompat, atau berinteraksi dengan objek. Dengan **Animation Blueprint**, animasi dapat disesuaikan dengan input pengguna, memberikan respons yang lebih imersif dan realistis. Animasi karakter dapat disesuaikan secara dinamis berdasarkan kondisi yang terjadi dalam aplikasi, seperti perubahan dalam lingkungan atau interaksi pengguna.
- **Sequencer:** **Sequencer** adalah alat untuk membuat urutan animasi dan efek visual yang sinkron dengan tindakan pengguna. Pengembang dapat membuat adegan yang kompleks, seperti sebuah adegan pintu yang terbuka dengan efek suara dan partikel debu, menciptakan pengalaman yang lebih dramatis. **Sequencer** juga memungkinkan

pengembangan naratif yang lebih mendalam, di mana adegan diatur dalam urutan yang mengalir, memberikan pengalaman yang lebih sinematik dalam VR/AR.

#### Interaksi Lingkungan

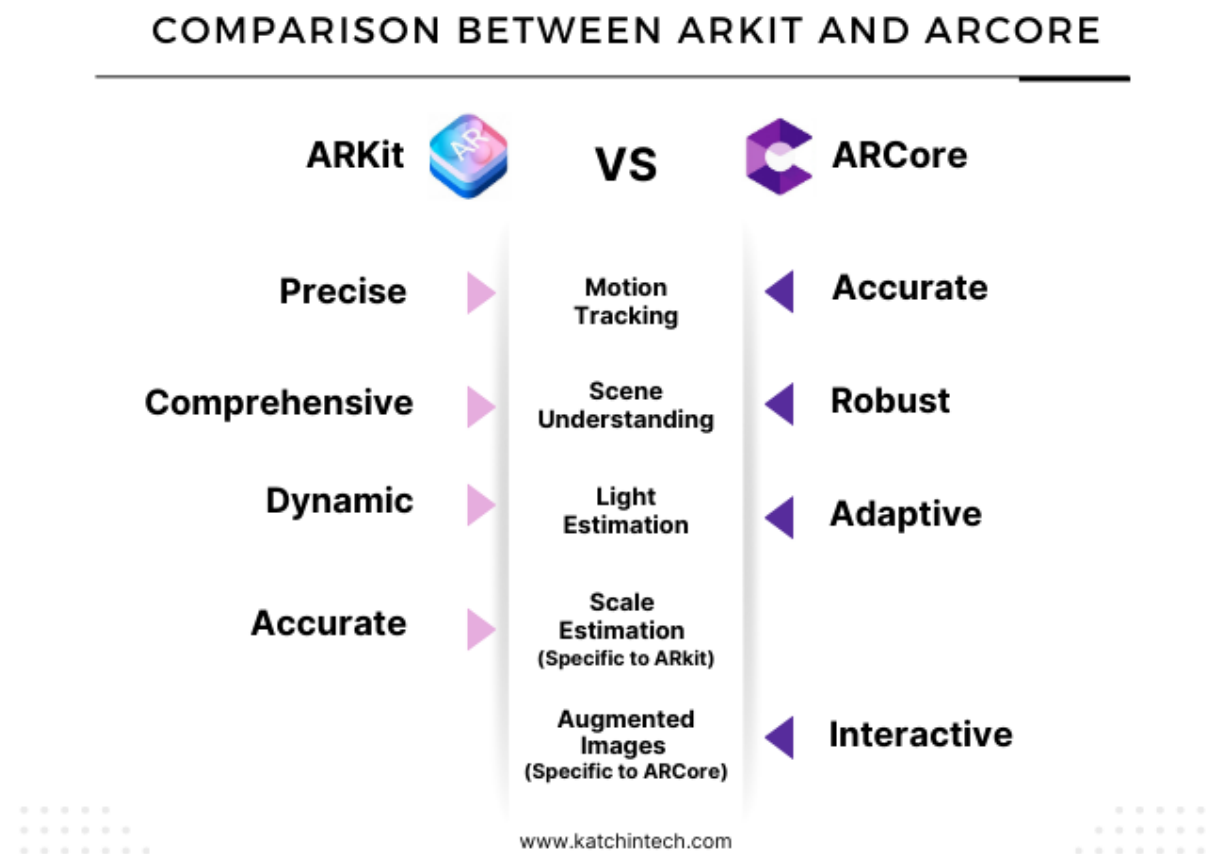
- **Interactive Environment:** Unreal Engine mendukung **Interactive Environment**, di mana objek-objek di dunia virtual dapat saling mempengaruhi. Misalnya, daun yang bergerak ketika pengguna lewat atau air yang beriak saat disentuh. Interaksi ini memberikan kesan dunia yang hidup dan responsif, sehingga meningkatkan tingkat keterlibatan dan imersi pengguna dalam aplikasi VR/AR. **Interactive Environment** menciptakan suasana di mana pengguna merasa bahwa setiap tindakan mereka memiliki dampak pada lingkungan.
- **Landscape System:** **Landscape System** digunakan untuk menciptakan lingkungan luar ruangan yang luas dan detail. Pengembang dapat membuat gunung, lembah, sungai, dan berbagai fitur alami lainnya dengan mudah menggunakan **Landscape Tools**, yang kemudian dapat diintegrasikan dengan elemen interaktif lainnya. **Landscape System** juga memungkinkan penambahan elemen dinamis, seperti perubahan cuaca, yang dapat beradaptasi dengan interaksi pengguna, memberikan pengalaman yang lebih kaya dan tak terduga.

## Modul Minggu 8: Pengembangan Aplikasi AR

Materi Pembelajaran

### 1. Dasar-Dasar ARCore dan ARKit

**ARCore** dan **ARKit** adalah dua framework yang paling umum digunakan dalam pengembangan aplikasi Augmented Reality (AR) untuk perangkat Android dan iOS. Keduanya menyediakan alat dan API yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan pengalaman AR yang kaya, imersif, dan interaktif di perangkat mobile, baik untuk kebutuhan hiburan, pendidikan, maupun aplikasi bisnis.



**Gambar 9** Arkit dan ARCore Compare

- **ARCore**: Dikembangkan oleh Google, ARCore adalah framework yang digunakan untuk menciptakan pengalaman AR di perangkat Android. ARCore menggunakan tiga kemampuan utama: **motion tracking**, **environmental understanding**, dan **light**

**estimation.** **Motion tracking** memungkinkan perangkat untuk memahami dan mengikuti pergerakan di ruang fisik, memberikan pengalaman AR yang konsisten meskipun perangkat bergerak. **Environmental understanding** digunakan untuk mendeteksi permukaan datar seperti lantai atau meja, di mana objek virtual dapat ditempatkan secara realistis di dunia nyata. **Light estimation** memungkinkan objek virtual untuk menyesuaikan diri dengan kondisi pencahayaan di lingkungan sekitar, membuat objek terlihat lebih realistis dengan bayangan dan refleksi yang sesuai. Selain itu, ARCore mendukung fitur **Augmented Images**, yang memungkinkan aplikasi mengenali gambar di dunia nyata dan menambahkan elemen AR yang relevan dengan gambar tersebut.

- **ARKit:** Dikembangkan oleh Apple, ARKit adalah framework yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi AR di perangkat iOS. ARKit menawarkan fitur serupa dengan ARCore, seperti **motion tracking**, **environmental understanding**, dan **light estimation**. Namun, ARKit memiliki keunggulan tambahan seperti **people occlusion**, yang memungkinkan objek virtual muncul di depan atau di belakang orang di dalam lingkungan AR, memberikan pengalaman AR yang lebih imersif. ARKit juga mendukung **scene geometry**, yang memungkinkan perangkat untuk memetakan ruangan dan mengenali struktur seperti dinding, jendela, dan furnitur, memberikan pengalaman AR yang lebih mendetail dan akurat. Selain itu, ARKit mendukung **multiuser experiences**, yang memungkinkan beberapa pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan elemen AR yang sama secara real-time, meningkatkan aspek kolaborasi dalam aplikasi AR.

## 2. Kelebihan dan Keterbatasan Framework ARCore dan ARKit

Meskipun ARCore dan ARKit memiliki tujuan yang sama, yaitu menciptakan pengalaman AR yang interaktif dan imersif, ada beberapa kelebihan dan keterbatasan dari masing-masing framework yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan aplikasi AR.

- **Kelebihan ARCore:**

- **Kompatibilitas Perangkat yang Luas:** ARCore kompatibel dengan banyak perangkat Android, memberikan jangkauan pasar yang lebih luas. Hal ini memungkinkan lebih banyak pengguna untuk mengakses aplikasi AR yang dibuat menggunakan ARCore, termasuk pengguna dari berbagai merek perangkat Android.
- **Cloud Anchors:** ARCore mendukung **Cloud Anchors**, yang memungkinkan beberapa perangkat untuk berbagi pengalaman AR secara real-time. Hal ini sangat berguna untuk aplikasi kolaboratif atau permainan multiplayer, di mana beberapa pengguna dapat melihat dan berinteraksi dengan objek virtual yang sama dalam ruang yang sama.
- **Depth API:** ARCore memiliki **Depth API** yang memungkinkan pemetaan kedalaman secara akurat. Ini menciptakan efek interaksi yang lebih realistis, seperti ketika objek virtual dapat bersembunyi di balik benda dunia nyata atau berinteraksi dengan permukaan yang tidak rata. Depth API memungkinkan pengguna merasa seolah-olah objek virtual benar-benar menjadi bagian dari lingkungan fisik.

- **Keterbatasan ARCore:**

- **Ketergantungan pada Spesifikasi Perangkat:** Tidak semua perangkat Android mendukung ARCore, dan kualitas pengalaman AR dapat bervariasi tergantung pada spesifikasi perangkat, seperti sensor, kamera, dan kekuatan

pemrosesan. Pengguna dengan perangkat yang kurang mendukung mungkin mengalami gangguan atau keterbatasan dalam pengalaman AR.

