

AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY

Christianingrum, S.Pd., M.M Sumar, S.E, M.M Dr. Ir. N. Tri S. Saptadi, S.Kom., MT., MM., IPM Desti Yuvita Sari, S.Sl., M.Kom Ade Suparman, S.Sl., M.Kom Afif Zuhri Arfianto Giandari Maulani, S.Kom., M.Kom Muhammad Azhar Irwansyah, ST., M.Eng Dimas Pristovani Riananda Victor Benny Alexsius Pardosi, S.Kom., M.Sc

AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY

Penulis:

Christianingrum, S.Pd., M.M
Sumar, S.E, M.M
Dr. Ir. N. Tri S. Saptadi, S.Kom., MT., MM., IPM
Desti Yuvita Sari, S.SI., M.Kom
Ade Suparman, S.SI., M.Kom
Afif Zuhri Arfianto
Giandari Maulani, S.Kom., M.Kom
Muhammad Azhar Irwansyah, ST., M.Eng
Dimas Pristovani Riananda
Victor Benny Alexsius Pardosi, S.Kom., M.Sc



AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY

Penulis:

Christianingrum, S.Pd., M.M Sumar, S.E, M.M Dr. Ir. N. Tri S. Saptadi, S.Kom., MT., MM., IPM Desti Yuvita Sari, S.SI., M.Kom Ade Suparman, S.SI., M.Kom Afif Zuhri Arfianto Giandari Maulani, S.Kom., M.Kom Muhammad Azhar Irwansyah, ST., M.Eng Dimas Pristovani Riananda Victor Benny Alexsius Pardosi, S.Kom., M.Sc

Penyunting dan Desain Cover : **Paput Tri Cahyono**

Ukuran: x hal + 160 hal; 14,8cm x 21cm

Diterbitkan Oleh:



Jln.Melati, BKG. Palapa, Blok.T No.6 Batam - Indonesia 29432 **Email :** reymediagrafika.rgm@gmail.com

> ISBN: 978-623-8609-31-4 IKAPI: 010/Kepri/2022 Terbitan: Juli 2024

Hak Cipta Pada Penulis
Hak Cipta dilindungi Undang – Undang
Dilarang Keras Memperbanyak Karya Tulis Ini Dalam Bentuk Dan Dengan
Cara Apapun Tanpa Seizin Dari Penerbit

KATA PENGANTAR

Syukur *alhamdulillah* penulis haturkan kepada Allah Swt. yang senantiasa melimpahkan karunia dan berkah-Nya sehingga penulis mampu merampungkan karya ini tepat pada waktunya, sehingga penulis dapat menghadirkannya dihadapan para pembaca. Kemudian, tak lupa *shalawat* dan salam semoga senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat, dan ahli keluarganya yang mulia.

Di era digital ini, AR dan VR telah membuka dimensi baru dalam berbagai bidang, mulai dari pendidikan, kesehatan, hiburan, hingga industri. Teknologi ini tidak hanya merubah cara kita berinteraksi dunia dengan digital. tetapi iuga memberikan peluang inovatif untuk menciptakan pengalaman yang lebih mendalam dan imersif. Buku ini hadir untuk memberikan wawasan mendalam tentang konsep, aplikasi, dan potensi dari teknologi AR dan VR.

Dalam buku ini, kami menguraikan dasar-dasar teknis AR dan VR, perangkat keras dan lunak yang digunakan, serta berbagai aplikasi praktis dari teknologi ini di berbagai sektor. Kami juga membahas tantangan dan peluang yang ada dalam pengembangan dan penerapan AR dan VR, serta memberikan

pandangan tentang masa depan teknologi ini. Buku ini dilengkapi dengan studi kasus dan contoh-contoh nyata untuk membantu pembaca memahami bagaimana AR dan VR diterapkan dalam situasi dunia nyata.

Penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga bagi semua pihak yang telah berpartisipasi. Terakhir seperti kata pepatah bahwa" Tiada Gading Yang Tak Retak" maka penulisan buku ini juga jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat berterima kasih apabila ada saran dan masukkan yang dapat diberikan guna menyempurnakan buku ini di kemudian hari.

2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PE	NGANTARiii
DAFTAR I	SIv
BAB I HIS	TORY OF VIRTUAL REALITY1
1.1.	Konsep Awal dan Asal Usul Virtual Reality1
1.1.1.	Konsep Virtual Reality dalam Sejarah Kuno1
1.1.2.	Perangkat Stereoskopik pada Abad ke-191
1.1.3.	Lukisan Panoramik dan Citra 3D Awal2
1.2.	Perkembangan Pertengahan Abad ke-203
1.3.	Kelahiran VR Modern (1980-an-1990-an)6
1.4.	Ledakan dan Kemerosotan VR (1990-an)9
1.5.	Kemajuan Teknologi (2000-an)12
1.6.	Kebangkitan VR (2010-an-Sekarang)14
BAB II OU	TPUT AND INPUT19
2.1.	Teknologi Output19
2.2.	Teknologi Input24
2.3.	Integrasi Input dan Output29
2.4.	Tantangan dalam Integrasi Input dan Output32
BAB III ST	TEREOSCOPIC VIEW35
3.1.	Pengantar Tampilan Stereoskopis35
3.2.	Sejarah dan Perkembangan38
3.3.	Prinsip Pencitraan Stereoskopis41

3.4.	Metode Tampilan Stereoskopis45			
3.5.	Aplikasi Tampilan Stereoskopis49			
3.6.	Tantangan dan Keterbatasan51			
3.7.	Masa Depan Tampilan Stereoskopis53			
BAB IV FORCE FEEDBACK SIMULATION57				
4.1.	Definisi Force Feedback57			
4.2.	Perangkat Keras dalam Force Feedback untuk AR dan VR57			
4.3.	Komponen Perangkat Keras57			
4.4.	Integrasi Perangkat Keras60			
4.5.	Perangkat Lunak dalam Force Feedback untuk AR dan VR61			
4.6.	Komponen Perangkat Lunak61			
4.7.	Integrasi Perangkat Lunak dan Perangkat Keras65			
4.8.	Perbandingan dengan Simulasi Tanpa Force Feedback66			
BAB V HA	APTIC DEVICE71			
5.1.	Definisi Haptic Device71			
5.2.	Jenis-Jenis Haptic Device71			
5.3.	Implementasi Haptic Device dalam Aplikasi AR dan VR74			
5.4.	Keunggulan dan Tantangan Teknologi Haptic dalam AR dan VR77			
BAB VI V	IEWER ANA OBJECT TRACKING81			
6.1.	Definisi Tracking81			
6.2.	Jenis-Jenis Teknik Tracking81			

•	omponen Utama dalam acking82
-	i dalam Augmented Reality (AR)
6.5. Penerapan da	ılam Virtual Reality (VR)87
	gan Perangkat Mobile dan 89
BAB VII POSES AND MO	OVEMENTS93
7.1. Pendahuluan	93
<u>-</u>	Augmented Reality (AR) dan y (VR)94
	ngmented Reality (AR) dengan y (VR)96
	ugmented Reality (AR) dan y (VR)97
	vements dalam Augmented dan Virtual Reality (VR)99
7.6. Metrik Kinerj	a Pelacak 6 DoF104
7.7. Estimasi Pose	2106
7.8. Movements d	alam Virtual Reality108
BAB VIII ACCELEROME	TER111
8.1. Definisi Accel	erometer111
8.2. Prinsip Kerja	Accelerometer111
	celerometer yang Digunakan n VR112
	Accelerometer dalam eality (AR)114

8.5.	Reality (VR)	
8.6.	Peran Accelerometer dalam Perangkat Mobile untuk Aplikasi AR dan VR	120
8.7.	Penggunaan Accelerometer dalam Head dan Perangkat Wearable untuk Pengala VR yang Imersif	man
BAB IX F	FIDUCIAL MARKER	125
9.1.	Pengertian Fiducial Marker	125
9.2.	Prinsip Kerja Fiducial Marker	125
9.3.	Jenis-Jenis Fiducial Marker	127
9.4.	Teknologi dan Algoritma untuk Deteksi Fiducial Marker	129
9.5.	Keunggulan Fiducial Marker	133
9.6.	Keterbatasan Fiducial Marker	134
BAB X U	SER INTERFACE PROBLEMS	137
10.1.	Definisi Masalah Antarmuka Pengguna	137
10.2.	Perancangan Antarmuka yang Buruk	137
10.3.	Masalah Interaksi Pengguna	140
10.4.	Pengaruh Masalah Antarmuka Pengguna	a144
10.5.	Strategi Memperbaiki Masalah Antarmu Pengguna	
DAETAD	DIICTAKA	150





BABI

HISTORY OF VIRTUAL REALITY

1.1. Konsep Awal dan Asal Usul Virtual Reality

1.1.1.Konsep Virtual Reality dalam Sejarah Kuno

Virtual Reality (VR) adalah konsep yang sebenarnya memiliki akar yang jauh lebih tua daripada teknologi modern yang kita kenal saat ini. Sejak zaman kuno, manusia telah berusaha untuk menciptakan pengalaman yang imersif dan menggugah indra, meskipun dengan cara yang jauh lebih sederhana. Contohnya adalah diorama, teater, dan penggunaan ilusi optik dalam seni dan arsitektur untuk menciptakan ilusi ruang dan gerakan yang lebih besar.

1.1.2. Perangkat Stereoskopik pada Abad ke-19

Pada abad ke-19, teknologi stereoskopik mulai muncul sebagai langkah awal menuju penciptaan pengalaman visual yang lebih realistis. Stereoskop, yang ditemukan oleh Charles Wheatstone pada tahun 1838, memungkinkan pengguna melihat gambar dua dimensi dengan kedalaman tiga dimensi. Alat ini bekerja dengan memperlihatkan dua gambar sedikit berbeda secara simultan kepada masing-masing mata, menciptakan ilusi kedalaman dan soliditas.

1.1.3. Lukisan Panoramik dan Citra 3D Awal

Pada periode yang sama, lukisan panoramik menjadi populer sebagai bentuk hiburan. Lukisan-lukisan ini adalah gambar melingkar yang sangat besar yang dipajang dalam bentuk melingkar di sekitar penonton, memberikan ilusi bahwa mereka berada di tengah-tengah adegan tersebut. Teknologi ini adalah salah satu cara awal untuk mencoba menciptakan pengalaman yang mendalam dan imersif.

Sementara itu, pada akhir abad ke-19, para penemu seperti Sir David Brewster memperbaiki teknologi stereoskop dengan menciptakan stereoskop lensa, yang lebih praktis dan mudah digunakan. Perangkat ini membawa gambar 3D ke audiens yang lebih luas, dan menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi visual.

Dapat disimpulkan bahwa konsep awal dan asal usul VR berakar pada keinginan manusia untuk menciptakan ilusi dan pengalaman yang lebih mendalam dan realistis. Dari diorama dan teater kuno hingga stereoskop abad ke-19 dan lukisan panoramik, setiap inovasi membawa kita lebih dekat ke pengalaman imersif yang sekarang kita kenal sebagai Virtual Reality. Inovasi-inovasi ini menyiapkan panggung bagi perkembangan teknologi VR yang lebih canggih di abad ke-20 dan seterusnya.

1.2. Perkembangan Pertengahan Abad ke-20

Sensorama oleh Morton Heilig (1962)

Pada awal 1960-an, Morton Heilig, seorang sinematografer dan visioner, menciptakan perangkat yang dikenal sebagai Sensorama. Heilig merancang Sensorama sebagai mesin hiburan multisensor yang dapat memberikan pengalaman sinematik mendalam. yang Sensorama memungkinkan pengguna untuk merasakan pengalaman visual, suara, bau, dan getaran sekaligus. Pengguna bisa melihat film melalui visor yang memberikan pandangan tiga mendengar dimensi. suara stereofonik. merasakan angin dari kipas kecil, dan bahkan mencium aroma yang dihasilkan oleh mesin tersebut. Sensorama adalah salah satu upaya

- pertama untuk menciptakan pengalaman imersif yang melibatkan lebih dari satu indra.
- Ultimate Display oleh Ivan Sutherland (1965) Pada tahun 1965, Ivan Sutherland, seorang ilmuwan komputer, memperkenalkan konsep yang disebut "Ultimate Display." Sutherland membayangkan sebuah sistem yang dapat realitas mensimulasikan secara lengkap sehingga pengguna tidak dapat membedakan antara dunia nyata dan dunia virtual. Untuk mewujudkan visi ini, Sutherland menciptakan prototipe awal dari apa yang kita kenal sebagai head-mounted display (HMD). Prototipe ini, yang sering disebut sebagai "The Sword of Damocles" karena ukurannya yang besar dan harus digantung di langit-langit, menggunakan tampilan stereoskopik untuk memberikan ilusi kedalaman dan ruang tiga dimensi. Meskipun perangkat ini sangat mendasar dan tidak nyaman digunakan, konsep Ultimate Display Sutherland menjadi dasar bagi pengembangan teknologi VR di masa depan.
- c. Simulator Penerbangan AwalSelama periode yang sama, simulatorpenerbangan mulai dikembangkan untuk

melatih pilot dalam lingkungan yang aman dan terkendali. Salah satu simulator penerbangan awal yang terkenal adalah Link Trainer, yang dikembangkan oleh Edwin Link pada tahun 1929, tetapi penggunaannya meluas selama Perang Dunia II. Link Trainer adalah perangkat mekanis yang menyerupai kokpit pesawat terbang dan memungkinkan pilot untuk berlatih instrumen penerbangan tanpa meninggalkan tanah. Simulator ini memberikan pengalaman yang realistis tentang bagaimana rasanya menerbangkan pesawat dalam berbagai kondisi cuaca dan situasi darurat, dan menjadi alat penting dalam pelatihan penerbangan militer dan sipil.

Jadi, perkembangan di pertengahan abad ke-20 merupakan tonggak penting dalam sejarah VR. Sensorama oleh Morton Heilig dan Ultimate Display oleh Ivan Sutherland menunjukkan upaya awal untuk menciptakan pengalaman virtual yang imersif. Sementara itu, simulator penerbangan seperti Link Trainer menunjukkan aplikasi praktis teknologi VR dalam pelatihan dan pendidikan. Meskipun teknologi pada saat itu masih sangat mendasar dan terbatas, ideide dan inovasi yang diperkenalkan selama periode ini meletakkan dasar bagi perkembangan VR yang lebih canggih di masa depan.

1.3. Kelahiran VR Modern (1980-an-1990-an)

1. Jaron Lanier dan Istilah "Virtual Reality"
Pada tahun 1980-an, Jaron Lanier, seorang ilmuwan komputer dan artis, memainkan peran penting dalam mempopulerkan konsep Virtual Reality (VR). Lanier mendirikan perusahaan bernama VPL Research pada tahun 1985, yang merupakan salah satu perusahaan pertama yang menjual produk VR seperti Data Glove dan EyePhone (head-mounted display). Lanier juga dikenal sebagai orang yang menciptakan istilah "Virtual Reality," yang menjadi istilah umum untuk teknologi yang meniru lingkungan fisik melalui perangkat komputer.

2. VPL Research dan Data Glove

VPL Research, perusahaan yang didirikan oleh Jaron Lanier, adalah pionir dalam pengembangan teknologi VR. Data Glove adalah salah satu produk terkenal mereka, yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan dunia virtual menggunakan gerakan

tangan. Sarung tangan ini dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi posisi dan gerakan jari-jari pengguna, sehingga gerakan tangan dapat diterjemahkan ke pengguna tindakan di dalam lingkungan virtual. Inovasi ini langkah merupakan penting dalam meningkatkan interaktivitas dan imersi dalam VR.

3. Simulasi VR oleh NASA

Pada periode yang sama, NASA juga terlibat dalam pengembangan teknologi VR untuk aplikasi pelatihan dan simulasi. Salah satu provek terkenal adalah Virtual Environment Workstation (VIEW) yang dikembangkan oleh NASA Ames Research Center. VIEW digunakan untuk melatih astronaut dalam misi antariksa. memungkinkan mereka untuk berlatih dalam lingkungan virtual yang menyerupai kondisi Teknologi ini membantu ruang angkasa. mengurangi risiko dan biaya pelatihan di dunia nyata, serta meningkatkan kesiapan astronaut.

VR dalam Budaya Populer: Film dan Buku 4. Tahun 1980-an dan 1990-an juga menyaksikan lonjakan minat terhadap VR dalam budaya populer. Banyak film, buku, dan media lainnya

mulai mengeksplorasi konsep dunia virtual dan VR. Beberapa teknologi contoh terkenal termasuk film "Tron" (1982).vang menggambarkan seorang programmer yang masuk ke dalam dunia komputer, dan novel "Neuromancer" (1984) karya William Gibson, yang memperkenalkan konsep "cyberspace" sebagai jaringan global dari dunia virtual. Karya-karya ini tidak hanya menginspirasi generasi baru ilmuwan dan insinyur tetapi juga memperkenalkan konsep VR kepada audiens yang lebih luas.

5. Produk Komersial VR: Sega VR dan Virtuality
Pada awal 1990-an, sejumlah perusahaan
mencoba membawa teknologi VR ke pasar
konsumen. Sega mengembangkan Sega VR,
sebuah headset VR untuk konsol permainan
mereka, tetapi produk ini tidak pernah dirilis
secara komersial karena masalah teknis dan
kekhawatiran tentang efek samping kesehatan.
Di sisi lain, Virtuality Group merilis sistem
arcade VR yang memungkinkan pengguna
bermain game dalam lingkungan virtual.
Meskipun mahal dan terbatas dalam hal
teknologi, produk-produk ini menunjukkan

potensi pasar VR dan menarik minat banyak orang terhadap teknologi ini.

Dapat disimpulkan bahwa pada periode 1980-an hingga 1990-an adalah era penting dalam sejarah VR yang menandai kelahiran VR modern. Jaron Lanier dan VPL Research memainkan peran kunci dalam mempopulerkan istilah "Virtual Reality" dan mengembangkan perangkat seperti Data Glove. NASA menggunakan VR untuk simulasi dan pelatihan astronaut. sementara budaya populer mulai mengeksplorasi konsep VR melalui film dan buku. Meskipun produk komersial awal seperti Sega VR dan Virtuality memiliki keterbatasan, mereka membuka jalan bagi perkembangan teknologi VR yang lebih canggih dan luas di masa depan.