- **Keterbatasan Akurasi dalam Kondisi Tertentu:** ARCore memiliki beberapa keterbatasan dalam hal akurasi pelacakan gerakan, terutama pada perangkat dengan sensor yang kurang canggih atau dalam kondisi pencahayaan rendah. Ini dapat mempengaruhi seberapa baik objek virtual dapat tetap berada di tempat yang tepat saat perangkat bergerak.

- **Kelebihan ARKit:**

- **Integrasi yang Mendalam dengan Ekosistem Apple:** ARKit bekerja sangat baik dengan perangkat keras Apple, seperti **LiDAR Scanner** pada iPad Pro dan iPhone, yang meningkatkan akurasi pelacakan dan pemetaan lingkungan. Hal ini memberikan pengalaman AR yang lebih mulus dan realistis, terutama dalam hal pemetaan ruangan dan pengenalan objek.
- **People Occlusion:** Fitur ini memungkinkan objek virtual untuk berinteraksi dengan pengguna, seperti muncul di belakang atau di depan seseorang, memberikan efek yang lebih nyata dan mendalam. Dengan fitur ini, aplikasi AR dapat menciptakan ilusi bahwa objek virtual benar-benar ada di dunia nyata bersama dengan pengguna.
- **Scene Geometry:** ARKit dapat mengenali dan memetakan struktur ruangan secara detail, yang memungkinkan penempatan objek virtual dengan lebih presisi. Ini sangat berguna untuk aplikasi interior design, di mana pengguna dapat melihat bagaimana furnitur akan terlihat di dalam ruangan mereka sebelum membelinya.



- **Multiuser Experiences:** ARKit juga mendukung pengalaman multiuser, memungkinkan beberapa pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan elemen AR yang sama dari berbagai perangkat iOS. Hal ini membuka peluang untuk aplikasi kolaboratif dan permainan sosial yang lebih menarik.
- **Keterbatasan ARKit:**
  - **Terbatas pada Perangkat iOS:** ARKit hanya dapat digunakan pada perangkat iOS, yang membatasi jangkauan aplikasi hanya pada pengguna perangkat Apple. Ini membuat pengembang perlu mempertimbangkan pasar yang lebih terbatas dibandingkan dengan ARCore yang bisa digunakan di berbagai merek perangkat Android.
  - **Keterbatasan Kompatibilitas:** Fitur canggih seperti LiDAR hanya tersedia pada perangkat tertentu, yang membuat beberapa fitur ARKit tidak dapat diakses di semua perangkat iOS. Hal ini berarti pengalaman AR yang optimal hanya tersedia bagi pengguna perangkat terbaru, sementara perangkat yang lebih lama mungkin tidak mendukung semua fitur.
  - **Keterbatasan dalam Menjangkau Pasar yang Lebih Luas:** Karena hanya mendukung perangkat iOS, ARKit tidak dapat menjangkau pasar Android yang besar, sehingga pengembang perlu mempertimbangkan strategi untuk mencakup semua platform jika ingin menjangkau audiens yang lebih luas.

## Modul Minggu 9: Desain Aset Grafis untuk VR/AR

### Materi Pembelajaran

#### 1. Penggunaan Adobe Photoshop untuk Aset Grafis

Dalam pengembangan aplikasi VR/AR, aset grafis memiliki peran yang sangat penting untuk menciptakan pengalaman yang imersif. **Adobe Photoshop** adalah salah satu alat utama yang digunakan untuk membuat dan mengedit aset grafis 2D yang digunakan dalam aplikasi VR/AR. Photoshop menyediakan berbagai fitur yang memungkinkan pengembang untuk menghasilkan tekstur, latar belakang, dan elemen visual lainnya yang diperlukan dalam lingkungan virtual.



**Gambar 10** Adobe Photoshop

- **Pembuatan Tekstur dan Material:** Photoshop sangat berguna untuk membuat tekstur dan material yang nantinya akan diterapkan pada objek 3D. Misalnya, pengembang dapat membuat tekstur kayu, logam, atau batu yang akan diaplikasikan pada objek untuk memberikan tampilan realistis. Tekstur yang detail akan memberikan kesan yang lebih nyata pada objek-objek virtual dalam aplikasi VR/AR. Selain itu, dengan menggunakan fitur **Pattern** di Photoshop, pengembang dapat dengan mudah menciptakan pola berulang yang memberikan tekstur lebih kompleks pada objek virtual.

- **Manipulasi Gambar untuk Aset AR:** Dalam pembuatan aset AR, manipulasi gambar juga sering dilakukan, misalnya untuk menciptakan efek transparansi, memotong objek dari gambar latar, atau menyesuaikan warna dan kecerahan. Photoshop memiliki alat seperti **Layer Mask**, **Adjustment Layers**, dan **Blending Modes** yang sangat berguna untuk menyesuaikan elemen visual agar terlihat natural ketika ditempatkan dalam lingkungan AR. Selain itu, fitur **Smart Objects** memungkinkan pengembang untuk mengedit elemen gambar tanpa kehilangan kualitas, sehingga dapat menghasilkan aset yang lebih fleksibel untuk digunakan di berbagai situasi.
- **Teknik Kolase dan Penggabungan Gambar:** Photoshop juga mendukung pembuatan kolase atau penggabungan beberapa gambar menjadi satu elemen aset yang kompleks. Teknik ini sering digunakan dalam VR/AR untuk menciptakan latar belakang atau lingkungan yang tampak realistis. **Blending Modes** seperti **Multiply** dan **Overlay** sering digunakan untuk menggabungkan tekstur dengan cara yang menarik, memberikan hasil yang lebih hidup dan imersif.

## 2. Teknik Dasar Desain 2D dan 3D

Untuk menciptakan aset grafis yang efektif dalam aplikasi VR/AR, penting untuk memahami teknik dasar desain 2D dan 3D. Desain 2D digunakan untuk elemen visual seperti antarmuka pengguna (UI), sedangkan desain 3D digunakan untuk membuat objek yang akan berinteraksi dengan pengguna dalam lingkungan virtual.



**Gambar 11** Desain 2D dan 3D

- **Desain 2D:** Desain 2D mencakup pembuatan elemen antarmuka, seperti ikon, tombol, dan latar belakang. Teknik dasar seperti penggunaan **grid**, **warna**, dan **tipografi** sangat penting untuk menciptakan antarmuka yang menarik dan mudah digunakan. Pengembang harus memastikan bahwa UI tidak hanya terlihat estetik tetapi juga intuitif untuk pengguna. **Teori Warna** juga sangat penting dalam desain 2D, karena kombinasi warna yang tepat dapat membantu menciptakan suasana yang sesuai dengan tema aplikasi dan meningkatkan keterlibatan pengguna.
- **Desain 3D:** Desain 3D melibatkan pembuatan model yang akan digunakan dalam dunia virtual. **Blender** adalah salah satu alat yang sering digunakan untuk membuat model 3D. Teknik dasar seperti **pemodelan poligon**, **teksturisasi**, dan **rigging** diperlukan untuk membuat objek yang dapat berinteraksi dengan pengguna. Pengembang harus mempertimbangkan optimasi model agar performa aplikasi tetap baik saat diakses oleh pengguna, khususnya untuk aplikasi VR yang membutuhkan rendering real-time. Selain itu, penggunaan **Modifiers** seperti **Subdivision Surface** di Blender memungkinkan pengembang untuk membuat model yang lebih halus dan detail tanpa meningkatkan jumlah poligon secara signifikan.
- **Teknik Tekstur dan Shading:** Selain model 3D, tekstur dan shading memainkan peran penting dalam memberikan tampilan realistis pada objek. **UV Mapping** adalah proses di mana tekstur diterapkan pada model 3D. Dengan teknik UV Mapping yang baik, tekstur dapat ditempatkan dengan tepat, sehingga objek tampak lebih realistis. **Shading** digunakan untuk menentukan bagaimana cahaya berinteraksi dengan permukaan objek, yang dapat membantu menciptakan kedalaman visual dan membuat objek terlihat lebih nyata. Penggunaan **Normal Maps** dan **Bump Maps** juga dapat menambahkan detail pada permukaan objek tanpa meningkatkan jumlah poligon, memberikan ilusi permukaan yang lebih kompleks.

- **Animasi dan Rigging:** Untuk membuat objek yang lebih dinamis dalam aplikasi VR/AR, pengembang perlu memahami teknik dasar **animasi** dan **rigging**. Animasi memungkinkan objek bergerak, sementara rigging adalah proses pembuatan kerangka untuk model 3D sehingga bisa dianimasikan. Misalnya, untuk membuat karakter manusia, rigging diperlukan untuk menentukan bagaimana lengan, kaki, dan bagian tubuh lainnya bergerak secara realistis. Blender menyediakan fitur **Armature** untuk membantu dalam proses rigging, memungkinkan pembuatan gerakan yang lebih alami pada model.

### 3. Ekspor dan Integrasi Aset ke Unity/Unreal

Setelah membuat aset grafis menggunakan Photoshop atau alat desain lainnya, langkah berikutnya adalah mengekspor dan mengintegrasikannya ke dalam **Unity** atau **Unreal Engine**. Proses ekspor ini membutuhkan format dan pengaturan yang tepat agar aset dapat digunakan secara optimal di dalam mesin game.