1.4. Ledakan dan Kemerosotan VR (1990-an)

Komersialisasi Awal

Pada awal 1990-an, minat terhadap Virtual Reality (VR) mencapai puncaknya dengan sejumlah perusahaan besar yang berinvestasi dalam pengembangan teknologi VR. Selain Sega dan Virtuality, perusahaan-perusahaan seperti Nintendo dan Atari juga memasuki pasar dengan produk VR mereka sendiri. Peningkatan minat ini didorong oleh harapan akan potensi besar VR dalam hiburan, pelatihan, dan bidang lainnya.

b. Tantangan Teknis dan Keterbatasan

Meskipun minat yang meningkat, VR pada tahun 1990-an masih dihadapkan pada sejumlah tantangan teknis yang serius. Teknologi pada saat itu belum cukup maju untuk menciptakan pengalaman VR yang benar-benar imersif dan realistis. Headset VR cenderung besar, berat, dan tidak nyaman digunakan untuk jangka waktu yang lama. Selain itu, grafis yang dihasilkan oleh komputer pada saat itu masih terbatas dalam hal kualitas dan detail. menyebabkan pengalaman VR sering kali terasa kasar dan tidak memuaskan.

c. Kehadiran Komersial yang Gagal

Meskipun ada banyak harapan, VR pada tahun 1990-an tidak mampu memenuhi ekspektasi pasar. Produk-produk seperti Sega VR dan Virtuality gagal mencapai kesuksesan komersial yang signifikan. Masalah teknis, termasuk ketidaknyamanan penggunaan dan grafis yang buruk, menjadi kendala besar bagi adopsi

massal. Selain itu, ada juga kekhawatiran tentang efek samping kesehatan dari penggunaan jangka panjang headset VR, seperti mual dan sakit kepala, yang menghalangi minat konsumen.

d. Penurunan Minat dan Pendanaan

Akibat kegagalan komersial dan tantangan teknis yang terus-menerus, minat terhadap VR mulai menurun di pertengahan hingga akhir 1990-an. Banyak perusahaan yang mengalihkan fokusnya dari pengembangan VR ke teknologi lain yang dianggap lebih menjanjikan. Ini mengakibatkan penurunan pendanaan untuk riset dan pengembangan dalam bidang VR, serta kurangnya inovasi baru dalam teknologi.

Meskipun awalnya penuh dengan harapan, ledakan VR pada tahun 1990-an akhirnya mengalami kemerosotan karena sejumlah tantangan teknis dan kegagalan komersial. Keterbatasan teknologi pada saat itu, bersama dengan kekhawatiran tentang efek samping kesehatan dan kurangnya konten yang menarik, menghambat pertumbuhan dan adopsi VR. Namun, meskipun mengalami kemunduran, periode ini memberikan banyak pelajaran berharga bagi

perkembangan VR di masa depan, sementara juga meneguhkan komitmen beberapa pionir untuk terus mengembangkan teknologi ini.

1.5. Kemajuan Teknologi (2000-an)

 Peningkatan Grafik dan Daya Pemrosesan Komputer

Pada awal 2000-an, terjadi lonjakan besar dalam kemajuan teknologi komputer, terutama dalam hal grafik dan daya pemrosesan. Perkembangan dalam pemrosesan grafis menghasilkan kartu grafis yang lebih kuat dan komputer yang lebih canggih, memungkinkan rendering grafis yang lebih realistis dan kompleks. Hal ini menjadi dasar yang penting untuk meningkatkan kualitas pengalaman Virtual Reality (VR), karena grafis yang lebih baik memberikan tingkat imersi yang lebih tinggi bagi pengguna.

2. Munculnya Augmented Reality (AR)
Salama tahun 2000-an Augmented

Selama tahun 2000-an, Augmented Reality (AR) juga mulai menjadi bidang penelitian yang signifikan. AR memungkinkan pengguna untuk melihat dunia nyata yang diperkaya dengan elemen digital, menciptakan pengalaman yang

lebih imersif dan interaktif. Meskipun bukan VR dalam arti yang sempit, perkembangan dalam AR memiliki dampak penting pada perkembangan teknologi VR, karena keduanya sering kali berbagi prinsip dasar dan infrastruktur teknologi.

 Pengembangan Perangkat Lunak dan Game VR Awal

Pada pertengahan hingga akhir 2000-an, pengembang mulai memperhatikan kembali potensi VR sebagai platform hiburan dan Sejumlah permainan. perusahaan mulai mengembangkan perangkat lunak dan game VR awal, meskipun dengan skala yang jauh lebih kecil daripada industri game mainstream. Pengembangan ini, meskipun masih dalam tahap eksperimental dan terbatas, memberikan dorongan baru bagi minat terhadap VR dan membantu membangun fondasi untuk perkembangan lebih lanjut di masa depan.

4. Interaksi Pengguna yang Ditingkatkan
Selama tahun 2000-an, juga terjadi
perkembangan dalam teknologi interaksi
pengguna yang ditingkatkan untuk VR.
Perusahaan mulai mengembangkan berbagai

jenis kontroler dan perangkat input, seperti sensor gerak dan kontroler gestur, yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan lingkungan virtual secara lebih intuitif dan imersif. Inovasi-inovasi ini meningkatkan pengalaman VR secara keseluruhan, memungkinkan pengguna untuk merasakan lebih banyak kebebasan dan kontrol dalam dunia virtual.

Jadi, kemajuan teknologi pada tahun 2000-an, terutama dalam hal grafis komputer, pemrosesan, dan interaksi pengguna, memberikan dorongan signifikan bagi perkembangan Virtual Reality (VR). Munculnya Augmented Reality (AR) juga memberikan pengaruh penting dalam memperluas pemahaman kita tentang cara menggunakan teknologi untuk memperkaya pengalaman dunia nyata. Perkembangan ini membuka jalan bagi periode renaissance VR pada tahun 2010-an dan seterusnya, ketika teknologi VR mulai mencapai tingkat kematangan yang lebih tinggi dan menjadi lebih luas diadopsi oleh masyarakat umum.

1.6. Kebangkitan VR (2010-an-Sekarang)

a. Oculus Rift dan Crowdfunding Sukses

Salah satu titik balik penting dalam sejarah VR adalah peluncuran Oculus Rift pada tahun 2012. Oculus Rift, yang dikembangkan oleh Palmer Luckey, menggabungkan teknologi sensor dan tampilan berkualitas tinggi untuk memberikan pengalaman VR yang lebih imersif dan realistis. Peluncuran ini juga disertai dengan kampanye crowdfunding yang sukses di platform Kickstarter, yang menarik minat besar dari masyarakat umum dan menunjukkan potensi pasar yang besar untuk teknologi VR.

b. HTC Vive, PlayStation VR, dan Google Cardboard Selain Oculus Rift, beberapa perangkat VR lainnya juga mulai muncul pada tahun 2010-an. HTC Vive, yang dikembangkan oleh HTC Valve Corporation dan Corporation, menawarkan pengalaman VR yang sangat menggunakan imersif dengan teknologi pelacakan gerak yang presisi tinggi. PlayStation dirilis oleh Sonv VR. vang Interactive Entertainment, memungkinkan pemilik konsol PlayStation untuk merasakan VR dengan mudah. Di sisi lain, Google Cardboard, dengan pendekatan yang lebih terjangkau, membawa VR ke lebih banyak orang dengan menggunakan smartphone mereka sebagai layar VR.

c. VR dalam Berbagai Bidang

Perkembangan VR tidak terbatas pada industri game. Teknologi VR mulai diterapkan dalam berbagai bidang seperti pendidikan, kedokteran, arsitektur, dan pariwisata. Di bidang pendidikan, misalnya, VR digunakan untuk menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan interaktif. Di bidang kedokteran, VR digunakan untuk simulasi medis dan terapi. Sementara dalam arsitektur, VR memungkinkan arsitek dan desainer untuk membuat tur virtual dari bangunan yang belum dibangun.

d. Pertumbuhan Konten VR

Pada tahun 2010-an, konten VR juga mengalami pertumbuhan yang pesat. Selain game, konten VR meliputi film, aplikasi pendidikan, tur virtual, dan banyak lagi. Banyak studio film dan televisi mulai menghasilkan konten VR untuk memberikan pengalaman yang lebih mendalam kepada penonton mereka. Sementara itu, platform seperti YouTube dan Vimeo mulai mendukung konten VR, memungkinkan

- pengguna untuk menonton dan berbagi video VR dengan mudah.
- e. Pengembangan Perangkat Keras dan Lunak Perkembangan VR juga didorong oleh inovasi dalam perangkat keras dan lunak. Perusahaan terus mengembangkan headset VR yang lebih ringan, nyaman, dan terjangkau, sementara pengembang perangkat lunak terus meningkatkan kualitas grafis, kinerja, interaktivitas pengalaman VR. Peningkatan ini potensi aplikasi VR memperluas dan meningkatkan daya tarik teknologi ini bagi masyarakat umum.

Dapat disimpulkan bahwa kebangkitan VR pada tahun 2010-an menandai periode penting dalam sejarah teknologi ini. Berkat kemajuan dalam perangkat keras dan lunak, serta peningkatan minat dari industri dan masyarakat umum, VR menjadi lebih terjangkau, imersif, dan luas diadopsi. Dari industri game hingga pendidikan dan bidang lainnya, VR membawa potensi besar untuk mengubah cara kita berinteraksi dengan dunia digital dan meningkatkan pengalaman kita secara keseluruhan. Dengan terus berkembangnya teknologi VR, kita dapat mengantisipasi bahwa peranannya dalam



BAB II

OUTPUT AND INPUT

2.1. Teknologi Output

Teknologi output dalam AR dan VR mencakup berbagai perangkat dan sistem yang digunakan untuk menyajikan informasi visual, auditori, dan haptik kepada pengguna. Tujuan utama dari teknologi ini adalah menciptakan pengalaman yang imersif dan realistis.

- 1. Layar dan Tampilan
- a. Head-Mounted Displays (HMD)
 - VR Headsets: Perangkat seperti Oculus Rift, HTC Vive, dan PlayStation VR yang sepenuhnya membenamkan pengguna dalam dunia virtual dengan tampilan 360 derajat dan pelacakan gerak kepala.
 - AR Smart Glasses: Perangkat seperti Microsoft HoloLens dan Google Glass yang menampilkan informasi atau objek virtual yang dilapiskan di atas dunia nyata, memungkinkan pengguna melihat dan berinteraksi dengan elemen digital tanpa

kehilangan kesadaran akan lingkungan sekitar.

b. CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)

- Definisi: Ruang khusus yang dikelilingi oleh proyektor yang menampilkan gambar pada dinding, lantai, dan langit-langit, menciptakan lingkungan virtual besar yang pengguna dapat masuk dan bergerak di dalamnya.
- Kegunaan: Digunakan untuk penelitian, desain, dan simulasi, memungkinkan kolaborasi tim dan visualisasi skala besar.

c. Monitor dan Proyektor

- Monitor 3D: Layar komputer atau televisi yang mendukung tampilan 3D, seringkali memerlukan kacamata khusus untuk melihat gambar dalam tiga dimensi.
- Proyektor 3D: Proyektor yang dapat menampilkan gambar 3D pada permukaan besar, seperti dinding atau layar khusus, sering digunakan dalam presentasi dan kolaborasi tim.

2. Audio

a. Spatial Audio

- Definisi: Teknologi audio yang menciptakan ilusi suara berasal dari berbagai arah dan jarak dalam ruang tiga dimensi, meningkatkan perasaan kehadiran dan imersi dalam lingkungan AR dan VR.
- Fitur Utama: Menggunakan teknik seperti binaural audio untuk mensimulasikan bagaimana suara berinteraksi dengan lingkungan dan telinga manusia.

b. Headphones dan Speaker

- Headphones: Digunakan untuk memberikan pengalaman audio pribadi dan imersif.
 Headphones VR biasanya over-ear untuk mengurangi kebisingan luar dan meningkatkan kualitas suara.
- Speaker: Speaker surround digunakan dalam setup CAVE atau ruang VR besar untuk menciptakan lingkungan audio yang imersif.

3. Haptic Feedback

a. Gloves dan Wearables

Gloves: Sarung tangan khusus yang dilengkapi dengan sensor dan aktuator untuk memberikan umpan balik haptik, memungkinkan pengguna merasakan tekstur, berat, dan gerakan objek virtual.

Wearables: Perangkat yang dikenakan di tubuh yang memberikan umpan balik haptik, seperti getaran atau tekanan, untuk mensimulasikan sentuhan dan interaksi fisik.

b. Haptic Suits

- Definisi: Pakaian khusus yang dilengkapi dengan aktuator di seluruh tubuh untuk memberikan umpan balik haptik yang lebih mendetail dan menyeluruh, memungkinkan pengguna merasakan sentuhan, gerakan, dan interaksi fisik di seluruh tubuh mereka.
- Kegunaan: Digunakan dalam simulasi pelatihan, game, dan aplikasi medis untuk menciptakan pengalaman yang sangat realistis.

4. Visual Feedback

a. Real-Time Rendering

 Definisi: Teknologi yang memungkinkan pembuatan gambar atau adegan tiga dimensi secara langsung saat pengguna berinteraksi dengan lingkungan virtual atau augmented. Fitur Utama: Menggunakan algoritma canggih untuk menciptakan grafik yang realistis dan responsif terhadap tindakan pengguna.

b. 3D Graphics

- Definisi: Grafis tiga dimensi yang digunakan untuk menciptakan objek dan lingkungan virtual yang realistis.
- Fitur Utama: Termasuk model 3D, tekstur, pencahayaan, dan efek khusus untuk meningkatkan kualitas visual dan keaslian pengalaman.

Dari penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa teknologi output dalam AR dan VR berperan penting dalam menciptakan pengalaman yang imersif dan interaktif. Dari layar dan tampilan yang canggih hingga audio spasial dan umpan balik haptik, setiap komponen bekerja sama untuk menghadirkan dunia virtual dan augmented yang realistis dan responsif. Perkembangan teknologi ini terus mendorong batasan dari apa yang mungkin dilakukan, membuka peluang baru dalam berbagai bidang, termasuk hiburan, pendidikan, kesehatan, dan industri.

2.2. Teknologi Input

Teknologi input dalam AR dan VR mencakup berbagai perangkat dan sistem yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan dunia digital dengan cara yang alami dan intuitif. Teknologi ini memainkan peran penting dalam menciptakan pengalaman yang imersif dan responsif.

1. Perangkat Input Fisik

a. Motion Controllers

- Definisi: Pengendali gerakan adalah perangkat genggam yang dilengkapi dengan sensor untuk melacak gerakan tangan dan jari pengguna.
- Contoh: Oculus Touch, HTC Vive Controllers, dan PlayStation Move.
- Fungsi: Memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan berinteraksi dengan objek virtual melalui gerakan, seperti mengangkat, menekan, dan mengayun.

b. Gloves dan Trackers

- Definisi: Sarung tangan khusus dan perangkat pelacak yang mendeteksi gerakan tangan dan jari dengan presisi tinggi.
- Contoh: Manus VR Gloves, Leap Motion.

 Fungsi: Memberikan input yang lebih alami dan detail, memungkinkan pengguna untuk melakukan gerakan tangan yang rumit dalam lingkungan virtual.

2. Sensor dan Kamera

- a. Posisi dan Gerak
- Definisi: Sistem pelacakan yang menggunakan sensor dan kamera untuk mendeteksi posisi dan gerakan pengguna dalam ruang fisik.
- Contoh: Inside-out tracking (Oculus Quest), outside-in tracking (HTC Vive base stations).
- Fungsi: Memungkinkan pelacakan penuh gerakan tubuh dan kepala, memberikan pengalaman yang lebih imersif dengan mencerminkan gerakan pengguna di dunia virtual.

b. Pengenalan Gestur

- Definisi: Teknologi yang menggunakan kamera dan algoritma pemrosesan gambar untuk mengenali gerakan tangan dan tubuh pengguna.
- Contoh: Microsoft Kinect, Intel RealSense.
- Fungsi: Memungkinkan pengguna untuk memberikan perintah dan berinteraksi

dengan objek virtual melalui gerakan tubuh dan tangan tanpa memerlukan perangkat tambahan.

3. Input Suara

- a. Pengolahan Bahasa Alami (Natural Language Processing)
 - Definisi: Teknologi yang memungkinkan sistem untuk memahami dan menafsirkan perintah suara dalam bahasa alami.
 - Contoh: Google Assistant, Amazon Alexa.
 - Fungsi: Memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem AR dan VR melalui perintah suara, meningkatkan kenyamanan dan aksesibilitas.

b. Perintah Suara

- Definisi: Penggunaan perintah suara untuk mengontrol aplikasi dan sistem dalam lingkungan AR dan VR.
- Contoh: Voice commands in Oculus Ouest.
- Fungsi: Memberikan cara yang mudah dan cepat untuk mengontrol fungsi dasar tanpa menggunakan tangan atau perangkat fisik.

4. Input Mata

a. Eye Tracking

- Definisi: Teknologi yang melacak gerakan mata pengguna untuk menentukan di mana mereka melihat dalam lingkungan virtual.
- Contoh: Tobii Eye Tracking, Fove VR.
- Fungsi: Meningkatkan interaksi dan foveated rendering, yang hanya merender area yang dilihat pengguna dengan resolusi tinggi untuk meningkatkan kinerja grafis.

b. Pupilometry

- Definisi: Pengukuran dan analisis perubahan ukuran pupil untuk memahami perhatian dan respons pengguna.
- Contoh: Digunakan dalam penelitian pengguna dan aplikasi medis.
- Fungsi: Dapat digunakan untuk menilai keterlibatan pengguna dan respons emosional dalam lingkungan AR dan VR.

5. Interaksi Tangan dan Tubuh

a. Hand Tracking

- Definisi: Teknologi yang memungkinkan pelacakan langsung gerakan tangan tanpa perangkat tambahan.
- Contoh: Oculus Quest hand tracking.

 Fungsi: Memberikan cara yang lebih alami untuk berinteraksi dengan objek virtual menggunakan tangan secara langsung.

b. Full Body Tracking

- Definisi: Teknologi yang melacak gerakan seluruh tubuh pengguna untuk menciptakan avatar yang bergerak secara real-time di lingkungan virtual.
- Contoh: Vicon motion capture systems, HTC
 Vive trackers.
- Fungsi: Digunakan dalam aplikasi yang memerlukan pelacakan tubuh penuh, seperti simulasi pelatihan dan game yang sangat imersif.

Kesimpulan dari penjelasan diatas adalah teknologi input dalam AR dan VR adalah kunci untuk menciptakan pengalaman yang imersif dan interaktif. Dari perangkat input fisik seperti motion controllers dan gloves hingga sensor dan kamera untuk pelacakan posisi dan pengenalan gestur, teknologi ini memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan dunia digital dengan cara yang alami dan intuitif. Perkembangan dalam teknologi input terus mendorong batasan dari apa yang mungkin dilakukan dalam AR dan

VR, membuka peluang baru dalam berbagai bidang termasuk hiburan, pendidikan, kesehatan, dan industri.

2.3. Integrasi Input dan Output

Integrasi input dan output dalam AR dan VR adalah proses menggabungkan berbagai teknologi input (seperti gerakan, suara, dan pelacakan) dengan teknologi output (seperti visual, audio, dan haptik) untuk menciptakan pengalaman yang imersif dan responsif. Integrasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa interaksi pengguna dengan lingkungan virtual atau augmented terasa alami dan intuitif.

1. Sistem Imersif

Sistem imersif adalah lingkungan di mana teknologi input dan output bekerja bersama secara harmonis untuk menciptakan pengalaman yang mendalam.

a. Virtual Reality (VR): Dalam VR, sistem imersif berusaha untuk sepenuhnya membenamkan pengguna dalam dunia virtual. Ini berarti setiap gerakan kepala, tangan, atau tubuh pengguna perlu secara akurat tercermin dalam tampilan visual dan audio di headset VR.

- b. Augmented Reality (AR): Dalam AR, sistem imersif harus mengintegrasikan elemen virtual dengan dunia nyata. Ini memerlukan pelacakan yang tepat dari lingkungan nyata serta kemampuan untuk menempatkan dan menginteraksikan objek virtual secara realtime.
- Pengalaman Pengguna yang Konsisten
 Pengalaman pengguna yang konsisten dalam AR dan VR bergantung pada bagaimana input dan output diintegrasikan untuk menciptakan interaksi yang mulus.
 - a. Latency dan Responsivitas: Latency rendah (waktu jeda antara input dan output) sangat penting untuk memastikan bahwa tindakan pengguna tercermin secara real-time di lingkungan virtual atau augmented. Latency yang tinggi dapat menyebabkan motion sickness dan mengurangi imersi.
 - Sinkronisasi Input-Output: Input seperti gerakan tangan atau perintah suara harus disinkronkan dengan output visual dan audio. Misalnya, ketika pengguna mengambil objek virtual, tindakan ini harus

segera tercermin di layar dan diikuti oleh umpan balik haptik.

3. Latency dan Responsivitas

Latency dan responsivitas adalah faktor kunci dalam integrasi input dan output. Latency yang rendah memastikan bahwa interaksi pengguna dengan lingkungan virtual atau augmented terasa cepat dan alami.

- Real-Time Processing: Prosesing data input real-time sangat penting. secara termasuk pelacakan gerakan, pengenalan suara, dan analisis gerakan mata.
- b. Feedback Loop: Sistem harus memberikan umpan balik yang cepat dan akurat berdasarkan input pengguna. Misalnya, ketika pengguna bergerak, tampilan visual dan audio harus segera memperbarui sesuai dengan gerakan tersebut.

4. Sinkronisasi Input-Output

Sinkronisasi yang tepat antara input dan output memastikan bahwa pengguna merasakan interaksi yang alami dan intuitif.

a. Visual Synchronization: Visualisasi yang akurat dari gerakan tangan dan tubuh dalam lingkungan virtual. Misalnya, saat pengguna

- menggenggam objek virtual, gerakan ini harus sesuai dengan visual yang ditampilkan.
- b. Audio Synchronization: Sinkronisasi antara tindakan pengguna dan output audio. Contohnya, suara langkah kaki harus sesuai dengan gerakan berjalan pengguna.
- c. Haptic Feedback: Integrasi haptik memberikan umpan balik fisik saat pengguna berinteraksi dengan objek virtual. Ini menambah tingkat realisme dan imersi.

2.4. Tantangan dalam Integrasi Input dan Output

- 1. Keterbatasan Teknologi
 - Hardware Limitations: Keterbatasan dalam resolusi layar, refresh rate, dan kemampuan pemrosesan dapat mempengaruhi kualitas integrasi.
 - b. Compatibility Issues: Integrasi berbagai perangkat input dan output dari produsen yang berbeda dapat menimbulkan tantangan kompatibilitas.

2. Biaya dan Aksesibilitas

 a. High Costs: Perangkat keras dan perangkat lunak canggih untuk integrasi yang lancar

- sering kali mahal, yang dapat membatasi aksesibilitas.
- Scalability: Memastikan bahwa teknologi dapat diskalakan untuk berbagai aplikasi dan ukuran pengguna dapat menjadi tantangan.

3. Adaptasi Pengguna

- a. Learning Curve: Pengguna mungkin memerlukan waktu untuk terbiasa dengan sistem baru, terutama jika teknologi input dan output yang digunakan sangat berbeda dari yang mereka kenal.
- b. User Comfort: Mengatasi isu-isu seperti motion sickness dalam VR atau kelelahan mata dalam AR adalah penting untuk memastikan kenyamanan pengguna jangka panjang.

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa integrasi input dan output dalam AR dan VR adalah proses kompleks yang membutuhkan teknologi canggih dan perencanaan yang cermat. Ketika dilakukan dengan baik, ini memungkinkan pengalaman yang sangat imersif dan intuitif, memberikan pengguna kemampuan untuk berinteraksi dengan dunia digital

dengan cara yang alami dan responsif. Meskipun ada banyak tantangan, kemajuan teknologi terus membuka peluang baru untuk menciptakan pengalaman AR dan VR yang lebih realistis dan memuaskan.

BAB III

STEREOSCOPIC VIEW

3.1. Pengantar Tampilan Stereoskopis

Tampilan stereoskopis (*stereoscopic view*) dikenal sebagai pencitraan *3D* dan merupakan teknik yang digunakan untuk menciptakan ilusi kedalaman dalam gambar yang bekerja dengan menyajikan dua gambar yang sedikit berbeda secara terpisah ke mata kiri dan kanan penonton. Gambar dua dimensi (*2D*) ini kemudian disatukan atau digabungkan di otak untuk menyediakan persepsi kedalaman tiga dimensi (*3D*) yang mampu dipahami (Sucipto, 2017a).

Persepsi kedalaman merupakan tingkat tertinggi penglihatan binokuler yang dapat memfasilitasi aktivitas manusia (Setiawan, Arintawati and Saktini, 2016). Tampilan stereoskopis mempunyai teknologi yang memungkinkan pengguna untuk melihat gambar atau video dalam tiga dimensi (3D), memberikan ilusi kedalaman dan membuat objek menjadi tampak lebih nyata (Sucipto, 2017b). Teknologi bekerja dengan cara menampilkan dua gambar yang sedikit berbeda ke mata kiri dan kanan, yang kemudian akan diproses oleh otak untuk menciptakan makna dan persepsi kedalaman.

Kemajuan teknologi membuat tampilan stereoskopis terus berkembang dan menawarkan berbagai pengalaman visual yang semakin mendalam dan realistis.

Tampilan stereoskopis menawarkan berbagai manfaat signifikan di berbagai bidang kehidupan. Dalam dunia hiburan, teknologi ini mampu meningkatkan pengalaman menonton dengan memberikan efek visual yang lebih mendalam dan realistis, membuat film dan permainan video menjadi lebih menarik dan imersif (Gajski et al., 2023). Di bidang stereoskopis medis. tampilan memungkinkan visualisasi yang lebih akurat selama prosedur pembedahan, membantu dokter untuk melihat struktur anatomi dengan lebih jelas dan mengurangi risiko kesalahan. Dalam pendidikan, teknologi ini dapat digunakan untuk membuat simulasi yang lebih hidup dan interaktif, membantu pembelajar dapat lebih memahami konsep kompleks dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknik. Selain itu, dalam desain dan manufaktur, tampilan stereoskopis memungkinkan para insinyur dan desainer untuk memvisualisasikan produk dalam tiga dimensi (3D) sebelum dibuat, mengidentifikasi potensi masalah lebih awal dan meningkatkan efisiensi proses desain.

Kemajuan teknologi terus mendorong perkembangan tampilan stereoskopis ke arah yang semakin mendalam dan realistis. Dengan adopsi teknologi terbaru dalam bidang seperti realitas virtual (VR), augmented reality (AR), dan display bebas kacamata (autostereoscopic), pengalaman pengguna semakin diperkaya dengan visual yang lebih imersif. Resolusi gambar yang lebih tinggi, tingkat akurasi yang lebih baik dalam pencitraan kedalaman. penggunaan sensor yang canggih untuk pelacakan gerakan, semuanya berkontribusi untuk menciptakan pengalaman yang lebih natural, interaktif, konstruktif (Mohamad Idris, Romindo, Muhammad Munsarif *et al.*, 2023).

Industri manufaktur dan desain menyediakan berbagai kemampuan untuk melihat prototipe dalam tiga dimensi (3D) sebelum produksi dan membantu mengidentifikasi dalam potensi masalah mempercepat proses pengembangan produk. Dengan terus berlanjutnya inovasi dalam teknologi tampilan stereoskopis maka masa depan akan menjanjikan pengalaman visual yang lebih mendalam, realistis, dan terintegrasi dalam kehidupan sehari-hari sehingga mengubah cara pandang dan berinteraksi dengan dunia diaital secara fundamental dan meningkatkan pengalaman visualisasi terhadap berbagai objek kehidupan umat manusia. Gaya hidup *digital* saat ini yang sudah menjadi bagian dari aktivitas sehari-hari bagi masyarakat (Sulistyaningtyas, Jaelani and Waskita, 2012).



Gambar 3.1 Stereoscopic Imaging
Sumber: https://komputer-grafis-d3.stekom.ac.id/informasi/baca/mengenal-tentang-Stereoscopic-Imaging

3.2. Sejarah dan Perkembangan

Konsep tampilan stereoskopis sudah ada sejak awal abad ke-19. Sir Charles Wheatstone pertama kali mendemonstrasikan prinsip ini pada tahun 1838, menggunakan perangkat yang disebut stereoskop. Perangkat ini memungkinkan penonton melihat dua gambar yang sedikit berbeda dari objek yang sama,

masing-masing disajikan ke satu mata, sehingga menciptakan ilusi kedalaman (Witabora, 2012).

Konsep tampilan stereoskopis memiliki sejarah yang panjang dan menarik, dimulai dari penemuan awal hingga penerapan teknologi modern. Ide dasar dari tampilan stereoskopis, yaitu menciptakan kedalaman dengan menampilkan dua gambar yang sedikit berbeda ke masing-masing mata, pertama kali dijelaskan oleh Sir Charles Wheatstone pada tahun 1838. Ia menciptakan stereoscope, sebuah alat yang memungkinkan pengguna melihat dua gambar berbeda yang diambil dari sudut pandang sedikit berbeda, menciptakan efek tiga dimensi.

Pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20, stereoskopi menjadi populer sebagai bentuk hiburan, dengan banyak orang menikmati gambar stereoskopis melalui perangkat seperti View-Master, yang diluncurkan pada tahun 1939. Teknologi ini digunakan dalam fotografi dan film, di mana teknik stereoskopis diterapkan untuk menciptakan gambar dan film 3D.

Perkembangan signifikan telah terjadi pada tahun 1950-an dengan munculnya film *3D* di bioskop. Meskipun teknologi ini mengalami pasang surut dalam popularitasnya, kemajuan dalam teknologi tampilan dan pencitraan *digital* pada akhir abad ke-20 dan awal abad ke-21 membawa tampilan stereoskopis ke tingkat baru. Televisi *3D*, monitor komputer, dan *headset VR* (*Virtual Reality*) memanfaatkan konsep stereoskopis untuk menciptakan pengalaman yang lebih mendalam dan interaktif dalam penyajian. *Virtual reality* merupakan teknologi modern yang digunakan dalam ilmu teknologi informasi dengan memanfaatkan gambar *3D* dalam memvisualisasikan hasil dari gambar *3D* (Rachman, Khairul Anshary and Hakim, 2020).

Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi stereoskopis telah menjadi lebih canggih dan mudah diakses dengan perangkat, seperti *Oculus Rift* dan *HTC Vive* yang memungkinkan pengalaman *VR* yang imersif. Selain itu, bidang medis, pendidikan, dan industri manufaktur juga memanfaatkan tampilan stereoskopis untuk meningkatkan visualisasi dan efisiensi. Teknologi ini terus berkembang, dengan penelitian yang berfokus pada meningkatkan kualitas gambar, mengurangi ketidaknyamanan pengguna, dan memperluas aplikasi di berbagai bidang. Seiring waktu, teknologi ini telah berkembang pesat, mulai dari penampil genggam sederhana hingga sistem *3D digital modern* yang digunakan di bioskop dan realitas virtual sehingga sejalan dengan era revolusi industry 4.0 yang

menerapkan media *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran (Revolusi, 2021).

3.3. Prinsip Pencitraan Stereoskopis

Pencitraan stereoskopis telah didasarkan pada prinsip penglihatan binokular (Suwarna, 2010). Manusia memiliki dua mata yang terletak pada jarak tertentu, yang berarti setiap mata melihat suatu pemandangan dari sudut yang dapat sedikit berbeda. Otak memproses dua perspektif ini untuk menghasilkan gambar tunggal dengan persepsi kedalaman. Dalam sistem stereoskopis, dua gambar dari pemandangan yang sama diambil dari sudut yang sedikit berbeda sesuai dengan jarak antara mata. Gambar ini kemudian ditampilkan sedemikian rupa sehingga setiap mata hanya melihat satu gambar, baik melalui kacamata khusus atau teknik tampilan tertentu.

Prinsip pencitraan stereoskopis didasarkan pada kemampuan mata manusia untuk melihat dunia dalam tiga dimensi melalui proses yang disebut penglihatan binokular (Syauqie and Putri, 2014). Beberapa prinsip dasar yang mendasari pencitraan stereoskopis, meliputi:

a. Penglihatan Binokular: mata manusia terletak
 pada jarak yang sedikit terpisah satu sama lain,

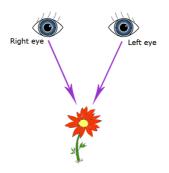
- sehingga masing-masing mata memfokuskan objek dari sudut perspektif yang berbeda di antara keduanya. Otak kemudian berupaya menggabungkan dua gambar ini untuk menciptakan suatu persepsi kedalaman yang disebut stereopsis.
- b. Dua Gambar Berbeda: untuk menciptakan efek tiga dimensi (3D), dua gambar yang diperoleh melalui sudut pandang yang sedikit berbeda (biasanya disebut sebagai gambar kiri dan kanan) harus disajikan kepada mata yang sesuai persepsi sehingga hal ini akan meniru cara mata manusia melihat dunia nyata.
- c. Perangkat Tampilan: perangkat stereoskopis, seperti *stereoscope*, *headset VR*, atau kacamata *3D* akan digunakan untuk memastikan bahwa setiap mata hanya melihat gambar yang dimaksudkan untuk itu. Misalnya, dalam kacamata *3D anaglyph*, filter warna merah dan biru memastikan setiap mata melihat gambar yang sesuai.
- d. Konvergensi dan Disparitas: otak menggunakan konvergensi (seberapa banyak mata harus bergerak ke dalam untuk fokus pada objek) dan disparitas (perbedaan kecil antara gambar yang

- diketahui oleh mata kiri dan kanan) untuk menilai suatu kedalaman dan jarak objek dalam tampilan tiga dimensi (3D).
- e. Koreksi Geometri dan Warna: dalam beberapa sistem stereoskopis, koreksi geometri dan warna mungkin diperlukan untuk memastikan bahwa kedua gambar cocok dengan tepat ketika dilihat oleh mata pengguna. Hal ini menjadi penting agar dapat menghindari ketidaknyamanan dan memastikan efek tiga dimensi (3D) yang akurat.

Hubungan antara digital photography (fotografi digital) dan tampilan stereoskopis menawarkan kemungkinan yang menarik untuk menggabungkan teknologi yang dapat meningkatkan pengalaman visual. Fotografi digital memberikan kemampuan untuk mengambil gambar dengan resolusi tinggi dan mengolahnya secara digital, yang penting untuk menciptakan gambar yang diperlukan dalam tampilan stereoskopis.

Teknologi fotografi *digital* membuat fotografer dapat dengan mudah mengambil dua gambar yang diperlukan untuk menciptakan efek stereoskopis. Teknik fotografi seperti pemotretan dengan lensa ganda atau penggunaan kamera *3D* dapat menghasilkan dua gambar yang diperoleh dari sudut pandang atau perspektif yang sedikit berbeda, mirip dengan cara mata manusia melihat objek dari kedua sisi. Setelah itu, gambar ini dapat diproses dan disajikan kepada pengguna melalui berbagai metode tampilan stereoskopis, seperti *anaglyph*, polarisasi, atau teknologi aktif *shutter*.

Kemajuan dalam fotografi digital juga telah memperluas aplikasi stereoskopis dalam berbagai bidang, termasuk hiburan, pendidikan, dan industri. hiburan, fotografi *digital* memungkinkan Dalam pembuatan film 3D dan konten VR vang lebih realistis dan menarik. Di pendidikan, penggunaan gambar 3D dari fotografi *digital* dapat memperkaya pengalaman belajar dengan visualisasi yang lebih mendalam. Di industri, fotografi digital mendukung proses desain, simulasi, dan pengujian produk dalam tiga dimensi sebelum produksi. Secara keseluruhan, fotografi digital dan tampilan stereoskopis saling melengkapi dan menguntungkan satu sama lain, membuka pintu untuk pengalaman visual yang lebih kaya dan realistis dalam berbagai konteks aplikasi.



Gambar 3.2 Fotografi *Digital*Sumber: https://www.digital-photographytips.net/stereoscopic.html

3.4. Metode Tampilan Stereoskopis

Metode tampilan stereoskopis memberikan gambaran tentang berbagai teknik yang digunakan untuk menciptakan ilusi tiga dimensi (3D) dengan cara menampilkan dua gambar yang sedikit berbeda kepada mata kiri dan kanan. Metode tampilan stereoskopis memiliki berbagai manfaat signifikan yang dapat meningkatkan pengalaman visual dan interaksi di berbagai bidang kehidupan manusia (Hibbard, Haines and Hornsey, 2017).