- **Ekspor Aset 2D dari Photoshop:** Aset 2D seperti tekstur, ikon, atau latar belakang dapat diekspor dari Photoshop dalam berbagai format seperti **PNG**, **JPG**, atau **TGA** tergantung pada kebutuhan. Format **PNG** sering digunakan karena mendukung transparansi, yang sangat penting untuk objek yang memiliki bagian transparan. Sebelum ekspor, penting untuk memastikan bahwa resolusi dan ukuran file sudah dioptimalkan untuk menghindari masalah performa dalam aplikasi VR/AR. Penggunaan fitur **Export As** di Photoshop memungkinkan pengembang untuk menyesuaikan berbagai parameter ekspor seperti ukuran, kualitas, dan format dengan lebih detail.
- **Ekspor dan Integrasi Model 3D:** Jika menggunakan **Blender** atau software pemodelan 3D lainnya, model dapat diekspor dalam format **FBX** atau **OBJ** untuk diintegrasikan ke dalam Unity atau Unreal Engine. Format **FBX** sangat populer karena

mendukung animasi, tekstur, dan rigging, sehingga memudahkan integrasi aset yang kompleks. Di dalam Unity atau Unreal Engine, model yang telah diekspor dapat diimpor dan diberi tekstur serta shader yang sesuai untuk menciptakan tampilan yang diinginkan. Selain itu, **Material Editor** di Unreal Engine memungkinkan pengembang untuk mengedit material secara mendetail, termasuk penyesuaian refleksi, warna, dan efek lainnya.

- **Optimasi untuk Real-Time Rendering:** Salah satu tantangan dalam pengembangan aplikasi VR/AR adalah memastikan aset grafis yang digunakan tidak mengurangi performa aplikasi. Oleh karena itu, penting untuk melakukan optimasi aset sebelum diintegrasikan ke dalam Unity atau Unreal Engine. Teknik seperti **reduksi poligon** untuk model 3D, **kompresi tekstur**, dan **penggunaan LOD (Level of Detail)** dapat digunakan untuk menjaga performa aplikasi tetap stabil dan memastikan pengalaman pengguna tidak terganggu. **Light Baking** juga dapat digunakan untuk mengurangi beban pemrosesan real-time dengan menggabungkan pencahayaan statis ke dalam tekstur.
- **Pengaturan Material dan Shader di Unity/Unreal:** Setelah model dan tekstur diimpor, langkah berikutnya adalah mengatur **material** dan **shader**. Unity dan Unreal Engine menawarkan berbagai shader yang dapat digunakan untuk menciptakan efek visual yang berbeda, seperti refleksi, transparansi, atau efek metalik. Menggunakan shader dengan tepat dapat meningkatkan kualitas visual aset, sehingga memberikan pengalaman yang lebih realistis dan imersif bagi pengguna. Shader seperti **PBR (Physically Based Rendering)** dapat digunakan untuk memberikan tampilan material yang realistis dengan cara mensimulasikan bagaimana cahaya berinteraksi dengan permukaan objek, memberikan efek seperti kilau logam atau kekasaran permukaan.

- **Penerapan Cahaya dan Bayangan:** Pencahayaan adalah aspek penting dalam mengintegrasikan aset grafis ke dalam lingkungan VR/AR. Menggunakan **Light Probes** dan **Reflection Probes** di Unity dapat membantu dalam menciptakan pencahayaan yang realistis untuk objek bergerak, sementara **Shadow Casting** dapat digunakan untuk menciptakan bayangan dinamis yang meningkatkan kedalaman visual dan memberikan konteks spasial yang lebih baik bagi pengguna.

## Modul Minggu 10: Modeling 3D Dasar untuk VR/AR

Materi Pembelajaran

### 1. Penggunaan Blender untuk Modeling 3D

**Blender** adalah perangkat lunak open-source yang sangat populer dan sering digunakan untuk membuat model 3D dalam pengembangan aplikasi VR/AR. Blender menyediakan berbagai alat yang memungkinkan pengembang untuk membuat objek 3D secara detail dan realistis, dari pemodelan dasar hingga animasi dan rendering. Selain itu, Blender terus dikembangkan oleh komunitas global yang aktif, sehingga selalu ada fitur baru dan peningkatan yang membantu pengembang menciptakan model yang lebih baik.



Gambar 12 Logo Blender

- **Pemodelan Poligon:** Pemodelan poligon adalah teknik dasar dalam pembuatan model 3D, di mana objek dibentuk menggunakan poligon atau bidang datar. Dengan menggunakan **Edit Mode** di Blender, pengembang dapat mengubah bentuk dasar seperti kubus, bola, atau silinder menjadi objek yang lebih kompleks dengan menggerakkan, menambah, atau menghapus poligon. **Extrude** dan **Inset** adalah dua alat penting dalam pemodelan poligon yang memungkinkan pembuatan bentuk-bentuk yang lebih rinci. Penggunaan **Loop Cut** juga membantu dalam menambahkan lebih banyak subdivisi pada model untuk menciptakan detail yang lebih akurat.
- **Pemanfaatan Modifier:** Modifier adalah fitur di Blender yang memungkinkan pengembang untuk menerapkan efek tertentu pada objek tanpa merusak struktur aslinya. Misalnya, **Subdivision Surface Modifier** digunakan untuk membuat objek terlihat lebih halus dengan menambah subdivisi pada poligon, sementara **Mirror**



**Modifier** digunakan untuk menciptakan simetri, yang sangat berguna saat membuat model karakter atau objek yang membutuhkan keseimbangan pada kedua sisi. **Boolean Modifier** juga sering digunakan untuk menggabungkan atau memotong objek, memungkinkan pembuatan bentuk yang lebih kompleks dengan menggabungkan beberapa objek dasar.

- **Teknik Sculpting:** Selain pemodelan poligon, Blender juga memiliki fitur **Sculpting** yang memungkinkan pengembang untuk membentuk model dengan lebih natural, seperti memahat tanah liat. Sculpting berguna untuk menciptakan detail yang rumit, terutama pada karakter atau objek organik seperti wajah atau tubuh manusia. **Brushes** yang tersedia di Sculpt Mode memungkinkan pengembang untuk menambahkan detail seperti kerutan, lipatan, dan tekstur halus pada model. **Dyntopo (Dynamic Topology)** juga merupakan fitur yang berguna dalam sculpting, karena memungkinkan penambahan detail topologi hanya pada area yang diperlukan, sehingga menghemat sumber daya.
- **Teknik Retopology:** Setelah menggunakan sculpting untuk menambahkan detail, **retopology** sering dilakukan untuk menyederhanakan topologi model agar lebih efisien saat di-render. Retopology adalah proses membuat ulang mesh dengan jumlah poligon yang lebih sedikit tetapi tetap mempertahankan detail yang ada, sehingga model lebih optimal untuk aplikasi real-time seperti VR/AR.
- **Pemodelan 3D Tingkat Lanjut:** Blender menyediakan berbagai alat pemodelan, termasuk polygonal modeling, NURBS modeling, dan sculpting, yang memungkinkan pengembang menciptakan objek dengan kompleksitas tinggi. Fitur seperti modifiers (contoh: Subdivision Surface, Boolean) mempermudah perubahan bentuk objek secara dinamis tanpa mengubah geometri dasarnya. Blender juga mendukung

parametric modeling, yang memungkinkan pengguna menciptakan model dengan kontrol matematis untuk menghasilkan bentuk yang akurat dan presisi.

- **Rigging dan Animasi:** Blender memiliki fitur rigging canggih untuk membuat kerangka tulang pada objek 3D, memungkinkan animasi yang realistis. Sistem animasinya mencakup alat inverse kinematics (IK), forward kinematics (FK), dan physics-based simulations, yang sangat berguna untuk menciptakan gerakan alami dalam objek virtual. Fitur ini sering digunakan dalam VR/AR untuk membuat karakter atau objek yang dapat berinteraksi secara dinamis dengan lingkungan pengguna.
- **Rendering Realistis:** Dengan Cycles dan Eevee, Blender menyediakan mesin rendering yang mendukung physically-based rendering (PBR), pencahayaan global, bayangan lembut, dan pantulan realistis. Fitur ini memungkinkan pengembang untuk melihat model dengan kualitas mendekati real-time, membantu dalam menciptakan objek yang kompatibel dengan aplikasi VR/AR. Eevee, dengan rendering real-time-nya, sangat cocok untuk pipeline VR/AR yang membutuhkan waktu render cepat dan efisien.
- **Texturing dan UV Mapping:** Blender menawarkan alat texturing dan UV mapping yang lengkap, termasuk baking textures, procedural texturing, dan image-based texturing. Pengembang dapat membuat tekstur secara procedural untuk menghasilkan pola realistis seperti kayu, logam, atau kain tanpa memerlukan file gambar eksternal, yang sangat bermanfaat untuk mengurangi ukuran file dalam aplikasi VR/AR.
- **Simulasi Fisik dan Efek Visual:** Blender mendukung simulasi fisik seperti cairan, asap, dan partikel yang dapat digunakan untuk menciptakan efek visual dinamis dalam VR/AR. Fitur simulasi seperti cloth physics dan soft body dynamics memungkinkan interaksi realistis antara objek dan lingkungan virtual, memberikan kesan yang lebih mendalam dan imersif.

- **Scripting dan Kustomisasi dengan Python:** Blender memungkinkan integrasi dan otomatisasi menggunakan Python API-nya. Hal ini memungkinkan pengembang untuk menyesuaikan pipeline kerja mereka, membuat alat khusus, atau mengotomatiskan tugas berulang. Dalam pengembangan VR/AR, Python sering digunakan untuk menulis skrip ekspor model ke format yang kompatibel seperti glTF atau FBX, memastikan interoperabilitas dengan mesin pengembangan seperti Unity dan Unreal Engine.

## 2. Pencahayaan dan Material dalam Modeling 3D

Menciptakan model 3D yang realistis dan hidup melibatkan pemahaman mendalam tentang pencahayaan dan material, dua elemen fundamental yang memengaruhi bagaimana model terlihat dan terasa dalam lingkungan virtual. Meskipun **Unity** dan **Unreal Engine** menyediakan sistem pencahayaan dan material yang sangat canggih, memahami dan mengatur elemen-elemen ini di **Blender** sebelum model diimpor ke engine tersebut adalah langkah penting dalam memastikan integrasi yang mulus dan hasil yang optimal.

### 1. Pencahayaan: Dasar dan Implementasi di Blender

Pencahayaan adalah faktor utama yang memengaruhi persepsi visual model 3D. Dalam Blender, pencahayaan dapat dikonfigurasi untuk mencapai efek realistis dengan menggunakan berbagai jenis sumber cahaya dan teknik pencahayaan.

#### Jenis Pencahayaan di Blender

- **Point Light:** Cahaya yang memancar ke segala arah dari satu titik. Cocok untuk mensimulasikan sumber cahaya kecil seperti lampu pijar.\n
- **Spot Light:** Cahaya yang terkonsentrasi dalam satu area dengan kerucut tertentu, ideal untuk mensimulasikan lampu sorot atau efek panggung.\n
- **Area Light:** Cahaya yang memancar dari permukaan tertentu, menghasilkan bayangan lembut yang realistis. Cocok untuk pencahayaan global yang halus.\n

- **Sun Light:** Cahaya paralel yang mensimulasikan sinar matahari, sering digunakan untuk pencahayaan lingkungan luar.\n

### **Teknik Pencahayaan di Blender**

1. **Global Illumination (GI):** Teknik ini mensimulasikan bagaimana cahaya memantul di berbagai permukaan, menciptakan efek pencahayaan tidak langsung yang realistis. Dalam Blender, GI dapat dihasilkan menggunakan **Cycles Renderer**.\n
2. **HDRI Lighting:** Dengan memanfaatkan gambar lingkungan berbasis HDR (High Dynamic Range), Blender dapat menghasilkan pencahayaan yang sangat realistis dan natural. HDRI lighting memberikan pencahayaan global yang kaya, termasuk refleksi dan bayangan dari gambar lingkungan tersebut.\n
3. **Shadow Casting:** Blender memungkinkan konfigurasi bayangan yang halus dan realistis melalui pengaturan seperti soft shadow dan contact shadow. Bayangan memainkan peran penting dalam memberikan kedalaman dan dimensi pada model.\n

### **Persiapan Pencahayaan untuk Unity dan Unreal Engine**

Saat model diimpor ke Unity atau Unreal Engine, pencahayaan di Blender sering digunakan sebagai referensi. Untuk menjaga konsistensi:\n

- Pastikan pencahayaan di Blender dirancang dengan mempertimbangkan skala dan orientasi model.
- Gunakan baking pencahayaan untuk menanamkan efek pencahayaan statis pada tekstur, terutama untuk model yang tidak memerlukan pencahayaan real-time di game engine.\n

### **2. Material: Pemahaman dan Implementasi di Blender**

Material adalah elemen yang memberikan tekstur, warna, reflektivitas, dan properti lainnya pada permukaan model 3D, membuatnya terlihat seperti kayu, logam, kain, atau kaca. Blender menyediakan sistem material berbasis nodal yang sangat fleksibel melalui **Shader Editor**.

### **Komponen Utama Material di Blender**

- **Diffuse:** Komponen ini menentukan warna dasar permukaan yang tersebar ke segala arah.
- **Specular:** Menentukan intensitas dan ketajaman refleksi cahaya pada permukaan. Refleksi specular memberikan kesan kilau atau kekasaran.
- **Normal Map:** Menggunakan peta normal untuk menambahkan detail permukaan seperti tonjolan atau cekungan tanpa menambah jumlah poligon model.\n
- **Roughness:** Mengontrol seberapa halus atau kasar permukaan terlihat dalam memantulkan cahaya. Material seperti kaca memiliki roughness rendah, sedangkan material seperti kain memiliki roughness tinggi.
- **Metalness:** Parameter ini menentukan apakah permukaan memiliki sifat logam. Logam biasanya memantulkan cahaya dengan warna yang lebih terjenuh dibandingkan material non-logam.\n

### **Teknik Material di Blender**

1. **Physically-Based Rendering (PBR):** Blender mendukung PBR, memungkinkan pembuatan material yang lebih realistis. Properti seperti albedo, roughness, dan metallic dirancang untuk mencerminkan interaksi material dengan cahaya secara fisika.\n
2. **Procedural Texturing:** Blender memungkinkan pembuatan tekstur kompleks secara procedural tanpa menggunakan gambar eksternal. Teknik ini sangat berguna untuk membuat pola yang dapat disesuaikan, seperti tekstur marmer atau kayu.\n
3. **Baking Material:** Blender dapat digunakan untuk membuat dan membakar tekstur material (baking), seperti peta normal, peta ambient occlusion, atau peta roughness. Hasil baking ini mempermudah pengaturan material di Unity atau Unreal Engine.\n

### **Persiapan Material untuk Unity dan Unreal Engine**

Ketika model dipindahkan ke Unity atau Unreal Engine, penting untuk memastikan bahwa material dan tekstur kompatibel dengan sistem PBR yang digunakan di kedua engine ini:\n

- Ekspor material Blender dalam format **glTF** atau **FBX** untuk mempertahankan properti PBR.
- Gunakan resolusi tekstur yang sesuai untuk menjaga keseimbangan antara kualitas visual dan performa aplikasi VR/AR.
- Verifikasi bahwa channel tekstur seperti albedo, normal, roughness, dan metallic diterjemahkan dengan benar dalam shader Unity atau Unreal Engine.

### 3. Integrasi di Unity dan Unreal Engine

Setelah pencahayaan dan material diatur di Blender, Unity dan Unreal Engine menawarkan alat tambahan untuk meningkatkan hasil akhir:\n

- **Unity:** Menggunakan sistem **Universal Render Pipeline (URP)** atau **High Definition Render Pipeline (HDRP)**, pengembang dapat mengoptimalkan pencahayaan dan material dengan fitur seperti volumetric lighting, post-processing, dan shader graph.
- **Unreal Engine:** Unreal menawarkan real-time ray tracing dan pencahayaan global dinamis, memungkinkan pengembang untuk menghasilkan pencahayaan dan material yang sangat realistis dengan sedikit usaha tambahan.

### Kesimpulan

Pemahaman tentang pencahayaan dan material di Blender tidak hanya penting untuk menciptakan model 3D yang terlihat hidup tetapi juga memastikan hasil yang konsisten ketika model diimpor ke Unity atau Unreal Engine. Dengan memanfaatkan keunggulan masing-masing platform, pengembang dapat menciptakan pengalaman VR/AR yang imersif dan realistis, yang memanfaatkan kekuatan pencahayaan dan material untuk membangun dunia virtual yang autentik.

## Modul Minggu 11: Interaksi Pengguna dalam VR/AR

### Materi Pembelajaran

#### 1. Jenis Interaksi dalam VR/AR (Gesture, Suara, Kontroler)

Dalam pengembangan aplikasi VR/AR, interaksi pengguna memainkan peran yang sangat penting untuk menciptakan pengalaman yang imersif dan intuitif. Jenis-jenis interaksi yang dapat digunakan untuk menghubungkan pengguna dengan dunia virtual atau augmented adalah **gesture**, **suara**, dan **kontroler**. Ketiga jenis interaksi ini membantu pengguna untuk berkomunikasi dengan dunia virtual secara lebih natural dan responsif, menciptakan pengalaman yang lebih mendalam dan interaktif.

- **Gesture:** Interaksi berbasis gesture menggunakan gerakan tangan atau tubuh untuk berinteraksi dengan objek dalam dunia virtual. Teknologi seperti **hand-tracking** memungkinkan perangkat untuk mengenali gerakan tangan pengguna dan menerjemahkannya menjadi perintah di lingkungan virtual. Gesture seperti mencubit udara untuk memilih objek atau menggesek untuk navigasi dapat membuat interaksi lebih alami dan intuitif. Misalnya, pengguna dapat menggerakkan tangan untuk meraih atau menggerakkan objek dalam aplikasi VR/AR, menciptakan pengalaman yang lebih alami tanpa membutuhkan perangkat fisik tambahan.
- **Suara:** Interaksi berbasis suara memungkinkan pengguna untuk mengontrol aplikasi VR/AR dengan perintah suara. Teknologi pengenalan suara, seperti **Google Assistant**, **Apple Siri**, atau **Microsoft Azure Speech Services**, memungkinkan aplikasi VR/AR menerima dan mengeksekusi perintah yang diberikan oleh pengguna, seperti "buka pintu" atau "tampilkan peta." Interaksi suara sangat berguna terutama ketika pengguna tidak bisa menggunakan tangan mereka untuk berinteraksi, seperti saat membawa objek lain atau dalam situasi tertentu yang memerlukan hands-free operation.

- **Kontroler:** **Kontroler VR** adalah perangkat fisik yang digunakan untuk berinteraksi dengan dunia virtual. Kontroler ini biasanya memiliki tombol, joystick, dan sensor gerak yang memungkinkan pengguna untuk menggerakkan objek, melakukan teleportasi, atau berinteraksi dengan objek di dunia virtual. Kontroler seperti **Oculus Touch**, **HTC Vive Controllers**, atau **PlayStation Move** memberikan pengguna kontrol yang presisi dan umpan balik haptic, yang menambah imersi dan realisme dalam interaksi. Dengan kontroler, pengguna dapat melakukan tindakan-tindakan yang kompleks, seperti memainkan game VR atau memanipulasi objek dengan tingkat ketelitian tinggi.