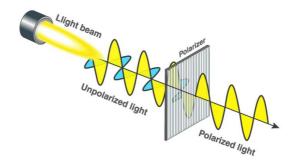
Dalam hiburan, seperti film dan permainan video, metode ini menciptakan pengalaman yang lebih imersif dan realistis, membuat penonton merasa lebih terlibat dengan konten yang mereka nikmati. Dalam pendidikan, tampilan stereoskopis membantu

memahami konsep kompleks dengan lebih baik melalui visualisasi tiga dimensi (3D) yang mendalam, seperti dalam pelajaran pada sains dan teknik. Di bidang medis, teknologi ini memungkinkan dokter dapat melihat struktur anatomi dengan lebih jelas dan detail selama prosedur pembedahan atau diagnosis, meningkatkan akurasi dan mengurangi risiko kesalahan. Dalam desain dan manufaktur. metode tampilan stereoskopis desainer memungkinkan dan insinyur memvisualisasikan dan memodifikasi prototipe dalam 3D sebelum produksi, meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya. Secara keseluruhan, manfaat metode tampilan stereoskopis mencakup peningkatan pemahaman, efisiensi, dan kenyamanan dalam berbagai aplikasi profesional dan hiburan. Ada beberapa metode untuk mencapai tampilan stereoskopis (Woods, 2012), termasuk:

a. Anaglyph: metode ini menggunakan gambar yang ditumpangkan dan diberi warna berbeda (merah dan biru/cyan) untuk mata kiri dan kanan. Pengguna memakai kacamata dengan lensa berwarna sesuai untuk menyaring gambar yang tepat ke setiap mata, menciptakan efek 3D. Meskipun metode ini relatif murah dan mudah

- diimplementasikan, kualitas warna bisa terdistorsi.
- b. Polarisasi: metode ini menggunakan dua proyektor atau satu proyektor dengan filter polarisasi yang berbeda untuk masing-masing gambar. Pengguna memakai kacamata dengan lensa yang memiliki filter polarisasi sesuai, memungkinkan setiap mata melihat gambar yang tepat. Metode ini sering digunakan dalam bioskop 3D karena memberikan kualitas gambar yang baik dengan sedikit distorsi warna.
- c. Active Shutter: metode yang menggunakan kacamata khusus yang secara bergantian menutup lensa kiri dan kanan dengan kecepatan tinggi, sinkron dengan tampilan yang juga bergantian menampilkan gambar kiri dan kanan. Teknologi telah menawarkan berbagai resolusi penuh untuk setiap mata dan kualitas gambar yang tinggi, tetapi memerlukan kacamata elektronik yang lebih mahal dan berat.
- d. *Autostereoscopic*: metode yang memungkinkan pengguna memperoleh gambar *3D* tanpa perlu menggunakan kacamata khusus. Teknologi ini biasanya menggunakan *lenticular lens* atau *parallax barrier* yang dipasang pada layar, yang

- mengarahkan gambar berbeda ke mata kiri dan kanan. Metode ini sering digunakan dalam perangkat seperti *Nintendo 3DS* dan beberapa *TV 3D*, tetapi memiliki keterbatasan dalam hal sudut pandang dan resolusi.
- e. Virtual Reality (VR): Headset VR menggunakan dua layar kecil atau satu layar yang dibagi untuk menampilkan gambar berbeda ke mata kiri dan kanan. Teknologi ini sering dikombinasikan dengan sensor gerakan untuk memberikan pengalaman 3D yang sangat imersif dan interaktif. Metode ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi tertentu, mulai dari permainan video hingga pelatihan profesional.
- f. Head-Mounted Display (HMD): mirip dengan VR, HMD menggunakan dua layar kecil atau satu layar yang dibagi dan dipasang langsung di depan mata pengguna. HMD sering digunakan dalam aplikasi profesional, seperti simulasi penerbangan atau pelatihan medis, di mana representasi visual yang akurat dan imersif sangat penting.



Gambar 3.3 Polarisasi Cahaya dan Pemutaran Bidang Sumber:

https://www.kompas.com/skola/read/2020/10/20/2 04621569/jenis-polarisasi-cahaya-dan-pemutaranbidang-polarisasi

3.5. Aplikasi Tampilan Stereoskopis

Perkembangan aplikasi tampilan stereoskopis telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor, memanfaatkan teknologi untuk menciptakan pengalaman visual yang lebih mendalam dan realistis (Hadi, 2019). Perkembangan era ekonomi digital relevan dan bermakna menjadi sehingga mendorong perhatian penelitian yang berfokus evolusi konsep dan berdampak terhadap pengalaman user aktif (Ibrahim et al., 2023). Dari awalnya digunakan dalam bentuk *stereoscope* sederhana pada abad ke-19, teknologi ini telah berkembang pesat dengan

penerapan dalam *film 3D*, televisi, dan monitor komputer, memberikan pengalaman hiburan yang lebih imersif.

Kemajuan dalam Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) telah dapat menghasilkan aplikasi tampilan stereoskopis secara meluas ke berbagai bidang seperti medis, di mana teknologi ini meningkatkan akurasi dalam pembedahan diagnosis, serta pendidikan, di mana simulasi interaktif membantu memahami konsep yang kompleks. Dalam industri desain dan manufaktur, tampilan stereoskopis memungkinkan visualisasi dan pengujian prototipe dalam 3D sebelum produksi, meningkatkan efisiensi dan mengurangi kesalahan.

Perkembangan ini menunjukkan potensi besar dan keberlanjutan inovasi dalam aplikasi tampilan stereoskopis di masa yang akan datang kehidupan manusia. Pencitraan stereoskopis memiliki berbagai aplikasi, seperti:

- a. Hiburan: digunakan dalam film, video game, dan realitas virtual untuk meningkatkan pengalaman visual dengan menambahkan kedalaman.
- Pencitraan Medis: membantu visualisasi detail struktur kompleks dalam tubuh, seperti dalam

- operasi atau pencitraan diagnostik.
- c. Visualisasi Ilmiah: membantu studi struktur kompleks dalam bidang seperti biologi, geologi, dan astronomi.
- d. Robotika dan Penginderaan Jarak Iauh: meningkatkan persepsi kedalaman untuk navigasi dan manipulasi yang lebih baik dalam sistem robotik dan perangkat kendali jarak jauh.

3.6. Tantangan dan Keterbatasan

Pencitraan stereoskopis menawarkan banyak manfaat sehingga teknologi ini juga menghadapi berbagai tantangan dan keterbatasan yang perlu diatasi (Nam et al., 2012). Salah satu tantangan utama adalah kebutuhan akan perangkat keras khusus, seperti kacamata 3D atau headset VR, yang bisa mahal dan tidak selalu nyaman digunakan dalam waktu lama. Ketidaknyamanan *visual*, seperti kelelahan mata dan sakit kepala, sering dialami oleh pengguna setelah paparan yang lama, disebabkan oleh diskrepansi antara fokus mata dan kedalaman yang dirasakan. Selain itu, keselarasan gambar adalah masalah penting; jika gambar kiri dan kanan tidak tepat sejajar, pengguna dapat mengalami ketidaknyamanan dan distorsi visual.

Keterbatasan sudut pandang juga menjadi masalah dalam beberapa teknologi autostereoscopic, di mana pengguna harus berada di posisi tertentu untuk melihat berbagai efek 3D dengan benar. Kualitas gambar dan resolusi sering kali berkurang saat menggunakan metode tampilan tertentu, seperti anaglyph, yang dapat merusak pengalaman visual keseluruhan. Di bidang produksi konten, pembuatan konten 3D memerlukan waktu dan biaya yang lebih tinggi dibandingkan konten 2D, serta keterampilan khusus dalam pengambilan gambar dan pengeditan.

Dalam aplikasi praktis, terutama dalam bidang medis dan industri, akurasi dan keandalan visualisasi 3D sangat penting, dan ketidaktepatan sekecil apapun dapat menyebabkan masalah serius. Teknologi pencitraan stereoskopis perlu terus ditingkatkan untuk mengatasi berbagai tantangan ini, melalui inovasi dalam perangkat keras, perangkat lunak, dan metode produksi konten, agar dapat memberikan manfaat maksimal dengan minim risiko dan keterbatasan.

Meskipun pencitraan stereoskopis menawarkan banyak manfaat, namun terdapat tantangan, seperti:

a. Ketidaknyamanan Penonton: menonton dalam waktu lama dapat menyebabkan ketegangan

- mata, sakit kepala, atau pusing, yang sering disebut sebagai "kelelahan *3D*."
- b. Pembuatan Konten: memproduksi konten stereoskopis yang berkualitas tinggi akan memerlukan perencanaan dan sumber daya tambahan dibandingkan dengan konten 2D tradisional.
- Keterbatasan Teknologi: memastikan kompatibilitas di berbagai perangkat dan mempertahankan kualitas gambar bisa menjadi tantangan teknis.



Gambar 3.4 Aplikasi Stereoskopik
Sumber:

https://www.geospatialworld.net/blogs/stere oscopic-display-technologies-for-militaryapplications/

3.7. Masa Depan Tampilan Stereoskopis

Masa depan tampilan stereoskopis tampak menjanjikan dengan kemajuan teknologi yang terus berlanjut. Inovasi seperti tampilan autostereoskopis yang lebih baik dan sistem realitas *virtual* yang ditingkatkan diharapkan dapat mengatasi keterbatasan saat ini dan memberikan pengalaman yang lebih imersif dan nyaman (Sulaiman Kurdi, 2021). Selain itu, integrasi kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin dapat merevolusi pembuatan konten dan pemrosesan waktu nyata, membuat pencitraan stereoskopis lebih mudah diakses dan meluas (Santoso, 2023).

Masa depan tampilan stereoskopis terlihat sangat menjanjikan dengan perkembangan teknologi yang terus berlanjut, yang berpotensi mengatasi banyak tantangan saat ini dan membuka aplikasi baru yang inovatif. Melalui kemajuan dalam virtual reality (VR) dan augmented reality (AR), tampilan stereoskopis akan semakin terintegrasi dalam kehidupan sehari-hari, menawarkan pengalaman yang lebih imersif dan interaktif di berbagai bidang seperti hiburan, pendidikan, dan pelatihan profesional. Peningkatan dalam resolusi layar, teknologi tampilan bebas kacamata (autostereoscopic), dan algoritma pemrosesan gambar akan meningkatkan kualitas dan kenyamanan visual, mengurangi ketidaknyamanan dan kelelahan mata (Kang, Choi and Hwang, 2022).

Aplikasi dalam bidang medis, seperti pembedahan berbasis gambar 3D dan diagnosis yang lebih akurat, akan semakin berkembang, memberikan manfaat kesehatan yang lebih besar. Dalam industri manufaktur dan desain, tampilan stereoskopis akan memungkinkan visualisasi prototipe yang lebih realistis dan efisien, mempercepat proses inovasi dan produksi (Grajewski et al., 2013). Dengan terus berkembangnya teknologi dan peningkatan aksesibilitas akan membuat tampilan stereoskopis menjadi bagian integral dari berbagai aspek kehidupan serta mampu menghadirkan dunia visual yang lebih dinamis dan mendalam.



Gambar 3.5 Masa Depan Stereoskopik Sumber: https://petapixel.com/2022/01/31/this-3dstereoscopic-monitor-is-a-wild-look-at-the-future-ofdisplays/



BAB IV

FORCE FEEDBACK SIMULATION

4.1. Definisi Force Feedback

Force Feedback adalah teknologi yang memungkinkan pengguna merasakan sensasi fisik yang dihasilkan oleh perangkat elektronik, biasanya melalui getaran atau tekanan, sebagai respons terhadap interaksi dengan suatu sistem. Teknologi ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk simulasi, game, dan sistem kendali jarak jauh.

4.2. Perangkat Keras dalam Force Feedback untuk AR dan VR

Integrasi force feedback dalam AR dan VR memerlukan berbagai perangkat keras untuk menciptakan pengalaman yang realistis dan imersif.

4.3. Komponen Perangkat Keras

Berikut adalah komponen utama perangkat keras yang digunakan :

1. Head-Mounted Display (HMD)

HMD adalah perangkat yang dipasang di kepala pengguna, menampilkan lingkungan virtual atau augmented reality di depan mata pengguna. HMD terdiri dari layar atau lensa yang dipasang pada kacamata atau helm yang nyaman dipakai. Fungsi:

- a. Menyediakan tampilan visual dari lingkungan AR atau VR.
- Memungkinkan pelacakan gerakan kepala untuk memberikan perspektif visual yang sesuai.
- Beberapa HMD juga dilengkapi dengan audio untuk pengalaman imersif yang lebih lengkap.

Contoh: Oculus Rift, HTC Vive, PlayStation VR, Microsoft HoloLens (untuk AR).

2. Aktuator

Aktuator adalah perangkat yang menghasilkan gerakan atau gaya fisik yang dapat dirasakan oleh pengguna. Aktuator ini bisa berupa motor, solenoid, atau bahan piezoelektrik.

Fungsi:

- a. Memberikan umpan balik fisik berupa getaran, tekanan, atau resistensi.
- b. Mensimulasikan sensasi sentuhan dan interaksi fisik dalam lingkungan AR/VR.

Contoh: Motor getar di kontroler game dan Solenoid dalam sarung tangan haptic untuk memberikan sensasi tekanan.

3. Sensor Haptic

Sensor haptic adalah perangkat yang mendeteksi interaksi fisik pengguna dengan perangkat atau lingkungan AR/VR. Sensor ini mengukur parameter seperti posisi, tekanan, dan gerakan.

Fungsi:

- Mengumpulkan data interaksi pengguna untuk diolah oleh sistem kontrol.
- b. Memungkinkan sistem untuk memberikan umpan balik yang akurat dan sesuai.

Contoh: Sensor tekanan di kontroler game dan Sensor gerak pada sarung tangan haptic yang melacak posisi dan orientasi jari.

4. Kontroler

Kontroler adalah perangkat input yang digunakan oleh pengguna untuk berinteraksi dengan lingkungan AR/VR. Kontroler ini dapat berupa perangkat genggam, sarung tangan, atau perangkat lain yang dilengkapi dengan sensor dan aktuator.

Fungsi:

- a. Memungkinkan pengguna untuk mengirimkan perintah dan berinteraksi dengan objek dalam lingkungan AR/VR.
- b. Menyediakan umpan balik fisik melalui aktuator yang terintegrasi.
- Menghubungkan pengguna dengan sistem
 AR/VR melalui berbagai sensor yang mendeteksi gerakan dan interaksi.

Contoh: Kontroler game seperti yang digunakan dengan Oculus Rift atau HTC Vive dan Sarung tangan haptic seperti Manus VR atau HaptX.

4.4. Integrasi Perangkat Keras

Untuk menciptakan pengalaman force feedback yang imersif dalam AR dan VR, semua komponen perangkat keras ini harus bekerja bersama secara harmonis:

- a. HMD menampilkan lingkungan virtual atau augmented, sementara sensor haptic mendeteksi interaksi pengguna dengan lingkungan tersebut.
- b. Data dari sensor dikirim ke kontroler, yang mengolah informasi ini dan mengirimkan sinyal ke aktuator untuk memberikan umpan balik fisik yang sesuai.

 c. Umpan balik fisik dari aktuator dirasakan oleh pengguna, menciptakan sensasi yang realistis dan meningkatkan pengalaman imersif.

Melalui integrasi yang tepat dari perangkat keras ini, pengguna dapat merasakan interaksi yang lebih nyata dan mendalam dalam lingkungan AR dan VR.

4.5. Perangkat Lunak dalam Force Feedback untuk AR dan VR

Perangkat lunak memainkan peran penting dalam mengintegrasikan dan mengendalikan berbagai komponen perangkat keras untuk menciptakan pengalaman force feedback yang imersif dalam AR dan VR.

4.6. Komponen Perangkat Lunak

Berikut adalah komponen perangkat lunak utama tersebut:

1. Algoritma Kontrol Haptic

Algoritma kontrol haptic adalah perangkat lunak yang mengatur respons umpan balik taktil yang dihasilkan oleh aktuator berdasarkan data yang dikumpulkan dari sensor. Algoritma ini menentukan bagaimana dan kapan umpan balik fisik harus diberikan kepada pengguna.

Fungsi:

- Mengolah data sensor untuk memahami interaksi pengguna dengan lingkungan virtual atau augmented.
- Menentukan respons yang tepat dalam bentuk getaran, resistensi, atau tekanan yang dihasilkan oleh aktuator.
- Mengelola loop umpan balik real-time untuk memastikan respons cepat dan akurat terhadap tindakan pengguna.

Proses Kerja:

- Pengumpulan Data: Sensor haptic mendeteksi interaksi pengguna dan mengirimkan data ke algoritma kontrol.
- Analisis Data: Algoritma menganalisis data untuk memahami jenis interaksi, seperti menekan tombol, menyentuh permukaan, atau menggerakkan objek.
- Penentuan Respons: Berdasarkan analisis, algoritma menentukan respons fisik yang sesuai dan mengirim sinyal kontrol ke aktuator.
- Generasi Umpan Balik: Aktuator menghasilkan umpan balik fisik yang

- dirasakan oleh pengguna, seperti getaran atau tekanan.
- Loop Umpan Balik: Proses ini berulang secara terus-menerus untuk memastikan umpan balik yang sinkron dengan tindakan pengguna.

Contoh Algoritma:

- a) Proportional-Derivative (PD) Control:
 Digunakan untuk mengontrol posisi dan kecepatan aktuator berdasarkan input sensor.
- Model-Based Control: Menggunakan model fisik lingkungan virtual untuk menghasilkan umpan balik yang lebih realistis.

2. Sistem Simulasi AR dan VR

Sistem simulasi AR dan VR adalah perangkat lunak yang menciptakan dan mengelola lingkungan augmented dan virtual. Sistem ini mencakup rendering visual, audio, dan integrasi dengan perangkat haptic untuk memberikan pengalaman yang imersif.

Fungsi:

a. Membuat dan merender lingkungan AR atau
 VR yang dapat dilihat melalui HMD.

- b. Mengintegrasikan berbagai input dari kontroler, sensor, dan perangkat haptic.
- Menyinkronkan visual, audio, dan umpan balik taktil untuk menciptakan pengalaman yang kohesif dan realistis.

Proses Kerja:

- a) Pembuatan Lingkungan Virtual/AR: Sistem simulasi menggunakan grafik komputer untuk membuat lingkungan virtual atau augmented yang kompleks.
- Rendering Visual: Menampilkan lingkungan ini dalam HMD, memungkinkan pengguna melihat dan berinteraksi dengan elemen virtual.
- c) Integrasi Input: Mengumpulkan data dari kontroler dan sensor haptic untuk memahami tindakan dan gerakan pengguna.
- d) Sinkronisasi Umpan Balik: Menggunakan data dari algoritma kontrol haptic untuk memberikan umpan balik fisik yang sesuai dengan tindakan pengguna dalam lingkungan AR atau VR.
- e) Interaktivitas Real-Time: Memastikan bahwa semua elemen—visual, audio, dan umpan balik taktil—dikoordinasikan dalam

waktu nyata untuk menciptakan pengalaman yang imersif.

Contoh Sistem Simulasi:

- Unity3D: Digunakan untuk mengembangkan game dan aplikasi AR/VR dengan dukungan untuk berbagai perangkat haptic.
- Unreal Engine: Menawarkan alat pengembangan untuk simulasi AR/VR dengan grafis yang realistis dan kemampuan integrasi haptic.
- Vuforia: Platform AR yang mendukung pengembangan aplikasi yang mengintegrasikan umpan balik haptic.

4.7. Integrasi Perangkat Lunak dan Perangkat Keras

Untuk menciptakan pengalaman force feedback yang efektif dalam AR dan VR, integrasi yang mulus antara perangkat lunak dan perangkat keras sangat penting:

- a. Algoritma kontrol haptic berfungsi sebagai otak yang mengatur bagaimana umpan balik fisik diberikan berdasarkan interaksi pengguna.
- Sistem simulasi AR dan VR memastikan bahwa lingkungan virtual atau augmented yang dilihat

- pengguna sesuai dengan umpan balik fisik yang dirasakan.
- c. Data sensor dikumpulkan dan dianalisis secara real-time, dan aktuator diaktifkan untuk menghasilkan umpan balik fisik yang sesuai.
- d. Loop umpan balik real-time memastikan bahwa semua komponen bekerja bersama secara harmonis untuk menciptakan pengalaman yang imersif dan realistis.

Dengan perangkat lunak yang canggih dan perangkat keras yang tepat, force feedback dalam AR dan VR dapat memberikan pengalaman yang lebih mendalam dan interaktif.

4.8. Perbandingan dengan Simulasi Tanpa Force Feedback

1. Simulasi dengan Force Feedback

- a. Kelebihan:
 - Force feedback meningkatkan realisme dengan memberikan umpan balik taktil yang sesuai dengan tindakan pengguna, menciptakan pengalaman yang lebih imersif.
 - 2) Pembelajaran yang Efektif:

- 3) Dalam pelatihan medis atau penerbangan, force feedback membantu pengguna memahami respons fisik yang mereka harapkan dalam situasi nyata, meningkatkan keterampilan dan memori otot.
- 4) Pengguna dapat merasakan tekstur, berat, dan resistensi objek virtual, memungkinkan interaksi yang lebih alami dan intuitif.
- 5) Force feedback memungkinkan pengguna melakukan tugas dengan presisi lebih tinggi, seperti dalam manipulasi objek kecil atau kontrol alat bedah virtual.
- 6) Dalam simulasi berisiko tinggi, force feedback memberikan lingkungan yang aman untuk berlatih tanpa risiko cedera atau kerusakan.

b. Kekurangan:

- Perangkat keras force feedback, seperti aktuator dan sensor haptic, bisa mahal dan memerlukan pemeliharaan.
- 2) Mengintegrasikan force feedback memerlukan perangkat lunak dan

- perangkat keras yang kompleks, serta sinkronisasi yang tepat untuk memastikan pengalaman yang mulus.
- 3) Force feedback masih memiliki keterbatasan dalam mensimulasikan semua jenis sensasi fisik, terutama dalam hal gerakan bebas dan interaksi dengan berbagai jenis material.

2. Simulasi Tanpa Force Feedback

a. Kelebihan:

- Simulasi tanpa force feedback umumnya lebih murah karena tidak memerlukan perangkat keras tambahan untuk umpan balik taktil
- Sistem tanpa force feedback lebih mudah diimplementasikan dan dipelihara, karena tidak memerlukan sinkronisasi antara berbagai perangkat keras.
- 3) Perangkat tanpa force feedback lebih ringan dan lebih portabel, membuatnya lebih mudah digunakan di berbagai lokasi tanpa kebutuhan peralatan tambahan.

b. Kekurangan:

- Tanpa umpan balik fisik, simulasi dapat terasa kurang realistis, mengurangi imersi dan keterlibatan pengguna.
- Dalam pelatihan keterampilan fisik, kurangnya umpan balik taktil dapat menghambat pembelajaran dan pengembangan memori otot.
- 3) Pengguna hanya bisa berinteraksi dengan lingkungan virtual melalui visual dan audio, membatasi kedalaman interaksi dan pengalaman pengguna.
- Tugas yang memerlukan presisi tinggi, seperti manipulasi objek kecil, mungkin lebih sulit dilakukan tanpa umpan balik fisik.

Dari penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa simulasi dengan force feedback menawarkan pengalaman yang lebih realistis dan imersif, yang sangat penting dalam pelatihan keterampilan fisik dan interaksi yang memerlukan presisi tinggi. Namun, ini datang dengan biaya tambahan dan kompleksitas sistem. Sebaliknya, simulasi tanpa force feedback lebih terjangkau dan mudah diimplementasikan tetapi

hal realisme dan efektivitas kurang dalam pembelajaran.

BAB V

HAPTIC DEVICE

5.1. Definisi Haptic Device

Haptic device adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk memberikan umpan balik taktil kepada pengguna melalui interaksi dengan lingkungan virtual atau objek digital. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan pengalaman pengguna dengan menyediakan sensasi fisik seperti tekanan, gerakan, atau tekstur, yang memungkinkan interaksi yang lebih alami dan responsif dalam aplikasi seperti augmented reality (AR), virtual reality (VR), dan simulasi.

5.2. Jenis-Jenis Haptic Device

Teknologi haptic menggunakan berbagai jenis perangkat untuk menyediakan umpan balik sensorik kepada pengguna. Berikut adalah jenis-jenis utama dari haptic device:

1. Haptic Feedback Devices

Haptic feedback devices, atau juga dikenal sebagai kinesthetic feedback devices, memberikan respons fisik yang berhubungan dengan gerakan atau aksi pengguna. Umpan Augmented and Virtual Reality | 71 balik ini bisa berupa tekanan, resistensi, atau gaya yang memungkinkan pengguna merasakan sensasi fisik dari interaksi mereka dengan lingkungan virtual atau objek.

Aplikasi Umum:

- Digunakan dalam simulasi penerbangan dan simulator berkendara untuk mensimulasikan perasaan mengemudi atau penerbangan.
- Dapat juga digunakan dalam permainan video untuk meningkatkan imersi dengan memberikan respons yang terasa saat berinteraksi dengan objek atau musuh dalam permainan.

2. Force Feedback Devices

Force feedback devices menyediakan umpan balik yang terkait dengan gaya dan kekuatan yang diterapkan pada perangkat. Mereka menggunakan aktuator yang mampu menghasilkan gaya fisik yang dapat dirasakan oleh pengguna, seperti getaran, dorongan, atau resistensi.

Aplikasi Umum:

 Paling sering digunakan dalam simulasi medis untuk melatih keterampilan bedah

- dengan merespons tekanan yang diterapkan pada alat bedah virtual.
- Juga digunakan dalam industri game untuk meningkatkan interaksi dengan lingkungan permainan dan meningkatkan keamanan dengan memberikan umpan balik saat menabrak atau berinteraksi dengan objek dalam permainan.

3. Vibrotactile Devices

Vibrotactile devices menggunakan getaran atau vibrasi untuk memberikan umpan balik haptic kepada pengguna. Mereka menggunakan motor getar atau transduser yang menghasilkan getaran yang dapat dirasakan oleh pengguna.

4. Aplikasi Umum:

- Biasanya digunakan dalam kontroler game atau perangkat genggam untuk memberikan umpan balik saat interaksi dengan objek atau aksi dalam permainan.
- Dapat digunakan dalam aplikasi AR/VR untuk menambahkan sensasi tambahan saat pengguna berinteraksi dengan objek virtual.

5.3. Implementasi Haptic Device dalam Aplikasi AR dan VR

1. Simulasi Medis dan Bedah

Di dunia medis, teknologi haptic telah membuka pintu untuk pengembangan simulasi yang lebih realistis dan efektif. Berikut adalah beberapa cara di mana haptic device diimplementasikan dalam aplikasi AR dan VR untuk simulasi medis dan bedah:

a. Pelatihan Prosedur Bedah:

Haptic device digunakan untuk melatih mahasiswa kedokteran atau dokter dalam prosedur bedah tanpa risiko terhadap pasien nyata. Mereka dapat merasakan resistensi, tekanan, dan respons lainnya saat melakukan tindakan bedah virtual.

b. Simulasi Keterampilan Klinis:

Penggunaan haptic device memungkinkan praktisi medis untuk mengasah keterampilan praktis, seperti pemasangan kateter, manipulasi organ internal, atau prosedur invasif lainnya dengan respons yang realistis.

c. Rehabilitasi dan Terapi:

Dalam konteks rehabilitasi, haptic device dapat digunakan untuk memfasilitasi terapi motorik dan sensorik, memungkinkan pasien untuk melakukan latihan gerakan tertentu dengan bantuan umpan balik fisik.

2. Industri Game dan Hiburan

Dalam industri game dan hiburan, integrasi haptic device dalam AR dan VR memberikan pengalaman yang lebih imersif dan interaktif kepada pengguna:

a. Sensasi Realistis:

Pengguna dapat merasakan getaran, tekanan, atau bahkan berat dari objek virtual dalam game, meningkatkan tingkat imersi dan keterlibatan dalam pengalaman bermain.

b. Interaksi Objek:

Haptic device memungkinkan pengguna untuk merasakan tekstur, bentuk, dan gerakan objek dalam lingkungan virtual, memungkinkan interaksi yang lebih alami dan responsif.

c. Efek Khusus:

Efek khusus seperti ledakan, benturan, atau sentuhan dapat dipertajam dengan penggunaan haptic device, meningkatkan tingkat realisme dan kepuasan dalam pengalaman bermain.

3. Pelatihan dan Pendidikan

Dalam konteks pendidikan dan pelatihan, haptic device memiliki potensi besar untuk meningkatkan pembelajaran praktis dan pengembangan keterampilan:

a. Simulasi Keterampilan:

Haptic device memungkinkan simulasi keterampilan teknis dalam berbagai industri, seperti penggunaan alat, manipulasi bahan, atau penanganan mesin, dengan umpan balik fisik yang realistis.

b. Pelatihan Keamanan dan Penggunaan Alat: Pengguna dapat dilatih untuk menggunakan peralatan atau mesin dengan respons yang mirip dengan situasi nyata, meningkatkan keamanan dan efisiensi dalam lingkungan keria.

c. Pendidikan Interaktif:

Dalam pendidikan, haptic device dapat digunakan untuk menyoroti konsep abstrak dengan simulasi yang kongkrit, memperkaya pengalaman belajar siswa dan meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi pelajaran.

Implementasi haptic device dalam aplikasi AR dan VR telah mengubah cara interaksi dan pengalaman pengguna di berbagai bidang, termasuk medis, game, dan pendidikan. Dengan menyediakan umpan balik fisik yang realistis, teknologi ini tidak hanya meningkatkan imersi dan keterlibatan, tetapi juga memperluas batasbatas apa yang dapat dicapai dalam simulasi dan pelatihan praktis.

5.4. Keunggulan dan Tantangan Teknologi Haptic dalam AR dan VR

1. Keunggulan Teknologi Haptic dalam AR dan VR

- a. Imersi yang Lebih Mendalam:Teknologi haptic memungkinkan pengguna
 - merasakan sensasi fisik dalam lingkungan virtual, seperti tekstur permukaan, bobot objek, atau tekanan, yang meningkatkan tingkat imersi secara keseluruhan.
- b. Interaksi yang Lebih Realistis:
 Dengan haptic feedback, pengguna dapat
 berinteraksi dengan objek virtual dengan

cara yang lebih mirip dengan interaksi dalam dunia nyata. Ini mencakup menggenggam, menekan, atau merasakan perubahan dalam lingkungan virtual.

c. Peningkatan Pengalaman Pengguna:

Penggunaan haptic device dapat meningkatkan pengalaman pengguna secara signifikan dalam aplikasi AR dan VR, membuatnya lebih menarik dan memuaskan secara sensorik.

d. Pendidikan dan Pelatihan yang Lebih Efektif:

Dalam konteks pendidikan dan pelatihan, haptic feedback memungkinkan simulasi yang lebih realistis dari prosedur medis, teknik perawatan, atau penggunaan alat tertentu, yang dapat meningkatkan pembelajaran dan keterampilan praktis.

e. Potensi untuk Aplikasi Medis:

Di bidang medis, teknologi haptic digunakan untuk melatih keterampilan bedah atau untuk terapi rehabilitasi, dengan memberikan umpan balik fisik yang diperlukan untuk memperbaiki keahlian klinis

2. Tantangan Teknologi Haptic dalam AR dan VR

a. Kompleksitas Integrasi:

Mengintegrasikan teknologi haptic dengan sistem AR dan VR dapat menjadi rumit dan memerlukan pengelolaan sinkronisasi yang tepat antara perangkat keras dan perangkat lunak.

b. Biaya Implementasi:

Perangkat keras haptic, seperti aktuator dan sensor yang mampu memberikan umpan balik yang realistis, sering kali mahal, membuatnya sulit diadopsi secara luas terutama dalam skala besar.

c. Tantangan Sensorik yang Rumit:

Memastikan respons haptic yang tepat dan realistis memerlukan sensorik yang canggih dan akurat untuk mendeteksi gerakan, tekanan, dan tekstur dengan akurasi tinggi.

d. Ergonomi dan Keterbatasan Fisik:

Desain perangkat haptic juga harus mempertimbangkan aspek ergonomi dan kenyamanan pengguna, serta keterbatasan fisik dalam mensimulasikan beberapa jenis interaksi fisik dengan akurat.

e. Standar dan Kompatibilitas:

Tidak adanya standar yang konsisten untuk teknologi haptic dalam AR dan VR dapat menghambat interoperabilitas antarplatform, serta mengarah pada tantangan dalam pengembangan aplikasi yang konsisten dan mudah diakses.

Teknologi haptic memiliki potensi besar untuk meningkatkan pengalaman pengguna dalam AR dan VR dengan menyediakan umpan balik sensorik yang realistis. Namun, tantangan integrasi teknis, biaya, dan kompleksitas sensorik masih perlu diatasi untuk mengoptimalkan penggunaannya dalam berbagai aplikasi.

BAB VI

VIEWER ANA OBJECT TRACKING

6.1. Definisi Tracking

Tracking adalah proses untuk melacak posisi, orientasi, atau properti lain dari objek atau pengguna dalam ruang fisik atau virtual. Tujuannya adalah untuk memantau dan memprediksi pergerakan atau lokasi suatu entitas dengan menggunakan berbagai metode sensorik dan teknik pengolahan data.

6.2. Jenis-Jenis Teknik Tracking

1. Optical Tracking:

Menggunakan kamera dan marker visual untuk melacak posisi dan gerakan objek berdasarkan gambar yang diterima.

2. Inertial Tracking:

Memanfaatkan sensor inersial seperti akselerometer dan gyroscope untuk mengukur percepatan dan orientasi objek.

3. Magnetic Tracking:

Beroperasi dengan memanfaatkan medan magnetik untuk melacak posisi dan orientasi objek.

4. GPS Tracking:

Menggunakan sistem GPS (Global Positioning System) untuk melacak lokasi objek di permukaan Bumi.

5. Acoustic Tracking:

Menggunakan gelombang suara untuk mengukur jarak dan arah objek dalam ruang.

6. Hybrid Tracking:

Kombinasi dari beberapa teknik di atas untuk meningkatkan akurasi dan keandalan pelacakan.

Setiap teknik tracking memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri tergantung pada aplikasi dan lingkungan penggunaannya. Pemilihan teknik yang tepat bergantung pada persyaratan spesifik dari sistem yang akan diimplementasikan.

6.3. Komponen-komponen Utama dalam Teknologi Tracking

1. Kamera dan Sensor Tracking

Kamera dan sensor tracking merupakan komponen utama dalam sistem tracking untuk mengumpulkan data visual atau sensorik yang diperlukan untuk melacak objek atau pengguna. Beberapa poin yang relevan termasuk :

- Kamera: Digunakan untuk mengambil gambar atau video dari objek atau lingkungan sekitarnya.
- Sensor Inersial: Seperti akselerometer, gyroscope, dan magnetometer, untuk mengukur percepatan, orientasi, dan medan magnetik.
- Sensor Optik: Termasuk sensor inframerah atau laser untuk mengukur jarak atau posisi.
- 2. Pengolahan Citra dan Pengenalan Pola Pengolahan citra dan pengenalan pola diperlukan untuk menganalisis data yang dikumpulkan oleh kamera atau sensor, dan untuk mengidentifikasi objek atau pola tertentu dalam gambar atau video. Ini melibatkan :
 - Ekstraksi Fitur: Mengidentifikasi fitur-fitur penting dalam citra atau video yang dapat digunakan untuk melacak objek.
 - Pengenalan Pola: Menerapkan algoritma untuk mengenali dan melacak pola atau objek berdasarkan fitur-fitur yang diekstraksi.
- 3. Teknik Kalibrasi dan Sistem Koordinat

Teknik kalibrasi dan sistem koordinat digunakan untuk memastikan bahwa data dari berbagai sensor dan kamera disinkronkan dan diatur dalam koordinat yang sama. Ini termasuk:

- Kalibrasi Kamera: Memastikan parameter intrinsik dan ekstrinsik dari kamera dikenali dengan baik untuk presisi pengukuran.
- Kalibrasi Sensor: Menguji dan mengkalibrasi sensor inersial atau optik untuk memastikan akurasi pengukuran orientasi dan posisi.
- Sistem Koordinat: Menetapkan koordinat global atau lokal untuk mengintegrasikan data dari berbagai sumber dalam ruang yang konsisten.

Komponen-komponen utama dalam teknologi tracking, seperti kamera dan sensor, pengolahan citra, dan kalibrasi sistem koordinat, bekerja sama untuk menghasilkan data yang akurat dan konsisten dalam melacak objek atau pengguna dalam berbagai aplikasi, mulai dari augmented reality hingga navigasi robotik.

6.4. Implementasi dalam Augmented Reality (AR)

- Penggunaan Teknologi Tracking untuk Interaksi dengan Objek Virtual
 - Penggunaan teknologi tracking dalam augmented reality (AR) memungkinkan pengguna untuk berinteraksi secara langsung dengan objek virtual yang ditempatkan atau ditampilkan di dalam lingkungan fisik mereka. Beberapa aplikasi utama dari teknologi ini termasuk:
 - a. Interaksi Langsung: Pengguna dapat menggunakan gerakan tangan atau alat input lainnya untuk berinteraksi dengan objek virtual yang ada di sekitar mereka.
 - b. Manipulasi Objek: Objek virtual dapat digeser, diputar, atau dimanipulasi sesuai keinginan pengguna, dengan respons yang langsung dari sistem AR berdasarkan data dari teknologi tracking.
 - c. Simulasi Produk atau Desain: Teknologi tracking memungkinkan pengguna untuk melihat dan merasakan produk atau desain dalam skala nyata, mengubah cara mereka berinteraksi dengan konten digital.