## 2. Prinsip UX/UI dalam Desain VR/AR

Dalam desain VR/AR, **User Experience (UX)** dan **User Interface (UI)** sangat penting untuk memastikan interaksi pengguna berlangsung dengan mudah, nyaman, dan intuitif. Prinsip UX/UI yang baik dalam VR/AR bertujuan untuk meningkatkan keterlibatan pengguna dan mengurangi risiko **motion sickness** yang sering terjadi ketika pengalaman virtual tidak seimbang.

- **Kenyamanan Pengguna:** Kenyamanan pengguna harus menjadi prioritas utama dalam desain VR. Beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan termasuk **frame rate** yang stabil dan **latency** yang rendah. Frame rate yang rendah atau latency yang tinggi dapat menyebabkan mual dan ketidaknyamanan. Untuk navigasi, **teleportasi** sering digunakan untuk mengurangi risiko motion sickness, dibandingkan dengan pergerakan kontinu yang bisa membuat pengguna merasa tidak nyaman.
- **Antarmuka yang Mudah Dipahami:** UI dalam VR/AR harus dirancang sesederhana mungkin agar mudah dimengerti. Elemen UI seperti **menu**, **ikon**, dan **petunjuk** harus ditempatkan pada posisi yang mudah diakses pengguna, dengan mempertimbangkan bidang pandang (field of view) mereka. Penggunaan **Floating UI** atau antarmuka



mengambang adalah salah satu teknik umum yang memungkinkan elemen UI tetap terlihat di manapun pengguna berada. Selain itu, ukuran dan warna teks harus diperhatikan agar mudah dibaca, terutama di lingkungan yang kompleks atau beragam latarnya.

- **Interaksi Alamiah:** Penggunaan gesture atau kontrol yang meniru tindakan di dunia nyata dapat membuat interaksi dalam VR/AR lebih intuitif. **Feedback visual, audio, dan haptic** juga diperlukan untuk memberikan konfirmasi kepada pengguna bahwa interaksi yang mereka lakukan telah berhasil. Misalnya, ketika pengguna memilih objek, perubahan warna, suara, atau getaran kontroler dapat memberikan indikasi bahwa tindakan tersebut telah diproses. Hal ini penting untuk memberikan kejelasan kepada pengguna dan memastikan bahwa mereka tahu apa yang sedang terjadi dalam dunia virtual.
- **Pengaturan Jarak dan Skala UI:** Dalam VR, penting untuk menempatkan UI pada **jarak yang nyaman** untuk dilihat dan diakses. UI yang terlalu dekat dapat menyebabkan ketidaknyamanan, sementara UI yang terlalu jauh sulit dijangkau. Skala dan jarak UI harus disesuaikan agar pengguna merasa nyaman saat melihat dan mengakses elemen UI. Elemen UI yang ditempatkan pada jarak yang ideal memungkinkan pengguna untuk tetap fokus pada tugas yang dihadapi tanpa mengalami kelelahan visual.

### **3. Implementasi Antarmuka Pengguna**

Implementasi antarmuka pengguna dalam VR/AR memerlukan pendekatan yang berbeda dibandingkan dengan aplikasi desktop atau mobile, karena melibatkan elemen 3D dan interaksi yang lebih kompleks. UI harus dirancang agar dapat diakses dengan mudah oleh pengguna tanpa mengganggu imersi mereka dalam dunia virtual.

- **Pembuatan UI di Unity dan Unreal Engine:** **Unity** dan **Unreal Engine** adalah dua platform utama yang digunakan untuk mengembangkan antarmuka dalam VR/AR. Unity menyediakan **Canvas** yang dapat diatur dalam mode **World Space**, di mana elemen UI ditempatkan dalam ruang 3D dan dapat diakses oleh pengguna secara imersif. Sementara itu, di Unreal Engine, pengembang dapat menggunakan **Unreal Motion Graphics (UMG)** untuk membuat UI dan mengintegrasikannya ke dalam dunia VR. **Blueprints** di Unreal Engine juga memungkinkan pengembang untuk membuat interaksi UI yang kompleks tanpa harus menulis kode, yang mempercepat proses pengembangan.
- **Interaksi dengan UI:** Interaksi dengan UI dalam VR dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti menggunakan **pointer** dari kontroler, gesture tangan, atau **gaze-based interaction**. **Laser pointer** dari kontroler adalah salah satu metode umum di mana pengguna cukup mengarahkan kontroler ke elemen UI dan menekan tombol untuk berinteraksi. Di perangkat yang mendukung **hand-tracking**, pengguna dapat langsung menyentuh elemen UI dengan tangan mereka, memberikan pengalaman yang lebih natural. **Voice commands** juga dapat digunakan untuk memberikan perintah kepada antarmuka, meningkatkan fleksibilitas dalam berinteraksi dengan UI.
- **Feedback dalam UI:** Setiap kali pengguna berinteraksi dengan elemen UI, mereka harus menerima **feedback** yang tepat, seperti perubahan warna, animasi, atau suara. **Haptic feedback** pada kontroler juga dapat memberikan umpan balik fisik, seperti getaran, untuk menandakan bahwa sebuah tindakan telah berhasil dilakukan. Feedback ini membantu memberikan konfirmasi kepada pengguna tentang tindakan yang mereka lakukan, memastikan bahwa setiap interaksi terasa responsif dan memuaskan.

## Modul Minggu 12: Integrasi Audio dan Haptics dalam VR/AR

### Materi Pembelajaran

#### 1. Implementasi Audio Imersif

Audio memainkan peran penting dalam menciptakan pengalaman yang mendalam dalam aplikasi VR/AR. Audio yang baik dapat membuat pengguna merasa seolah-olah benar-benar berada di dalam lingkungan virtual. Ada beberapa konsep utama dalam implementasi audio imersif yang perlu dipahami oleh pengembang VR/AR.

- **Spatial Audio:** Spatial audio adalah teknik yang digunakan untuk menciptakan ilusi bahwa suara datang dari berbagai arah di sekitar pengguna. Dengan menggunakan teknologi seperti **Ambisonics** atau **HRTF (Head-Related Transfer Function)**, pengembang dapat menciptakan pengalaman suara yang terasa sangat nyata. Spatial audio memungkinkan suara untuk berubah sesuai dengan pergerakan kepala atau tubuh pengguna, sehingga meningkatkan rasa keterlibatan dalam dunia virtual.
- **Binaural Audio:** **Binaural audio** adalah teknik perekaman suara yang menciptakan pengalaman mendengarkan seperti ketika manusia mendengar suara di dunia nyata, yaitu dengan menggunakan kedua telinga. Dalam VR, binaural audio dapat memberikan efek suara yang lebih realistis dan dapat menciptakan pengalaman yang lebih mendalam bagi pengguna.
- **Audio Interaktif:** Dalam aplikasi VR/AR, suara harus merespon tindakan pengguna secara real-time. Misalnya, jika pengguna menyentuh objek, suara yang sesuai harus diputar untuk memberikan respons langsung. Penggunaan **audio interaktif** seperti ini sangat penting untuk meningkatkan imersi dan memastikan bahwa setiap tindakan pengguna mendapatkan respons yang tepat, baik itu suara dari lingkungan, interaksi objek, atau peristiwa tertentu yang terjadi dalam aplikasi.

## 2. Penggunaan Haptics untuk Feedback Sentuhan

Haptics, atau umpan balik sentuhan, memberikan sensasi fisik kepada pengguna untuk meningkatkan pengalaman mereka dalam lingkungan VR/AR. Haptics memungkinkan pengguna "merasakan" dunia virtual, menciptakan hubungan yang lebih kuat antara pengguna dan lingkungan virtual.

- **Haptic Feedback pada Kontroler:** Banyak perangkat VR menggunakan kontroler dengan **haptic feedback** yang memberikan getaran atau sensasi sentuhan ketika pengguna berinteraksi dengan objek di dunia virtual. Misalnya, ketika pengguna menyentuh permukaan kasar atau menarik tuas, kontroler akan bergetar untuk meniru sensasi fisik tersebut. **Oculus Touch** dan **HTC Vive Controllers** adalah contoh perangkat yang menggunakan teknologi ini untuk memberikan pengalaman sentuhan yang lebih realistis.
- **Haptic Wearables:** Selain kontroler, ada juga perangkat **haptic wearables** yang dikenakan oleh pengguna, seperti sarung tangan haptik atau rompi haptik. Perangkat ini memungkinkan pengguna merasakan sensasi di bagian tubuh yang berbeda, seperti tekanan atau getaran, ketika mereka berinteraksi dengan dunia virtual. Ini menciptakan pengalaman yang lebih kaya dan mendalam karena sensasi tidak hanya terbatas pada tangan tetapi juga bisa dirasakan di seluruh tubuh.
- **Pemrograman Umpan Balik Haptic:** Dalam pengembangan VR/AR, pengembang perlu memprogram umpan balik haptic sesuai dengan skenario yang ada. Menggunakan API khusus seperti **OpenXR** atau **Unity XR Interaction Toolkit**, pengembang dapat menentukan kapan dan bagaimana haptic feedback diberikan, serta intensitas dan durasinya. Hal ini penting untuk menciptakan umpan balik yang tepat dan tidak berlebihan, yang dapat meningkatkan pengalaman pengguna tanpa menyebabkan ketidaknyamanan.

### **3. Pengujian Audio-Visual**

Untuk memastikan integrasi audio dan haptics dalam VR/AR berjalan dengan baik, pengujian menyeluruh menjadi langkah yang sangat penting. Pengujian ini tidak hanya bertujuan untuk memastikan bahwa setiap elemen teknis bekerja secara harmonis, tetapi juga untuk mengevaluasi bagaimana pengalaman tersebut diterjemahkan kepada pengguna secara keseluruhan. Audio dan haptics memainkan peran utama dalam menciptakan lingkungan yang imersif, sehingga setiap ketidaksesuaian atau gangguan dapat secara signifikan mengurangi kualitas pengalaman pengguna.