Penempatan Objek Virtual dalam Lingkungan Fisik

Teknologi tracking juga digunakan untuk menempatkan objek virtual dengan tepat dalam lingkungan fisik pengguna. Ini melibatkan:

- a. Deteksi Permukaan: Sistem AR menggunakan data dari kamera dan sensor untuk mengidentifikasi permukaan datar atau berstruktur di sekitar pengguna, di mana objek virtual dapat ditempatkan atau melekat.
- Stabilisasi Objek: Objek virtual tetap berada di lokasi yang ditentukan meskipun perubahan posisi atau sudut pandang pengguna.
- c. Integrasi dengan Lingkungan: Objek virtual dapat diintegrasikan secara mulus dengan elemen fisik di sekitarnya, menciptakan ilusi bahwa objek tersebut ada di dunia nyata.
- 3. Navigasi Visual dan Informasi Tambahan dalam AR

Teknologi tracking dalam AR juga digunakan untuk menyediakan navigasi visual dan informasi tambahan kepada pengguna, seperti:

- a. Arah dan Petunjuk: Sistem AR menggunakan teknologi tracking untuk menampilkan arah atau petunjuk visual di atas objek atau lokasi fisik, membantu pengguna untuk navigasi di sekitar lingkungan mereka.
- b. Informasi Tambahan: Pengguna dapat mengakses informasi tambahan tentang objek fisik atau lokasi tertentu dengan menyorot atau mengarahkan perangkat AR mereka menggunakan teknologi tracking.

6.5. Penerapan dalam Virtual Reality (VR)

- Penerapan Teknologi Tracking untuk Pengalaman VR yang Imersif Teknologi tracking dalam virtual reality (VR) digunakan untuk menciptakan pengalaman yang imersif dengan mengikuti gerakan pengguna
 - dalam ruang virtual. Beberapa aspek utama dari penerapan ini termasuk:
 - a. Pelepasan Gerakan: Sensor inersial dan optik melacak gerakan kepala, tangan, atau seluruh tubuh pengguna untuk mereplikasi gerakan tersebut dalam lingkungan virtual, menciptakan sensasi kehadiran yang kuat.

- b. Sensasi Realisme: Dengan menggunakan data dari teknologi tracking, VR dapat merespons gerakan pengguna dengan tepat waktu dan akurasi, meningkatkan realisme interaksi dalam lingkungan virtual.
- 2. Kontrol Gerakan dan Interaksi dengan Objek Virtual dalam VR

Teknologi tracking juga memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan berinteraksi dengan objek virtual dalam ruang VR. Ini mencakup:

- a. Manipulasi Objek: Pengguna dapat memanipulasi objek virtual dengan menggunakan kontroler atau gerakan tangan mereka, dengan respons yang segera dari lingkungan VR.
- b. Navigasi dan Explorasi: Pengguna dapat bergerak dan menjelajahi lingkungan virtual dengan bebas, dengan dukungan dari teknologi tracking untuk memastikan bahwa pergerakan mereka dipantau dan direplikasi dengan akurat.
- 3. Simulasi Lingkungan Virtual yang Responsif

Teknologi tracking memainkan peran krusial dalam menciptakan simulasi lingkungan virtual yang responsif, termasuk:

- a. Feedback Sensorik: Integrasi sensor inersial dan optik memungkinkan VR untuk merespons gerakan pengguna dengan umpan balik sensorik yang sesuai, seperti getaran atau respons haptic yang lain.
- Reaksi Terhadap Perubahan: Lingkungan virtual dapat merespons secara dinamis terhadap perubahan posisi atau orientasi pengguna, menciptakan pengalaman yang lebih realistis dan dinamis.

6.6. Integrasi dengan Perangkat Mobile dan Wearable

 Peran Teknologi Tracking dalam Perangkat Mobile untuk AR dan VR

Perangkat mobile semakin menjadi platform utama untuk pengalaman augmented reality (AR) dan virtual reality (VR), dengan teknologi tracking yang memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas dan responsivitas pengalaman ini. Beberapa aspek kunci dari integrasi ini meliputi:

- a. Sensor dan Kamera: Perangkat mobile dilengkapi dengan sensor dan kamera yang dapat digunakan untuk melacak lingkungan sekitar dan pergerakan pengguna.
- b. Aplikasi AR: Teknologi tracking memungkinkan perangkat mobile untuk menampilkan objek virtual di sekitar pengguna secara real-time, berinteraksi dengan dunia fisik mereka.
- c. Aplikasi VR: Dengan menggunakan tambahan headset VR, perangkat mobile dapat memanfaatkan sensor dan kamera untuk memungkinkan pengguna merasakan lingkungan virtual yang imersif, meskipun tidak sekuat perangkat VR yang berdiri sendiri.
- Penggunaan Perangkat Wearable dengan
 Teknologi Tracking untuk Pengalaman yang
 Ditingkatkan

Perangkat wearable, seperti headset AR atau VR, terintegrasi dengan teknologi tracking untuk menyediakan pengalaman yang lebih ditingkatkan dan imersif bagi pengguna. Beberapa poin penting dalam penerapan ini termasuk:

- a. Akurasi dan Respons: Teknologi tracking dalam perangkat wearable memastikan akurasi dan responsivitas yang tinggi terhadap gerakan pengguna, menciptakan pengalaman yang lebih alami dan terhubung.
- b. Kenyamanan Pengguna: Penggunaan sensor inersial dan optik dalam perangkat wearable memungkinkan pengguna untuk bergerak dengan bebas dan nyaman dalam lingkungan VR atau AR tanpa terbatas oleh kabel atau perangkat keras yang besar.
- c. Penerapan dalam Keseharian: Perangkat wearable dengan teknologi tracking juga digunakan dalam aplikasi sehari-hari, seperti pelatihan industri, navigasi, dan komunikasi, memanfaatkan potensi penuh dari pengalaman yang ditingkatkan.



BAR VII

POSES AND MOVEMENTS

7.1. Pendahuluan

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi komputer yang dapat menciptakan kondisi dunia virtual menyerupai kondisi dunia *Real/*nyata dengan penggunaan unsur Digital atau Hasil komputasi komputer grafis (2D ataupun 3D), namun Penggunanya tetap merasa berada di dunia *Real/*nyata. Sedangkan Virtual Reality (VR) diciptakan dengan tujuan untuk menjadikan dunia virtual sama persis dengan dunia *Real/nyata*, yang mampu membawa Penggunanya merasa seperti Pindah dari dunia *Real/*nyata ke dunia virtual.

Poses dan Movements dalam AR/VR memiliki peranan penting. Dalam AR/VR, Poses atau sistem pelacakan pose dilakukan dengan melakukan deteksi pose yang tepat saat alat tampilan di bagian tubuh/kepala/objek terpasang. Pelacakan Pose disebut sebagai pelacakan Enam Derajat Kebebasan atau 6DoF; yang merupakan 6 (enam) Arah Sumbu, sedangkan Movements merupakan teknologi yang dapat Augmented and Virtual Reality | 93

melakukan gerakan dari suatu tempat ke tempat lainnya dalam lingkungan virtual, termasuk didalamnya gerakan anggukan kepala, ayunan lengan dan gerakan lain-lainnya yang diubah menjadi gerakan pada permainan/Game. Gerakan virtual membuat pengendali dapat menavigasikan lingkungan sekitarnya.

7.2. Konsep Dasar Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR)

Augmented Reality adalah bidang ilmu komputer yang memiliki kombinasi antara kondisi dunia *Real* dengan Hasil komputasi komputer grafis 2D dan 3D. (Fang, W. 2017).

Augmented Reality merupakan Integrasi informasi dunia virtual ke dalam lingkungan dunia nyata, yang menggabungkan *Digital Content* komputer secara *Realtime* dengan dunia nyata. Augmented Reality ini saat ini sudah diimplementasikan ke dalam berbagai bidang, yakni pada bidang Pendidikan, Militer, Robotik, Kedokteran, Pertanian, Manufaktur, dll. Augmented Reality memiliki desain tiga dimensi yang lebih menarik, *Fun* dan Interaktif dibandingkan dengan alat peraga biasa. Augmented Reality juga dapat digunakan pada *Smartphone*. (Wahyuddin,R.,dkk. 2022)

Augmented Reality mempunyai fungsi antara lain: Menyatukan konten dunia virtual dengan dunia nyata secara interaktif, Real-time, serta menampilkan objek 3D (Tiga Dimensi). Terdapat 2 (dua) Teknik atau Sistem untuk menjalankan Augmented Reality ini, yakni Sistem Marker dan Sistem Markerless. Sistem Marker menggunakan Pola Tercetak, sedangkan sistem Markerless menggunakan pola Raw Image melalui Computer Vision untuk lingkungan dan karakteristik yang dapat dikenali. (Fitrianto, Y. 2020).

Virtual Reality merupakan Lingkungan yang tercipta dari hasil komputer berteknologi canggih yang memiliki Sensor Akselerometer dan Giroskop yang membuat anda dapat berinteraksi dan berkomunikasi seperti dalam dunia nyata. (Rahman.,dkk 2016).

Virtual Reality memiliki special equipment seperti Virtual Reality Headset 3D, Voice Recognition/Pengenalan suara, Data Glove, Controller stick, dll yang dapat membuat penggunanya seolah sedang berada di dalam lingkungan/dunia Real/nyata. Lingkungan yang berbentuk Audio Visual ini tampak sama seperti pada lingkungan dunia nyata dan memberi kesan berada dalam Real life bagi para penggunanya. (Firdaus, A.W.,dkk. 2023)

7.3. Perbedaan Augmented Reality (AR) dengan Virtual Reality (VR)

A. Augmented Reality (AR)

- Teknologi Augmented Reality (AR) menyatukan elemen dunia Real/nyata dengan dunia visual menggunakan unsur Digital atau Hasil komputasi komputer grafis.
- Augmented Reality menggunakan perangkat kacamata AR, Tablet dan Smartphone untuk dapat menyajikan hal-hal yang *Real* dalam dunia virtual, dengan tujuan untuk memberikan *User Experience* yang menarik.
- Perangkat Augmented Reality menyajikan objek digital serta berbagai informasi dalam dunia virtual yang sama dengan yang ada dalam dunia Real/nyata.
- Contoh penerapan Augmented Reality yakni pada Filter Wajah di Social Media dan pada permainan Game Pokemon Go.

B. Virtual Reality

Virtual Reality (VR) diciptakan dengan tujuan untuk menjadikan dunia virtual sama persis dengan dunia Real/nyata, yang mampu membawa Penggunanya merasa seperti Pindah dari dunia Real/nyata ke dunia virtual.

- ❖ Virtual Reality menggunakan Perangkat: Virtual Reality Headset 3D yang Connected ke komputer ataupun ke Game Console dan mampu mengisolasi Penggunanya dari Dunia *Real*/nyata.
- ❖ Pengguna yang masuk ke dalam lingkungan VR, dapat berinteraksi dengan objek virtual dan berkomunikasi dengan orang-orang virtual, serta merasakan sensasi berada dalam lingkungan yang terasa sangat Real/nyata.
- * Teknologi VR diterapkan pada Metaverse, Web3, Super Apps, dll.

7.4. Persamaan Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR)

- ❖ Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) keduanya menggunakan teknologi Sensorik untuk pelacakan Posisi dan Gerakan untuk interaksi dalam dunia virtual.
- ❖ Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) keduanya terus mengalami perkembangan

- dan telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang kehidupan manusia.
- Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) keduanya mempunyai Perangkat dan Caracara untuk pengguna dapat berinteraksi di dalam dunia virtual.
- Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) keduanya memiliki inovasi dalam bentuk aplikasi-aplikasi yang menarik. (Puti. 2023)



Gambar 7.1 Virtual Reality Headset 3D

Sumber: Ubuy.co.id (2024)

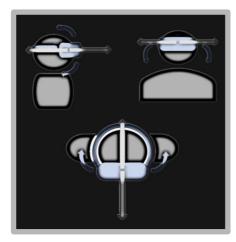
Saat ini terdapat banyak *interface* yang didesain untuk mengontrol pergerakan/*movements* dan interaksi seseorang pada saat mereka berada di dalam dunia virtual. Interface dan sistem pelacakan posisi akan saling berhubungan untuk dapat menjaga kelancaran

dan kenyamanan User Experience (UX). (Aukstakalnis, S. 2017)

7.5. Poses and Movements dalam Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR)

Dalam AR dan VR, sistem pelacakan pose dilakukan dengan melakukan deteksi pose yang tepat saat alat tampilan di bagian tubuh/kepala/objek terpasang. Pelacakan Pose disebut sebagai pelacakan Enam Derajat Kebebasan atau disebut juga: 6DoF.

DoF (Degrees of Freedom) merupakan singkatan dari Derajat Kebebasan; merupakan istilah Gerak suatu sumbu ataupun sepanjang sumbu. Dapat kita lihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 7.2 Enam Derajat Kebebasan (6DoF)

Sumber: Mechatech (2024)

Seluruh benda yang bergerak pada ruang 3D (tiga dimensi) bergerak dalam 6 (enam) arah; yang berarti 3 (tiga) Sumbu Arah dan 3 (tiga) Sumbu Putar. Masingmasing Sumbu itu disebut DoF. Jika kita berada di dalam dunia 3D, kita berinteraksi di 6 DoF.

Pada teknologi Seluler yang menggunakan Augmented Reality dan Virtual Reality, pelacakan 6DoF nya dilakukan secara Real-time pada saat registrasi antara adegan virtual dan dunia nyata.

Pelacakan Pose sering disebut sama dengan Pelacakan Posisi, padahal keduanya berbeda, pelacakan Pose memiliki Orientasi, sedangkan pada pelacakan Posisi tidak memiliki orientasi. Pelacakan Pose pada Virtual Reality haruslah tepat dan akurat, hal ini bertujuan supaya tidak merusak ilusi objek/makhluk yang ada di dalam dunia virtual. Metode pelacakan Orientasi Sudut (*Pitch, Yaw, Roll*) serta pelacakan Posisi sudah berkembang saat ini dari tampilan dan objeknya. Terdapat juga beberapa metode pelacakan yang memakai sensor untuk *Record* sinyal pada objek yang sedang dilacak dan yang terhubung komputer. Adapun metode pelacakan yang terkenal yakni pelacakan *Lighthouse*. (Aukstakalnis, S. 2017)

Selain metode pelacakan *Lighthouse*, terdapat jenis pelacakan Pose SLAM (*Simultaneous Localization And*

Mapping) dan pelacakan VIO (Visual Inertial Odometry). Kelebihan SLAM yakni pada kemampuannya melacak keseluruhan dari Enam Derajat Kebebasan atau 6DoF, vang dalam hal ini melacak lokasi spasial seseorang (X, Y, Z) dan orientasi sudutnya (Pitch, Yaw, Roll). Didalam SLAM terdapat instrumen serta algoritma pemecahan lokasi dan orientasi Agen/Robot/Kendaraan Otonom di ruang 3D, Pembaharuan Peta 'Mentally' dalam lingkungan sekitarnya yang *Unknown*, atau disebut Pelacakan Pose 'dari Dalam ke Luar' lingkungan untuk Agen/Robot/Kendaraan penentuan pergerakan Otonom tersebut. (Grunnet-Jepsen, A.,dkk dalam Intel RealSense. 2024).

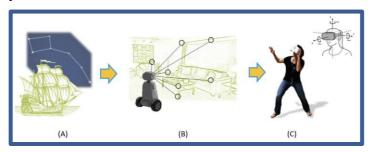
Contoh Perangkat yang menerapkan Pelacakan Pose 'dari Dalam ke Luar' yakni Oculus Quest 2.



Gambar 7.3 Oculus Quest 2

Sumber: Asurion.com (2024)

VIO (Visual Inertial Odometry) merupakan teknologi elektronik yang mengadopsi cara hewan menggunakan mata/penglihatannya pada lingkungan sekitarnya. Teknologi ini memakai sensor CMOS sebagai Mata dan sensor IMU sebagai Telinga dan Otak. VIO juga digunakan dalam Headset AR/VR. Sistem VIO berdaya lebih rendah, lebih murah, lebih kecil serta memiliki potensi Re-Lokalisasi yang sangat baik untuk pengenalan dan pemusatan kembali lokasinya dalam peta besar berdasarkan fitur visual.



Gambar 7.4 Pelaut yang terampil biasanya bernavigasi menurut Rasi Bintang (A). VIO (*Visual Inertial Odometry*) melakukan pelacakan 6DOF penuh, berkecepatan tinggi, kuat, akurat, yang dapat digunakan untuk Robot (B) dan Penerapannya pada Headset AR/VR (C).

Sumber: Grunnet-Jepsen, A.,dkk dalam Intel RealSense (2024).

Cara terbaik untuk memahami VIO (*Visual Inertial Odometry*) yakni dengan mempelajari bagian "Visual" terlebih dahulu. Konsep inti pengoperasiannya berasal dari masa sebelum kompas dan pra-GPS, ketika manusia melakukan navigasi berdasarkan Rasi Bintang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.4 diatas. Dengan mengenali Rasi Bintang tertentu, Pelaut atau orang-orang dapat menemukan Utara (yaitu Arah) serta menghitung garis lintang dan bujur mereka sendiri (yaitu Lokasi), yang biasanya mereka menggunakan tabel pencarian.

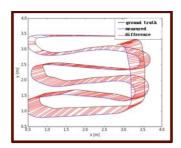
Prinsip VIO (*Visual Inertial Odometry*) dalam Agen/Robot/Kendaraan Otonom yakni Cara robot menggunakan kamera (visual = berbasis kamera) untuk mengenali di mana mereka berada, bagaimana mereka berada dan bergerak dalam adegan 3D. Terdapat 3 (tiga) poin Odometri, antara lain:

- Odometri Visual/Visual Odometry, yakni Ide/gagasan memperkirakan pose anda berdasarkan apa yang anda Lihat.
- Odometri Inersia/Visual Inertial, yakni Ide/gagasan memperkirakan pose anda berdasarkan cara anda Bergerak.
- Odometri Inersia Visual/Visual Inertial Odometry/VIO, yakni Perpaduan kedua hal

diatas; Ide/gagasan memperkirakan pose anda berdasarkan apa yang anda lihat dan cara anda bergerak.

7.6. Metrik Kinerja Pelacak 6 DoF

Untuk mengukur kinerja pelacak 6DoF, indikator kinerja utama/Key Performance Indicators (KPI) yang paling banyak digunakan adalah Drift dan Kesalahan Lantai. Penyimpangan adalah akumulasi kesalahan di lingkungan 'tidak diketahui' ketika pelokalan ulang tidak diaktifkan. Ini dihitung sebagai persentase kesalahan per panjang jalur yang telah dilalui. Kesalahan Posisi Lantai adalah kesalahan akar kuadrat dari rata-rata posisi laporan lantai dibandingkan dengan posisi sebenarnya di lingkungan yang diketahui, ketika pelokalan ulang aktif dan itu diukur dalam cm.



Gambar 7.5 Contoh kesalahan lintasan gerak SLAM Sumber: Grunnet-Jepsen, A.,dkk dalam Intel RealSense (2024).