Pengujian audio melibatkan evaluasi aspek-aspek seperti sinkronisasi dengan visual, kejelasan suara, dan responsivitas audio terhadap tindakan pengguna. Misalnya, suara langkah kaki pengguna di dunia virtual harus sesuai dengan ritme dan lokasi yang terlihat secara visual. Selain itu, elemen seperti spatial audio atau binaural audio perlu diuji untuk memastikan bahwa suara terasa datang dari arah yang benar, menciptakan pengalaman yang realistis. Begitu pula, pengujian haptics melibatkan pemeriksaan intensitas getaran, waktu respons, dan relevansi umpan balik sentuhan terhadap interaksi pengguna dengan objek virtual.

Selama pengujian, penting untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah seperti latensi dalam respons haptic atau ketidaktepatan arah suara. Pengujian ini juga mencakup pengumpulan umpan balik dari pengguna untuk mengevaluasi sejauh mana audio dan haptics meningkatkan pengalaman mereka. Dengan demikian, pengembang dapat melakukan iterasi berdasarkan temuan ini untuk menyempurnakan integrasi teknologi dan memastikan bahwa setiap elemen tidak hanya berfungsi secara teknis tetapi juga memberikan nilai yang maksimal bagi pengguna.

- **Sinkronisasi Audio-Visual:** Pengujian sinkronisasi antara audio dan visual adalah bagian penting dari proses pengembangan VR/AR. **Lag** atau jeda antara tindakan visual dan respons audio dapat mengurangi imersi dan bahkan menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengguna. Oleh karena itu, pengembang perlu memastikan bahwa semua elemen audio sesuai dengan aksi visual yang terjadi dalam dunia virtual.
- **Pengujian Pengalaman Pengguna:** Pengujian pengalaman pengguna juga sangat penting untuk memahami bagaimana pengguna merespons elemen audio dan haptics. Pengembang dapat melakukan **user testing** untuk mengumpulkan umpan balik langsung dari pengguna tentang seberapa baik mereka dapat merasakan haptics dan bagaimana mereka merespons pengalaman audio yang disediakan. Hal ini dapat membantu mengidentifikasi area yang perlu disesuaikan agar pengalaman lebih optimal.
- **Optimasi Volume dan Getaran:** Dalam pengujian, pengembang juga perlu mengoptimalkan **volume suara** dan **intensitas haptic** agar tidak terlalu keras atau terlalu lemah. Volume yang terlalu tinggi dapat mengganggu dan menyebabkan ketidaknyamanan, sementara getaran yang terlalu intens dapat terasa tidak natural. Oleh karena itu, penyesuaian yang tepat sangat penting untuk memastikan pengalaman VR/AR yang menyenangkan dan realistis bagi pengguna.

## **Modul Minggu 13: Peningkatan Imersi dan Realisme dalam VR/AR**

Materi Pembelajaran

### **1. Penerapan Pencahayaan Dinamis dan Efek Visual**

Pencahayaan dan efek visual adalah elemen esensial dalam menciptakan pengalaman VR/AR yang mendalam dan realistis. Pencahayaan tidak hanya berfungsi untuk menerangi lingkungan virtual tetapi juga memberikan nuansa, kedalaman, dan emosi dalam setiap adegan. Efek visual, di sisi lain, memberikan detail tambahan seperti bayangan, refleksi, atau partikel yang memperkaya pengalaman visual pengguna. Kombinasi dari kedua elemen ini memungkinkan pengembang menciptakan dunia virtual yang terasa nyata dan menarik secara visual.

Penerapan pencahayaan dinamis menjadi salah satu teknik utama dalam VR/AR untuk menciptakan perubahan pencahayaan secara real-time, sesuai dengan interaksi pengguna atau pergerakan objek di lingkungan virtual. Misalnya, efek pergerakan matahari yang memengaruhi bayangan di lingkungan luar atau perubahan intensitas cahaya di dalam ruangan dapat menciptakan ilusi kedalaman dan kehadiran yang lebih kuat. Selain itu, efek visual seperti volumetric lighting, bloom, dan depth of field memberikan sentuhan artistik yang meningkatkan kualitas estetika dan realisme adegan.

Dengan penggunaan pencahayaan dan efek visual yang tepat, pengembang dapat meningkatkan kualitas imersi secara signifikan, membuat pengguna merasa benar-benar terlibat dalam dunia virtual yang diciptakan. Namun, untuk mencapai hasil terbaik, diperlukan keseimbangan antara kualitas visual dan kinerja aplikasi. Teknik seperti baking pencahayaan, penggunaan shader yang efisien, dan optimasi efek visual sangat penting untuk memastikan aplikasi dapat berjalan dengan lancar di perangkat VR/AR tanpa mengorbankan kualitas pengalaman pengguna.

- **Pencahayaan Dinamis:** **Pencahayaan dinamis** adalah teknik pencahayaan di mana intensitas, warna, dan posisi sumber cahaya dapat berubah secara real-time berdasarkan kondisi di dalam dunia virtual. Misalnya, pergerakan matahari yang berubah sepanjang waktu atau lampu yang menyala ketika pengguna memasuki ruangan. Pencahayaan dinamis memungkinkan terciptanya bayangan yang realistis dan menciptakan suasana yang lebih hidup dalam dunia VR/AR. Teknologi seperti **Global Illumination** dan **Real-Time Ray Tracing** digunakan untuk mencapai pencahayaan yang realistis, memastikan bahwa setiap objek memiliki bayangan yang sesuai dengan posisi sumber cahaya.
- **Efek Visual:** Efek visual seperti **partikel, kabut, refleksi, dan transparansi** juga penting dalam menciptakan pengalaman yang lebih realistis. Misalnya, efek partikel dapat digunakan untuk menambahkan detail seperti percikan air atau debu di lingkungan virtual. Refleksi pada permukaan air atau kaca membantu menciptakan ilusi visual yang lebih nyata, sementara efek kabut dapat meningkatkan kedalaman visual, memberikan suasana yang lebih dramatis, atau menciptakan batas jarak pandang yang realistis.
- **Post-Processing:** **Post-processing effects** adalah langkah-langkah pengolahan grafis yang dilakukan setelah rendering utama selesai, untuk menambahkan efek seperti **bloom, depth of field, dan motion blur**. Bloom memberikan kesan cahaya yang menyebar dari sumber terang, membuatnya terlihat lebih realistis. Depth of field dapat menambahkan kedalaman fokus, di mana objek yang dekat terlihat lebih tajam, sementara objek yang jauh terlihat buram, mirip dengan cara kerja lensa kamera. Teknik ini sangat efektif untuk meningkatkan realisme dan fokus pengguna pada elemen tertentu dalam adegan.



## 2. Optimalisasi Kinerja Grafis

Salah satu tantangan terbesar dalam pengembangan aplikasi VR/AR adalah memastikan bahwa aplikasi berjalan dengan **frame rate** yang tinggi dan stabil untuk menghindari **motion sickness** dan memastikan pengalaman yang nyaman bagi pengguna. Oleh karena itu, optimalisasi kinerja grafis sangat penting.

- **Pengelolaan Poligon dan LOD (Level of Detail):** Dalam VR/AR, penggunaan objek dengan jumlah **poligon** yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kinerja. Untuk mengatasinya, teknik **Level of Detail (LOD)** digunakan, di mana detail objek akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak dari kamera. Dengan cara ini, aplikasi dapat mengurangi beban rendering dan menjaga kinerja tetap optimal tanpa mengorbankan kualitas visual yang terlihat oleh pengguna.
- **Baking Cahaya:** **Baking cahaya** adalah proses di mana pencahayaan statis dihitung terlebih dahulu dan disimpan dalam bentuk tekstur. Ini mengurangi kebutuhan untuk melakukan kalkulasi pencahayaan secara real-time dan dapat meningkatkan kinerja aplikasi secara signifikan. Baking cahaya cocok digunakan untuk objek yang tidak berubah posisi atau intensitas cahayanya, seperti pencahayaan lingkungan yang konstan.
- **Penggunaan Shader dan Material yang Efisien:** **Shader** dan **material** adalah elemen penting dalam menciptakan visual yang menarik di VR/AR. Namun, penggunaan shader yang kompleks dapat memperlambat kinerja. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan shader yang telah dioptimalkan, dan meminimalkan penggunaan **material transparan** yang membutuhkan perhitungan lebih berat dalam rendering. Penggunaan shader yang efisien memungkinkan aplikasi untuk mencapai kualitas grafis yang baik tanpa mengorbankan frame rate.

- **Rendering Asynchronous Timewarp dan Motion Smoothing:** Untuk memastikan frame rate yang halus, teknik seperti **Asynchronous Timewarp (ATW)** dan **Motion Smoothing** sering digunakan. ATW dapat membantu mengurangi lag dengan memperkirakan posisi kepala pengguna saat frame berikutnya sedang dirender, sementara Motion Smoothing membantu menciptakan transisi yang lebih halus antara frame. Kedua teknik ini dapat mengurangi efek motion sickness dan meningkatkan pengalaman pengguna.

### 3. Pengujian dan Evaluasi Aplikasi

Setelah aplikasi dikembangkan, tahap pengujian dan evaluasi sangat penting untuk memastikan kualitas dan stabilitas pengalaman pengguna. Pengujian dalam VR/AR harus mencakup berbagai aspek, mulai dari kualitas visual, responsivitas interaksi, hingga kenyamanan pengguna.

- **Pengujian Visual dan Kinerja:** Pengujian visual bertujuan untuk memastikan bahwa semua elemen grafis, seperti pencahayaan, bayangan, dan efek visual, bekerja sebagaimana mestinya. Pengujian kinerja dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi berjalan pada **frame rate** yang stabil, umumnya di atas 90 fps, untuk menghindari ketidaknyamanan bagi pengguna. Pengujian ini juga mencakup deteksi **overdraw**, yaitu situasi di mana piksel yang sama dirender berulang kali, yang dapat menyebabkan penurunan kinerja.
- **Pengujian Interaksi Pengguna:** Pengujian interaksi melibatkan evaluasi bagaimana pengguna berinteraksi dengan dunia virtual, termasuk penggunaan kontroler, gesture, dan respons terhadap audio dan haptic. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa interaksi berlangsung secara intuitif dan semua umpan balik yang diberikan, baik secara visual, audio, maupun haptik, bekerja dengan baik. Pengujian interaksi juga

membantu mengidentifikasi potensi masalah yang dapat mengganggu pengalaman pengguna, seperti lag atau kesalahan dalam mengenali input pengguna.

- **Evaluasi Kenyamanan dan Imersi:** Untuk memastikan bahwa aplikasi memberikan pengalaman yang nyaman, evaluasi terhadap **kenyamanan pengguna** harus dilakukan. Ini mencakup aspek seperti desain interaksi yang tidak menyebabkan motion sickness, penggunaan audio dan haptics yang tepat, serta pencahayaan yang tidak terlalu terang atau redup. Evaluasi imersi mencakup bagaimana elemen-elemen di dunia virtual berkontribusi dalam membuat pengguna merasa benar-benar hadir di dalamnya. Pengujian beta dengan pengguna sebenarnya dapat memberikan wawasan penting tentang bagaimana mereka merasakan aplikasi dan apa saja yang perlu diperbaiki.

## Modul Minggu 14: Pengujian dan Evaluasi Usability Aplikasi VR/AR

Materi Pembelajaran

### 1. Teknik Pengujian Usability (Observasi, Wawancara)

Pengujian usability bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana aplikasi VR/AR mudah digunakan dan memberikan pengalaman yang baik bagi pengguna. Teknik pengujian usability melibatkan pengumpulan data tentang interaksi pengguna dengan aplikasi dan memahami pengalaman mereka. Beberapa teknik yang umum digunakan adalah **observasi** dan **wawancara**.

- **Observasi:** Teknik observasi merupakan metode penting dalam pengujian usability aplikasi VR/AR, di mana pengamat memantau secara langsung bagaimana pengguna berinteraksi dengan aplikasi. Pengamatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola penggunaan, kesulitan yang dialami pengguna, dan efektivitas antarmuka dalam mendukung tugas yang diberikan. Pengamat mencatat waktu yang dibutuhkan pengguna untuk menyelesaikan tugas tertentu, bagaimana mereka bernavigasi dalam aplikasi, serta area di mana pengguna mengalami kebingungan atau kesalahan. Observasi memberikan wawasan berharga tentang interaksi pengguna yang sering kali tidak dapat dijelaskan melalui metode lain. Observasi dapat dilakukan secara langsung, di mana pengamat hadir bersama pengguna selama sesi penggunaan aplikasi, atau secara tidak langsung melalui rekaman video. Dalam observasi langsung, pengamat dapat mengajukan pertanyaan klarifikasi atau mencatat respons spontan pengguna terhadap elemen antarmuka. Sementara itu, rekaman video memungkinkan pengembang untuk meninjau kembali sesi penggunaan dan menganalisis interaksi secara lebih mendetail. Kedua metode ini saling melengkapi, memberikan pandangan yang komprehensif tentang pengalaman pengguna. Keunggulan utama teknik observasi adalah kemampuannya untuk menangkap perilaku pengguna yang sebenarnya,

termasuk tindakan yang mungkin tidak mereka sadari. Pengguna sering kali tidak mampu menjelaskan secara verbal kesulitan yang mereka alami, tetapi melalui observasi, pengembang dapat mendeteksi masalah tersebut secara visual. Wawasan yang diperoleh dari observasi ini menjadi dasar penting untuk mengidentifikasi perbaikan dalam desain dan fungsionalitas aplikasi.

- **Wawancara:** Wawancara adalah metode lain yang efektif untuk menggali pengalaman pengguna setelah mereka mencoba aplikasi VR/AR. Melalui wawancara, pengguna dapat menyampaikan pendapat mereka secara mendalam tentang fitur yang mereka sukai, elemen yang membingungkan, dan kesulitan yang mereka alami selama penggunaan aplikasi. Informasi ini memberikan perspektif kualitatif yang kaya tentang pengalaman pengguna, yang mungkin tidak terungkap melalui metode kuantitatif seperti survei. Wawancara dapat dilakukan dengan pendekatan terstruktur atau semi-terstruktur. Dalam wawancara terstruktur, pengembang menggunakan daftar pertanyaan yang telah dirancang sebelumnya untuk memastikan konsistensi dalam pengumpulan data. Sebaliknya, wawancara semi-terstruktur memberikan fleksibilitas kepada pengembang untuk mengeksplorasi topik-topik yang muncul selama diskusi. Pendekatan ini memungkinkan penggalian lebih dalam terhadap aspek-aspek tertentu dari pengalaman pengguna, seperti alasan mereka menemukan fitur tertentu membingungkan atau bagaimana mereka mengharapkan aplikasi dapat ditingkatkan. Selain memberikan wawasan langsung dari sudut pandang pengguna, wawancara juga membangun hubungan yang lebih dekat antara pengguna dan pengembang. Pengguna merasa dihargai karena masukan mereka didengar, yang dapat meningkatkan tingkat kepuasan mereka terhadap aplikasi. Data yang diperoleh dari wawancara ini sangat berharga untuk iterasi pengembangan, memastikan bahwa aplikasi terus berkembang sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna.

- **Think-Aloud Protocol:** Think-aloud protocol adalah metode pengujian usability di mana pengguna diminta untuk mengungkapkan pikiran mereka secara verbal saat menggunakan aplikasi VR/AR. Teknik ini memberikan wawasan langsung tentang bagaimana pengguna memproses informasi, memahami antarmuka, dan mengambil keputusan selama interaksi. Dengan mendengar pikiran pengguna secara real-time, pengembang dapat mengidentifikasi area di mana antarmuka atau fungsi aplikasi mungkin membingungkan atau tidak intuitif. Selama sesi think-aloud, pengguna diminta untuk menjelaskan langkah-langkah yang mereka ambil, alasan di balik tindakan mereka, dan kesan mereka terhadap elemen tertentu dalam aplikasi. Sebagai contoh, jika pengguna kesulitan menemukan tombol atau fitur tertentu, mereka mungkin mengungkapkan kebingungan atau frustrasi mereka secara verbal, yang dapat memberikan indikasi bahwa desain antarmuka perlu diperbaiki. Teknik ini memungkinkan pengembang melihat langsung titik-titik kritis di mana aplikasi tidak memenuhi ekspektasi pengguna. Keunggulan think-aloud protocol adalah kemampuannya untuk menangkap pemikiran dan emosi pengguna secara langsung, yang sering kali sulit diperoleh melalui metode lain. Namun, teknik ini juga memiliki tantangan, seperti pengguna yang merasa tidak nyaman berbicara selama menggunakan aplikasi atau yang secara tidak sadar mengubah cara mereka berinteraksi karena sadar sedang diamati. Oleh karena itu, think-aloud protocol harus dilakukan dengan hati-hati, memastikan bahwa pengguna merasa santai dan didukung selama proses berlangsung. Wawasan yang diperoleh dari metode ini sangat berharga untuk meningkatkan antarmuka dan fungsionalitas aplikasi berdasarkan kebutuhan pengguna yang sebenarnya.

## 2. Feedback Pengguna dan Perbaikan Aplikasi

Setelah melakukan pengujian usability, langkah berikutnya adalah mengumpulkan feedback pengguna sebagai dasar untuk menganalisis performa aplikasi. Feedback ini biasanya diperoleh melalui berbagai metode, seperti wawancara, survei, atau observasi langsung selama proses pengujian. Data yang dikumpulkan mencakup informasi tentang kesulitan yang dihadapi pengguna, fitur yang mereka sukai, atau area yang membutuhkan peningkatan. Proses ini membantu pengembang mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang pengalaman pengguna saat berinteraksi dengan aplikasi.

Langkah analisis feedback melibatkan identifikasi pola atau masalah yang sering dilaporkan oleh pengguna. Pengembang dapat mengelompokkan masalah berdasarkan tingkat keparahan, seperti hambatan besar yang mengganggu pengalaman pengguna secara signifikan, hingga masalah kecil yang bersifat kosmetik. Analisis ini memungkinkan pengembang memprioritaskan perbaikan yang memberikan dampak terbesar pada kualitas aplikasi. Selain itu, analisis ini juga membantu mengidentifikasi peluang untuk menambahkan fitur baru yang diinginkan pengguna.

Setelah feedback dianalisis, perbaikan dilakukan melalui iterasi pengembangan yang terencana. Iterasi ini mencakup perubahan pada antarmuka, peningkatan responsivitas, atau penghapusan bug yang ditemukan selama pengujian. Dengan pendekatan ini, pengembang dapat memastikan bahwa aplikasi secara bertahap menjadi lebih baik dan lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna. Proses pengumpulan dan analisis feedback tidak hanya meningkatkan kualitas aplikasi tetapi juga membangun kepercayaan pengguna terhadap produk yang mereka gunakan.

- **Pengumpulan Feedback:** Feedback dapat dikumpulkan melalui berbagai cara, seperti survei, wawancara, atau ulasan pengguna. Survei memungkinkan pengumpulan data secara kuantitatif, seperti tingkat kepuasan pengguna pada skala 1-5. Sementara

wawancara dan ulasan memberikan data kualitatif yang lebih mendalam mengenai pengalaman pengguna.