Contoh kesalahan lintasan gerak SLAM diatas, menunjukkan kebenaran dasar dan perkiraan lokasi (di sini dalam 2D). KPI seperti kesalahan posisi lantai dan penyimpangan dapat diukur dari jenis *recordings* ini.

Salah satu properti yang sangat penting dari sistem SLAM yang baik yakni kemampuannya untuk melakukan pelokalan ulang ke peta yang diketahui atau telah dibuat sebelumnya. Hal ini terkadang disebut sebagai penyelesaian masalah "Robot yang diculik". Pada dasarnya, ketika Robot pertama kali dihidupkan, atau jika ia kehilangan daya, atau jika pandangannya terhalang dalam jangka waktu yang lama saat bergerak, sensor mungkin akan kehilangan jejak keberadaannya.

Jika memiliki peta internal, kesalahan relokalisasi menggambarkan kemampuan sistem untuk mengenali lingkungan sebelumnya dan memposisikan dirinya pada peta tersebut. Hal ini sangat penting untuk melacak pergerakan dalam skala besar atau melalui beberapa ruangan. Sistem yang baik melakukan relokasi dengan akurasi absolut sentimeter dan memiliki opsi untuk melakukan relokasi secara sering dan pada irama yang telah ditentukan sebelumnya. Aspek lain yang sangat penting dalam pembuatan peta fitur adalah apakah peta dapat dibagikan ke beberapa Agen/Robot/Kendaraan Otonom. Misalnya, Robot

ataupun Kendaraan otonom mana pun dapat memanfaatkan fakta bahwa robot lain telah memetakan area tersebut. Agar hal ini dapat terwujud, setiap Robot tidak hanya harus dapat menangkap, namun juga mengekspor dan membagikan petanya dan yang lebih penting, fitur yang terdeteksi harus terlihat sama pada setiap Robot. (Grunnet-Jepsen, A.,dkk dalam Intel RealSense. 2024).

7.7. Estimasi Pose

Augmented reality memungkinkan penyisipan objek virtual ke dalam urutan gambar. Untuk mencapai tujuan ini, elemen sintetik harus di render dan disejajarkan dalam *Scene*/pemandangan dengan cara yang akurat dan dapat diterima secara visual. Solusi dari masalah ini dapat dikaitkan dengan Estimasi Pose atau setara dengan proses lokalisasi kamera. (Marchand, E. 2015)



Gambar 7.6 Estimasi Pose untuk Manusia Digital

Sumber: Synthesis.AI. (2024)

Estimasi Pose untuk manusia digital dalam dunia virtual menggunakan kontrol terprogram dari penanda tubuh, agar model dan gerakan manusia digitalnya tampak seperti *Real*/nyata atau terlihat Realistis. Contoh Estimasi Pose manusia digital, antara lain:

- ❖ Facial Movement/Gerakan Wajah
- Arm and Hand Movements/Gerakan Lengan dan Tangan
- Foot movements/Gerakan Kaki
- ❖ Body Type/Tipe Tubuh
- Clothing Characteristics/Karakteristik Pakaian.

Gerakan manusia digital merupakan hal yang penting dan perlu untuk diperhatikan pada aplikasiaplikasi Augmented Reality dan Virtual Reality. Gerakan ini sesuai dengan fungsionalitasnya dan diciptakan sesuai dengan gerakan aslinya di dunia nyata. Adapun variabel-variabel gerakan manusia digital dapat diciptakan dengan memperhatikan hal-hal berikut:

- ❖ *Body type*/Tipe tubuh
- ❖ Background/Latar belakang
- Environment/Lingkungan
- Camera angles/Sudut kamera, dll.

7.8. Movements dalam Virtual Reality

Movements dalam Virtual Reality merupakan teknologi yang dapat melakukan gerakan dari suatu tempat ke tempat lainnya dalam lingkungan virtual, termasuk didalamnya gerakan anggukan kepala, ayunan lengan dan gerakan lain-lainnya yang diubah menjadi gerakan pada permainan/Game.

Gerakan virtual membuat pengendali dapat menavigasikan lingkungan sekitarnya. Namun demikian, gerakan virtual dapat mengakibatkan Mabuk VR / VR disease/ Cybersickness, hal ini terjadi karena adanya perbedaan deteksi pengguna melalui penglihatannya, dengan deteksi sistem virtual terkait gerakan pada telinga bagian dalam pengguna.

Metode penggerak VR juga terjadi dalam hal Teleportasi, dimana pengguna dapat menunjuk ke tempat tujuan yang akan dikunjungi, dengan meng-klik tombol teleportasi, untuk langsung pindah ke tempat tujuan tersebut secara otomatis.

Gerakan melakukan aktivitas *Treadmill*; jalan kaki dan lari ke berbagai arah, dapat dilakukan oleh pengguna secara bebas dan alami pada area virtual yang ada sesuai arah perjalanannya, gerakan ini dapat dilakukan tanpa hambatan.

Gerakan yang dilakukan tanpa gangguan dan dapat dilakukan secara alami, merupakan elemen penting dalam *VR immersive* yang bertujuan untuk memudahkan pengguna beradaptasi dan terlibat sepenuhnya di dalam lingkungan virtual.

VR immersive yakni Virtual Reality yang dapat memberikan pengalaman 360 derajat kepada pengguna ke dalam lingkungan digital 3D. Dalam hal ini pengguna menggunakan Headset, kemudian berinteraksi dan dapat mengeksplor berbagai lingkungan di dunia virtual yang mirip dengan realitanya, inilah kemudian vang menjadi kunci dari VR*Immerse*, vakni Menciptakan 'Sense of Realism' kepada Pengguna. Sense of Realism pada VR Immersive ini menggunakan teknologi grafis 3D berkualitas tinggi dan Teknik pelacakan gerak yang Advanced Level. Pengguna dapat melakukan eksplorasi pada objek yang ada dalam lingkungan virtual secara alami, mirip dengan lingkungan *Real* dalam dunia nyata dan pengguna dapat merasakan kehadirannya serta interaksinya sangat realistis di dalam lingkungan virtual tersebut, dan karenanya, hal ini dapat bermanfaat untuk diterapkan di berbagai sektor/bidang, seperti untuk sektor/bidang Pendidikan, Penerbangan, Hiburan, Kedokteran, dll.

VR*Immersive* merupakan gabungan dari Hardware, Software dan teknologi grafis 3D. Headset VR yang dipakai di kepala pengguna dan menutupi mata, mampu membuat penggunanya 'tenggelam' dalam dunia virtual. Selain Headset ini, terdapat perangkat lainnya yang dapat mengontrol pelacakan/pengontrol gerakan yang mendukung interaksi pengguna dalam dunia virtual melalui gerakan. Dilakukan pelacakan/pengontrolan Posisi serta Orientasi anggota tubuh saat berada di dunia virtual, agar menyerupai nyata. Kunci *VR Immersive* vakni pada dunia Softwarenya, yang pada penerapannya akan membuat Pengguna merasa 'kesulitan' membedakan dunia virtual dengan dunia nyata. (Wigmore, I. 2018)

BAB VIII ACCELEROMETER

8.1. Definisi Accelerometer

Accelerometer adalah sensor yang mengukur percepatan, yaitu perubahan kecepatan suatu objek dalam satuan waktu. Percepatan yang diukur bisa berupa percepatan linier dalam berbagai arah (x, y, z) dan percepatan akibat gravitasi.

8.2. Prinsip Kerja Accelerometer

Prinsip Kerja Accelerometer bekerja berdasarkan prinsip dasar dari hukum Newton kedua, yang menyatakan bahwa percepatan suatu objek berbanding lurus dengan gaya yang bekerja padanya dan berbanding terbalik dengan massanya (F = m × a). Sensor ini menggunakan massa yang digantung di dalam struktur mikroskopis yang dapat bergerak ketika terjadi perubahan percepatan. Pergerakan massa ini diukur menggunakan kapasitansi, piezoelektrik, atau metode lainnya, dan diterjemahkan menjadi sinyal listrik yang menunjukkan percepatan.

Komponen utama dalam accelerometer meliputi:

- a. Massa Sensitif (Proof Mass): Massa kecil yang bergerak dalam merespons percepatan.
- Suspensi (Suspension): Struktur yang menahan massa sensitif dan mengembalikannya ke posisi semula setelah bergerak.
- c. Pengukur (Measurement Mechanism): Sistem yang mendeteksi pergerakan massa dan mengubahnya menjadi sinyal listrik, biasanya melalui perubahan kapasitansi atau tegangan piezoelektrik.

8.3. Jenis-Jenis Accelerometer yang Digunakan dalam AR dan VR

1. Accelerometer Kapasitif:

Prinsip Kerja: Mengukur perubahan kapasitansi antara massa sensitif dan elektroda tetap saat terjadi percepatan.

Kelebihan: Konsumsi daya rendah, sensitivitas tinggi, dan stabilitas jangka panjang.

Aplikasi: Banyak digunakan dalam perangkat mobile dan wearable karena ukurannya yang kecil dan konsumsi daya yang rendah.

2. Accelerometer Piezoelektrik:

Prinsip Kerja: Menggunakan material piezoelektrik yang menghasilkan tegangan saat

mengalami perubahan tekanan akibat percepatan.

Kelebihan: Respons cepat dan kemampuan menangani rentang percepatan yang luas.

Aplikasi: Sering digunakan dalam aplikasi industri yang memerlukan pengukuran percepatan yang sangat cepat dan akurat.

3. Accelerometer Termal:

Prinsip Kerja: Mengukur pergerakan massa panas dalam gas yang terperangkap di dalam sensor akibat percepatan.

Kelebihan: Tahan terhadap medan magnetik dan dapat bekerja dalam kondisi ekstrem.

Aplikasi: Digunakan dalam aplikasi khusus yang memerlukan ketahanan terhadap lingkungan yang keras.

4. Accelerometer MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems):

Prinsip Kerja: Kombinasi mekanik dan elektronik dalam skala mikroskopis, biasanya menggunakan perubahan kapasitansi.

Kelebihan: Ukuran sangat kecil, biaya rendah, dan dapat diproduksi dalam jumlah besar. Aplikasi: Digunakan secara luas dalam perangkat konsumen seperti smartphone, headset VR/AR, dan perangkat wearable.

Accelerometer merupakan komponen vital dalam teknologi AR dan VR, memungkinkan perangkat untuk mendeteksi gerakan dan orientasi pengguna dengan akurasi tinggi. Dengan berbagai jenis accelerometer yang tersedia, teknologi ini dapat disesuaikan dengan berbagai aplikasi dan kebutuhan, mulai dari perangkat mobile hingga aplikasi industri yang memerlukan presisi tinggi.

8.4. Penggunaan Accelerometer dalam Augmented Reality (AR)

 Deteksi Gerakan dan Orientasi untuk Interaksi Objek Virtual

Accelerometer berperan penting dalam aplikasi Augmented Reality (AR) dengan mendeteksi gerakan dan orientasi perangkat yang digunakan oleh pengguna. Beberapa poin utama dalam penggunaannya adalah:

 a. Deteksi Gerakan Linier: Accelerometer mendeteksi percepatan linier dalam sumbu x, y, dan z, memungkinkan aplikasi AR untuk

- memahami pergerakan perangkat. Misalnya, saat pengguna menggerakkan perangkat ke depan, ke belakang, atau ke samping, accelerometer mencatat perubahan ini dan mengirimkan data ke sistem AR.
- b. Deteksi Orientasi: Accelerometer bekerja bersama dengan gyroscope dan magnetometer untuk menentukan orientasi perangkat. Ini penting untuk menstabilkan tampilan objek virtual dan memastikan bahwa objek tetap berada di tempat yang tepat relatif terhadap lingkungan fisik saat pengguna mengubah sudut pandang mereka.
- Obiek Virtual: C. Interaksi Dengan data gerakan dan orientasi yang akurat. pengguna dapat berinteraksi dengan objek virtual dengan cara vang lebih alami. Misalnya, menggerakkan perangkat untuk melihat objek dari berbagai sudut, atau tangan menggunakan gerakan untuk mengontrol dan memanipulasi objek virtual di layar.
- Integrasi Accelerometer dengan Teknologi
 Tracking untuk Presisi Gerakan

Integrasi accelerometer dengan teknologi tracking lainnya meningkatkan presisi dan akurasi dalam aplikasi AR:

- a. Penggabungan Sensor (Sensor Fusion): Accelerometer digabungkan dengan sensor lain seperti gyroscope dan kamera untuk menyediakan data gerakan yang lebih lengkap dan akurat. Sensor fusion ini memungkinkan AR sistem untuk mengkompensasi keterbatasan masing-masing sensor dan stabilitas meningkatkan serta presisi pelacakan.
- b. Stabilitas Visual: Dengan menggabungkan data dari accelerometer dan kamera, sistem AR dapat mengurangi goyangan dan getaran, memastikan objek virtual tetap stabil bahkan ketika perangkat dipegang dengan tangan yang tidak stabil.
- c. Augmented Reality SDKs: Banyak SDK AR seperti ARKit (Apple) dan ARCore (Google) menggunakan data dari accelerometer untuk membantu pelacakan gerakan dan orientasi. SDK ini menggunakan algoritma canggih untuk memproses data sensor secara real-time,

- menyediakan pengalaman AR yang mulus dan responsif.
- d. Koreksi Drift: Accelerometer membantu mengoreksi drift yang terjadi pada sensor lain, seperti gyroscope, memastikan bahwa orientasi dan posisi objek virtual tetap akurat seiring waktu.

8.5. Penerapan Accelerometer dalam Virtual Reality (VR)

- Kontrol Gerakan dan Navigasi dalam Lingkungan Virtual
 - Accelerometer memainkan peran penting dalam Virtual Reality (VR) dengan memberikan kemampuan untuk mendeteksi dan merespons gerakan pengguna secara real-time. Berikut adalah cara-cara utama di mana accelerometer digunakan dalam kontrol gerakan dan navigasi dalam lingkungan virtual:
 - a. Deteksi Gerakan Kepala: Accelerometer, bersama dengan gyroscope, digunakan untuk melacak pergerakan kepala pengguna.
 Data ini memungkinkan sistem VR untuk menyesuaikan tampilan visual sesuai dengan arah dan kecepatan gerakan kepala,

- memberikan pengalaman yang lebih imersif dan responsif.
- b. Navigasi dalam Ruang Virtual: Pengguna dapat bergerak dalam ruang virtual dengan menggunakan gerakan alami. Accelerometer mendeteksi perubahan posisi dan percepatan, memungkinkan pengguna untuk berjalan, berlari, atau melompat dalam VR. Data lingkungan gerakan diterjemahkan ke dalam pergerakan dalam dunia virtual, menciptakan pengalaman yang lebih realistis.
- c. Kontrol dengan Gerakan Tubuh: Selain kepala, accelerometer juga dapat digunakan untuk melacak gerakan tubuh lainnya, seperti tangan dan kaki. Ini memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek virtual, mengambil, melempar, atau memanipulasi objek dalam dunia virtual dengan gerakan alami mereka.
- Responsivitas Gerakan Tubuh dan Kepala dengan Accelerometer
 Responsivitas adalah kunci dalam menciptakan pengalaman VR yang realistis dan menyenangkan. Accelerometer membantu

mencapai responsivitas tinggi dalam beberapa cara:

- a. Latensi Rendah: Accelerometer menyediakan data gerakan secara real-time dengan latensi yang sangat rendah. Ini memastikan bahwa gerakan pengguna diterjemahkan ke dalam dunia virtual hampir seketika, mengurangi jeda waktu antara aksi dan reaksi yang dapat mengganggu pengalaman imersif.
- Drift. b. Kompensasi Getaran dan Accelerometer dapat membantu mengkompensasi getaran tangan atau kepala pengguna, memberikan tampilan yang lebih stabil. Ini sangat penting untuk mengurangi ketidaknyamanan atau mabuk VR (VR motion sickness) yang bisa terjadi akibat gambar yang tidak stabil.
- c. Kalibrasi Otomatis: Sistem VR menggunakan data dari accelerometer untuk kalibrasi otomatis posisi dan orientasi perangkat, memastikan bahwa pengguna selalu berada dalam posisi yang tepat dalam ruang virtual, bahkan setelah mengangkat atau menggeser perangkat.

d. Integrasi dengan Sistem Pelacakan Lain:
Accelerometer sering digunakan dalam kombinasi dengan sistem pelacakan optik atau inersia lainnya untuk meningkatkan akurasi dan presisi pelacakan.
Penggabungan data dari berbagai sensor (sensor fusion) memungkinkan VR untuk memberikan pengalaman yang lebih halus dan responsif.

8.6. Peran Accelerometer dalam Perangkat Mobile untuk Aplikasi AR dan VR

Accelerometer adalah salah satu sensor penting dalam perangkat mobile yang memungkinkan berbagai fungsi dalam aplikasi AR dan VR. Berikut adalah beberapa peran utama accelerometer dalam perangkat mobile untuk aplikasi AR dan VR:

a. Deteksi Gerakan: Accelerometer mendeteksi perubahan percepatan dan arah gerakan perangkat mobile. Ini sangat penting untuk AR dan VR karena memungkinkan aplikasi untuk merespons gerakan pengguna. Misalnya, ketika pengguna menggerakkan perangkat ke arah tertentu, aplikasi AR dapat menyesuaikan

- tampilan objek virtual sesuai dengan gerakan tersebut.
- b. Stabilisasi Gambar: Dalam aplikasi AR. stabilisasi gambar sangat penting untuk memastikan bahwa objek virtual tetap stabil dan terintegrasi dengan baik dengan lingkungan fisik. Accelerometer membantu dalam mendeteksi gerakan tangan tidak vang disengaja dan menstabilkan tampilan objek virtual, memberikan pengalaman yang lebih halus dan menyenangkan.
- c. Interaksi Real-Time: Accelerometer memungkinkan interaksi real-time dengan Misalnya, virtual. dalam objek aplikasi permainan AR, pengguna dapat menggerakkan perangkat mereka untuk mengontrol karakter objek dalam permainan, membuat atau pengalaman lebih interaktif dan dinamis.
- d. Navigasi dan Pemetaan: Accelerometer bekerja bersama dengan gyroscope dan GPS untuk menyediakan data yang diperlukan untuk navigasi dan pemetaan dalam aplikasi AR. Ini memungkinkan pengguna untuk menavigasi melalui lingkungan fisik dengan bantuan

panduan virtual yang ditampilkan di layar perangkat mobile.