- **Analisis dan Prioritasi Masalah:** Setelah feedback dikumpulkan, pengembang perlu melakukan **analisis** untuk mengidentifikasi pola atau masalah yang sering disebutkan oleh pengguna. Masalah-masalah ini kemudian dapat diprioritaskan berdasarkan tingkat keparahan dan frekuensi kemunculannya. Perbaikan yang dapat memberikan dampak besar pada pengalaman pengguna umumnya menjadi prioritas utama.
- **Iterasi dan Perbaikan:** Berdasarkan feedback yang diterima, pengembang melakukan iterasi untuk memperbaiki masalah yang ditemukan. Proses ini sering kali melibatkan perubahan desain antarmuka, penyederhanaan fitur, atau penambahan petunjuk yang lebih jelas untuk membantu pengguna dalam berinteraksi dengan aplikasi. Melalui pendekatan iteratif ini, pengembang dapat secara bertahap meningkatkan kualitas aplikasi dan memastikan bahwa perubahan yang dilakukan sesuai dengan harapan pengguna.

### 3. Troubleshooting dan Optimasi Aplikasi

Dalam pengembangan aplikasi VR/AR, troubleshooting dan optimasi kinerja merupakan langkah krusial untuk memastikan pengalaman pengguna yang optimal. Gangguan teknis seperti lag, frame drop, atau crash tidak hanya mengurangi kualitas visual dan interaktivitas, tetapi juga dapat menimbulkan ketidaknyamanan fisik seperti **motion sickness**. Masalah semacam ini dapat menghambat penerimaan teknologi VR/AR di kalangan pengguna, terutama mereka yang baru mencoba teknologi ini. Oleh karena itu, proses troubleshooting dan optimasi harus dilakukan secara mendalam dan terencana sejak tahap awal pengembangan.

Troubleshooting dimulai dengan identifikasi masalah teknis yang dapat memengaruhi performa aplikasi. Pengembang menggunakan alat seperti **profiler** untuk menganalisis penggunaan CPU, GPU, dan memori, yang membantu menemukan **bottleneck** dalam sistem.



Masalah seperti rendering yang terlalu berat, penggunaan memori yang tidak efisien, atau algoritma yang lambat dapat diidentifikasi dan diatasi dengan optimasi kode, pengurangan kompleksitas grafis, atau perbaikan bug. Langkah ini memastikan bahwa elemen-elemen aplikasi berjalan secara harmonis tanpa mengorbankan kualitas pengalaman pengguna.

Optimasi kinerja, di sisi lain, berfokus pada peningkatan stabilitas dan responsivitas aplikasi. Teknik seperti **Level of Detail (LOD)** digunakan untuk mengurangi detail objek yang jauh dari pengguna, sedangkan **baking cahaya** memungkinkan pengurangan beban pencahayaan real-time. Penggunaan shader yang efisien juga dapat membantu menjaga kualitas visual tanpa menurunkan frame rate. Dengan menerapkan langkah-langkah ini secara sistematis, pengembang tidak hanya memastikan aplikasi berjalan lancar tetapi juga meningkatkan imersi dan kenyamanan pengguna dalam dunia virtual yang diciptakan.

- **Troubleshooting Masalah Teknis:** Masalah teknis seperti **lag**, **frame drop**, atau bahkan **crash** pada aplikasi VR/AR dapat disebabkan oleh berbagai faktor, mulai dari efisiensi kode yang rendah hingga batasan perangkat keras. Untuk mengatasi hal ini, pengembang perlu menggunakan alat seperti **profiler**, yang mampu menganalisis performa aplikasi secara rinci, termasuk penggunaan CPU, GPU, dan memori. Alat ini membantu mengidentifikasi **bottleneck** yang menyebabkan performa aplikasi menurun, seperti penggunaan memori yang berlebihan, proses rendering yang memakan waktu terlalu lama, atau algoritma yang tidak efisien. Setelah masalah diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menerapkan solusi yang sesuai. Misalnya, **pengoptimalan kode** dapat dilakukan dengan mengganti algoritma yang tidak efisien, sementara **pengurangan beban grafis** dapat dicapai dengan menurunkan resolusi tekstur atau menggunakan model dengan jumlah poligon yang lebih rendah. Selain itu, **debugging** dan pengujian secara menyeluruh diperlukan untuk memastikan bahwa setiap bug yang ditemukan telah diperbaiki tanpa memengaruhi elemen lain dalam

aplikasi. Dengan pendekatan ini, pengembang dapat meminimalkan risiko gangguan teknis yang berulang di masa depan.

- **Optimasi Kinerja:** Optimasi kinerja adalah elemen kunci dalam memastikan aplikasi VR/AR dapat berjalan dengan **frame rate** yang tinggi dan stabil, biasanya di atas 90 fps untuk pengalaman VR yang nyaman dan bebas dari motion sickness. Beberapa teknik penting yang dapat diterapkan dalam proses optimasi meliputi:
  - a. **Level of Detail (LOD):** Teknik ini mengurangi detail objek 3D berdasarkan jarak dari pengguna, sehingga objek yang jauh hanya dirender dengan resolusi rendah. Dengan cara ini, aplikasi dapat menghemat sumber daya grafis tanpa mengorbankan kualitas visual secara signifikan.
  - b. **Baking Cahaya:** Proses ini melibatkan prarender pencahayaan statis ke dalam tekstur, mengurangi beban pencahayaan real-time yang sangat intensif secara komputasi. Teknik ini cocok untuk elemen statis dalam lingkungan VR/AR.
  - c. **Shader Efisien:** Penggunaan shader yang dirancang dengan baik dapat membantu meningkatkan kinerja grafis. Shader yang terlalu kompleks dapat memperlambat rendering, sehingga penggunaan shader berbasis PBR (Physically-Based Rendering) yang telah dioptimalkan adalah solusi yang ideal.
- **Pengujian Ketahanan dan Kompatibilitas:** Pengujian ketahanan aplikasi adalah langkah penting untuk memastikan bahwa aplikasi dapat berjalan dengan stabil selama penggunaan jangka panjang tanpa mengalami masalah seperti **overheating**, **memory leaks**, atau penurunan kinerja yang signifikan. Pengujian ini biasanya melibatkan simulasi penggunaan berat untuk mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin tidak muncul selama pengujian biasa. Selain ketahanan, **pengujian kompatibilitas** memastikan bahwa aplikasi dapat berjalan dengan lancar di berbagai perangkat VR/AR yang memiliki spesifikasi berbeda. Hal ini sangat penting mengingat keberagaman

perangkat di pasar, seperti Oculus Quest, HTC Vive, dan Microsoft HoloLens, yang masing-masing memiliki konfigurasi perangkat keras dan software yang unik. Dalam pengujian ini, pengembang harus memeriksa elemen seperti rendering grafis, responsivitas kontrol, dan keandalan antarmuka pengguna untuk memastikan bahwa aplikasi dapat diakses oleh audiens yang lebih luas tanpa kompromi terhadap kualitas pengalaman. Dengan menerapkan strategi troubleshooting yang efektif, teknik optimasi kinerja yang canggih, dan pengujian yang menyeluruh, pengembang dapat menciptakan aplikasi VR/AR yang tidak hanya andal dan stabil tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang berkualitas tinggi dan memuaskan. Pendekatan ini adalah fondasi dalam menghadirkan solusi inovatif yang dapat memenuhi ekspektasi pasar yang semakin menuntut.

## Daftar Pustaka

- Bowman, D. A., Kruijff, E., LaViola, J. J., & Poupyrev, I. (2004). *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Addison-Wesley.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology*. Wiley-IEEE Press.
- Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016). How immersive is enough? *Media Psychology*, *19*(2), 272–309.
- Jerald, J. (2015). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. ACM Books.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, *77*(12), 1321–1329.
- Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books.
- Rheingold, H. (1991). *Virtual Reality: The Revolutionary Technology of Computer-Generated Artificial Worlds*. Simon & Schuster.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2018). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. Morgan Kaufmann.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, *3*(74), 1–47.
- Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. *Proceedings of IFIP Congress*, 506–508.
- Unity Technologies. (2023). *Unity User Manual*. Retrieved from <https://docs.unity3d.com>
- Unreal Engine. (2023). *Unreal Engine Documentation*. Retrieved from <https://docs.unrealengine.com>
- West, D. (2018). *Augmented Reality: Applications and Future Trends*. Springer.
- Wilson, M. (2020). Developing for ARKit and ARCore. *Journal of Mixed Reality Development*, *2*(1), 45–58.

Zhu, Q., & Liu, Z. (2021). Advances in interactive design for AR/VR systems. *Computers & Graphics, 95*, 56–73.



**Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) telah merevolusi cara kita berinteraksi dengan dunia digital, menciptakan pengalaman yang lebih imersif dan mendalam dalam berbagai bidang, mulai dari hiburan hingga pelatihan profesional. Buku ini dirancang untuk menjadi panduan praktis yang menyeluruh bagi siapa pun yang ingin memahami dan mengembangkan aplikasi berbasis VR/AR. Dengan penjelasan yang terstruktur dan mudah dipahami, buku ini mencakup semua aspek penting, dari dasar-dasar teknologi hingga implementasi proyek akhir yang inovatif. Setiap modul memberikan wawasan mendalam tentang teknik pengembangan, pencahayaan, efek visual, integrasi audio-haptics, hingga pengujian dan evaluasi aplikasi. Ditulis untuk memenuhi kebutuhan pembaca dari berbagai tingkat keahlian, buku ini akan membekali Anda dengan keterampilan dan pengetahuan untuk menghadirkan solusi VR/AR yang responsif, realistis, dan berdampak besar. Mulailah perjalanan Anda ke dunia VR/AR dengan buku ini, dan jadilah bagian dari transformasi teknologi yang mengubah cara kita belajar, bekerja, dan bermain.**