8.7. Penggunaan Accelerometer dalam Headset dan Perangkat Wearable untuk Pengalaman VR yang Imersif

Accelerometer juga memainkan peran penting dalam headset VR dan perangkat wearable, yang dirancang untuk memberikan pengalaman VR yang lebih imersif. Berikut adalah beberapa penggunaan utama accelerometer dalam konteks ini:

- a. Pelacakan Gerakan Kepala: Dalam headset VR, accelerometer bekerja bersama dengan gyroscope untuk melacak gerakan kepala pengguna. Ini memungkinkan tampilan VR untuk berubah sesuai dengan arah dan kecepatan gerakan kepala, memberikan sensasi berada dalam dunia virtual yang lebih nyata.
- b. Pengalaman Bebas Kabel: Banyak headset VR modern menggunakan accelerometer dan sensor inersia lainnya untuk memberikan pelacakan gerakan yang akurat tanpa perlu terhubung ke komputer melalui kabel. Ini memberikan kebebasan bergerak yang lebih

- pengguna, meningkatkan besar bagi kenyamanan dan imersi.
- c. Interaksi Tubuh Penuh: Beberapa perangkat wearable, seperti pengontrol tangan sarung tangan haptic, menggunakan accelerometer untuk melacak gerakan tangan dan iari. Data ini digunakan untuk memungkinkan interaksi tubuh penuh dengan virtual. objek seperti memegang, menggerakkan, atau memanipulasi objek dalam lingkungan VR.
- d. Umpan Balik Fisik: Dalam beberapa perangkat wearable, accelerometer juga digunakan untuk memberikan balik umpan fisik kepada pengguna. Misalnya, jika pengguna mengalami benturan atau getaran dalam dunia virtual, menghasilkan perangkat wearable dapat getaran atau respons fisik yang sesuai. meningkatkan realisme dan imersi.



BABIX

FIDUCIAL MARKER

9.1. Pengertian Fiducial Marker

Fiducial Marker adalah tanda atau pola visual yang digunakan untuk memberikan referensi posisi dan orientasi dalam berbagai sistem deteksi dan pelacakan. Marker ini sering digunakan dalam aplikasi augmented reality (AR) dan virtual reality (VR) untuk membantu sistem komputer mengenali dan melacak posisi tertentu di ruang fisik atau virtual.

Fiducial markers biasanya berupa gambar geometris sederhana atau kode dua dimensi yang dapat dikenali dengan mudah oleh algoritma pemrosesan gambar. Beberapa jenis fiducial markers yang umum digunakan termasuk ARTag, AprilTag, QR codes, dan marker berbasis pola tertentu.

9.2. Prinsip Kerja Fiducial Marker

Prinsip kerja fiducial marker melibatkan beberapa langkah utama, dari deteksi hingga pemrosesan data untuk penggunaan dalam aplikasi AR atau VR. Berikut adalah tentang prinsip kerjanya:

1. Deteksi Marker

Sistem menggunakan kamera atau sensor visual untuk menangkap gambar lingkungan sekitar.

Algoritma pemrosesan gambar mencari pola visual yang sesuai dengan karakteristik fiducial marker.

2. Identifikasi

Setelah marker terdeteksi, sistem mengenali pola unik atau kode pada marker untuk mengidentifikasi marker tersebut.

Beberapa marker memiliki ID atau pola khusus yang memungkinkan sistem untuk membedakan satu marker dari yang lain.

3. Pencocokan dan Decoding

Algoritma mencocokkan marker yang terdeteksi dengan basis data yang ada untuk mengonfirmasi identitas marker.

Jika marker menggunakan kode (seperti QR code), data tersebut di-decode untuk mendapatkan informasi tambahan yang mungkin disimpan di dalamnya.

4. Estimasi Pose

Sistem menghitung posisi dan orientasi marker dalam ruang 3D berdasarkan gambar yang tertangkap.

Teknik kalibrasi kamera digunakan untuk memperbaiki distorsi dan memberikan hasil yang lebih akurat.

Pose (posisi dan orientasi) marker dihitung dengan mengukur sudut dan jarak relatif dari kamera ke marker.

5. Penempatan dan Interaksi Objek Virtual

Berdasarkan estimasi pose, objek virtual dapat ditempatkan dengan tepat di lingkungan fisik, mengikuti gerakan dan orientasi marker.

Sistem AR atau VR menggunakan data ini untuk memastikan bahwa objek virtual tetap di tempat yang benar relatif terhadap marker, bahkan saat pengguna bergerak atau mengubah sudut pandang mereka.

9.3. Jenis-Jenis Fiducial Marker

Fiducial markers hadir dalam berbagai jenis, masing-masing dengan karakteristik dan aplikasi unik. Berikut adalah beberapa jenis fiducial marker yang umum digunakan:

1. Marker Berbasis Pola

Marker berbasis pola adalah gambar geometris sederhana atau pola tertentu yang mudah dikenali oleh algoritma pengolahan gambar. Pola-pola ini biasanya terdiri dari bentukbentuk hitam dan putih yang mencolok, seperti kotak, lingkaran, atau bentuk geometris lainnya.

2. Marker Berbasis Warna

Marker berbasis warna menggunakan kombinasi warna yang unik untuk memudahkan deteksi dan identifikasi. Warna-warna ini biasanya dipilih untuk memiliki kontras tinggi dengan latar belakang dan mudah dikenali oleh kamera.

3. Marker Berbasis QR Code

QR code adalah kode matriks dua dimensi yang dapat menyimpan informasi dalam bentuk data numerik, alfanumerik, atau byte. QR code digunakan sebagai fiducial marker karena dapat menyimpan informasi yang dapat dibaca oleh perangkat mobile dan kamera.

4. Marker Berbasis AprilTag

AprilTag adalah jenis fiducial marker yang dirancang untuk deteksi dan pelacakan dengan akurasi tinggi. AprilTag memiliki pola unik yang memungkinkan identifikasi yang andal dan estimasi pose yang akurat.

9.4. Teknologi dan Algoritma untuk Deteksi Fiducial Marker

Deteksi fiducial marker memanfaatkan berbagai teknologi dan algoritma yang memastikan pengenalan, pelacakan, dan penentuan posisi marker secara akurat. Berikut adalah tentang teknologi dan algoritma utama yang digunakan:

1. Algoritma Pengenalan Pola

Algoritma pengenalan pola bertujuan untuk mendeteksi dan mengenali pola tertentu dalam gambar. Pola yang digunakan sering kali berupa bentuk geometris atau kode khusus yang mudah dikenali oleh sistem komputer.

Algoritma yang Digunakan:

- a. Haar Cascade Classifier: Menggunakan fitur Haar-like untuk mendeteksi objek berdasarkan kontras antara area terang dan gelap dalam gambar. Algoritma ini sering digunakan dalam pengenalan wajah dan obiek.
- b. Template Matching: Membandingkan bagian dari gambar dengan template yang telah ditentukan untuk menemukan kecocokan. Teknik ini cocok untuk mendeteksi pola yang telah diketahui sebelumnya.

c. Convolutional Neural Networks (CNNs): Jaringan saraf tiruan yang sangat efektif untuk pengenalan pola dan objek dalam gambar. CNN dapat dilatih dengan dataset gambar untuk mengenali pola yang kompleks.

Proses:

- Preprocessing: Mengubah gambar menjadi format yang sesuai, seperti skala abu-abu atau biner.
- Detection: Algoritma mencari pola yang sesuai dalam gambar.
- Recognition: Setelah pola ditemukan, algoritma mengidentifikasi pola tersebut berdasarkan basis data yang ada.

2. Teknik Kalibrasi Kamera

Kalibrasi kamera adalah proses mengoreksi distorsi lensa dan menentukan parameter intrinsik dan ekstrinsik kamera. Teknik ini penting untuk memastikan posisi dan orientasi fiducial marker dapat dihitung dengan akurat.

Teknik yang Digunakan:

a. Calibration with Checkerboard Patterns:
 Menggunakan pola papan catur untuk
 kalibrasi karena geometri yang jelas dan

- mudah dikenali. Gambar dari berbagai sudut diambil untuk menghitung parameter kalibrasi.
- b. Single Camera Calibration: Menggunakan satu kamera untuk mengambil gambar dari marker yang dikenal dari berbagai sudut dan jarak untuk mengukur distorsi lensa dan parameter lainnya.
- c. Stereo Camera Calibration: Jika menggunakan dua kamera (stereo vision), teknik ini mengkalibrasi kedua kamera bersama-sama untuk menentukan orientasi relatif dan parameter intrinsik serta ekstrinsik dari kedua kamera.

Proses:

- Capture Images: Mengambil gambar pola kalibrasi (seperti papan catur) dari berbagai sudut.
- Detect Points: Mengidentifikasi titik sudut atau fitur dalam pola kalibrasi dalam setiap gambar.
- Compute Parameters: Menghitung parameter kamera menggunakan algoritma seperti metode Zhang.

3. Algoritma Pencocokan Fitur

Algoritma pencocokan fitur digunakan untuk menemukan kesamaan antara dua set data visual. Algoritma ini mencari fitur unik dalam gambar dan mencocokkannya dengan fitur serupa dalam basis data atau gambar lain.

Algoritma yang Digunakan:

- a. SIFT (Scale-Invariant Feature Transform): Mendapatkan dan mendeskripsikan fitur yang stabil dalam gambar, yang invariant terhadap skala dan rotasi.
- SURF (Speeded-Up Robust Features): Versi lebih cepat dari SIFT yang menggunakan integral images untuk mempercepat perhitungan.
- c. ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF): Algoritma yang cepat dan efisien yang menggabungkan fitur deteksi FAST dan deskripsi BRIEF.

Proses:

- Feature Detection: Mendeteksi fitur unik dalam gambar (seperti sudut atau tepi).
- Feature Description: Mendeskripsikan fitur menggunakan vektor deskriptor.
- Feature Matching: Mencocokkan fitur dari gambar baru dengan fitur dalam basis data

menggunakan metode seperti nearest neighbor search.

9.5. Keunggulan Fiducial Marker

 Akurasi Tinggi dalam Pelacakan
 Fiducial markers dirancang untuk memberikan
 pelacakan yang sangat akurat, yang penting
 dalam aplikasi AR dan VR. Marker ini
 memungkinkan sistem untuk menentukan

posisi dan orientasi objek dengan presisi tinggi.

- 2. Implementasi dan Penggunaan yang Mudah
 Pembuatan dan penggunaan fiducial marker
 relatif sederhana. Mereka dapat dicetak pada
 kertas atau permukaan lainnya, dan sistem
 pengenalan dapat dengan mudah diatur untuk
 mendeteksi dan melacak marker tersebut.
- 3. Kinerja Stabil dalam Berbagai Kondisi Pencahayaan
 Fiducial marker biasanya memiliki kontras tinggi (seperti pola hitam-putih), yang membuatnya mudah dikenali dalam berbagai kondisi pencahayaan. Ini memastikan bahwa marker dapat dideteksi dengan baik di lingkungan yang berbeda-beda.

4. Kompatibilitas dengan Algoritma Pengenalan Visual

Fiducial marker bekerja baik dengan berbagai algoritma pengenalan visual dan pencocokan fitur, seperti SIFT, SURF, dan ORB. Hal ini mempermudah integrasi dalam berbagai sistem AR/VR yang ada.

5. Biaya Rendah

Pembuatan fiducial marker tidak memerlukan biaya besar. Mereka dapat dicetak menggunakan printer biasa, yang membuatnya menjadi solusi ekonomis untuk pelacakan dalam aplikasi AR dan VR.

9.6. Keterbatasan Fiducial Marker

- a. Keterbatasan Jarak dan Sudut Pandang Deteksi fiducial marker sering kali tergantung pada jarak dan sudut pandang kamera. Marker mungkin sulit dideteksi jika kamera terlalu jauh atau sudut pandangnya terlalu ekstrem.
- b. Kerentanan terhadap Gangguan Fisik Fiducial marker dapat terganggu oleh kerusakan fisik, seperti lipatan, sobekan, atau noda. Hal ini dapat mengurangi keakuratan deteksi dan pelacakan.

- c. Ketergantungan pada Kondisi Pencahayaan Meskipun fiducial marker bekerja baik dalam berbagai kondisi pencahayaan, perubahan ekstrim dalam pencahayaan (misalnya, cahaya terang atau terlalu gelap) dapat terlalu mempengaruhi kinerja deteksi.
- d. Keterbatasan dalam Informasi yang Disediakan Fiducial marker biasanya hanya menyediakan informasi dasar tentang posisi dan orientasi. dapat Mereka tidak menyimpan atau menyampaikan informasi tambahan tanpa bantuan teknologi lain seperti kode QR yang lebih kompleks.

e. Keterhatasan Estetika

Penempatan fiducial marker yang terlihat di lingkungan fisik atau di perangkat bisa dianggap mengganggu secara visual. Hal ini dapat mengurangi estetika dari aplikasi atau perangkat tersebut.



BABX

USER INTERFACE PROBLEMS

10.1. Definisi Masalah Antarmuka Pengguna

Masalah antarmuka pengguna (UI) mengacu pada segala ketidaksempurnaan, hambatan, atau kekurangan dalam desain, interaksi, dan presentasi elemen-elemen antarmuka pengguna pada produk atau sistem tertentu. Ini mencakup berbagai masalah seperti kesulitan dalam navigasi, tampilan pengguna yang membingungkan, kontrol yang sulit dipahami, dan ketidakmampuan antarmuka untuk memenuhi kebutuhan pengguna dengan efektif.

10.2. Perancangan Antarmuka yang Buruk

- Penggunaan Warna yang Tidak Tepat
 Penggunaan warna yang tidak tepat dalam desain antarmuka dapat menyebabkan beberapa masalah, termasuk:
 - a. Kesulitan dalam Membaca: Pengguna mungkin mengalami kesulitan dalam membaca teks yang kontras rendah antara teks dan latar belakang.

- Kurangnya Fokus: Penggunaan warna yang berlebihan atau tidak tepat dapat mengalihkan perhatian dari informasi yang penting.
- c. Kesulitan Dalam Memahami Hierarki: Pengguna mungkin kesulitan membedakan antara elemen utama dan elemen tambahan dalam tata letak.

Solusi untuk masalah ini termasuk memilih palet warna yang kontras, menguji kontras warna untuk memastikan kejelasan, dan mempertimbangkan aksesibilitas warna.

- 2. Penempatan Elemen yang Tidak Efektif
 Penempatan elemen yang tidak efektif dalam
 antarmuka dapat mengakibatkan:
 - Kegagalan Fokus: Elemen-elemen yang penting mungkin tersembunyi atau sulit diakses oleh pengguna.
 - Ketidaknyamanan Pengguna: Jarak atau urutan elemen yang tidak tepat dapat mengganggu pengalaman pengguna.
 - c. Kesulitan Navigasi: Tautan atau kontrol yang tidak terletak dengan logis dapat membuat navigasi menjadi sulit dipahami.

Pemecahan masalahnya meliputi pengujian pengguna untuk mengevaluasi keefektifan penempatan elemen, mengikuti prinsipprosip desain seperti "F-Pattern" untuk susunan elemen yang mudah dipahami, dan menggunakan prinsip hierarki visual untuk memandu pengguna.

- Ketidakkonsistenan dalam Gaya Desain
 Ketidakkonsistenan dalam gaya desain dapat
 menyebabkan:
 - Kesulitan Pengenalan: Pengguna mungkin mengalami kesulitan dalam mengenali elemen-elemen yang serupa atau fungsionalitas yang konsisten.
 - Kesalahan Penggunaan: Ketidakkonsistenan dapat membingungkan pengguna dan menyebabkan mereka melakukan kesalahan dalam penggunaan antarmuka.
 - c. Kurangnya Kepuasan: Pengguna mungkin merasa bahwa antarmuka terasa kurang profesional atau dipersiapkan dengan buruk.

Solusi untuk masalah ini termasuk pengembangan panduan gaya desain yang jelas, penggunaan template atau komponen desain yang konsisten, serta pelatihan atau bimbingan desain untuk memastikan konsistensi antara tim pengembang.

Dengan memperbaiki aspek-aspek ini dari perancangan antarmuka yang buruk, pengembang dapat meningkatkan pengalaman pengguna secara signifikan dan meningkatkan efektivitas antarmuka mereka.

10.3. Masalah Interaksi Pengguna

- 1. Kontrol yang Sulit Dipahami
 - Kontrol yang sulit dipahami dalam konteks antarmuka pengguna mengacu pada elemenelemen interaktif yang tidak jelas fungsinya atau cara penggunaannya. Beberapa masalah yang sering muncul adalah:
 - a. Label yang Tidak Jelas: Pengguna tidak mengerti apa yang seharusnya dilakukan oleh suatu tombol atau pilihan karena labelnya tidak deskriptif atau ambigu.
 - b. Ikon yang Tidak Dikenali: Pengguna menghadapi ikon yang tidak familiar atau tidak memiliki arti yang jelas, sehingga mereka tidak tahu apa yang akan terjadi jika mereka mengkliknya.

c. Tata Letak yang Membingungkan: Penempatan kontrol atau tombol yang tidak sesuai dengan alur alami penggunaan, sehingga pengguna mengalami kesulitan dalam menemukannya atau menggunakannya.

Solusi untuk masalah ini termasuk memastikan bahwa semua kontrol memiliki dan label yang ielas deskriptif, menggabungkan ikon dengan teks untuk memberikan konteks lebih lanjut, dan menggunakan tata letak yang intuitif berdasarkan pengalaman pengguna yang ıımıım.

2. Feedback yang Kurang

Feedback yang kurang dalam antarmuka pengguna mengacu pada kegagalan sistem untuk memberikan respons visual, auditif, atau haptic yang memadai setelah pengguna melakukan tindakan tertentu. Contoh masalah feedback yang kurang meliputi:

a. Keterlambatan Respons: Sistem tidak memberikan respons segera setelah pengguna melakukan tindakan, yang bisa

- membuat pengguna merasa tidak yakin apakah tindakan mereka berhasil.
- b. Respons yang Tidak Jelas: Respons visual atau pesan kesalahan yang tidak menjelaskan dengan jelas apa yang salah atau langkah apa yang harus diambil selanjutnya.
- c. Kurangnya Umpan Balik Interaktif: Tidak adanya umpan balik haptic atau auditif untuk penggunaan tombol atau kontrol tertentu, mengurangi kejelasan interaksi tersebut.

Untuk memperbaiki masalah feedback yang kurang, desainer UI dapat memastikan respons sistem yang cepat dan jelas setelah tindakan pengguna, menggunakan animasi atau efek visual untuk memberikan umpan balik, dan mempertimbangkan kebutuhan pengguna yang berbeda dalam hal umpan balik haptic atau auditif.

3. Masalah Aksesibilitas

Masalah aksesibilitas dalam interaksi pengguna mencakup kendala atau batasan yang membuat antarmuka sulit diakses atau digunakan oleh pengguna dengan kondisi atau kebutuhan khusus. Beberapa contoh masalah aksesibilitas termasuk:

- a. Tidak Memadainya Kontras: Kontras yang rendah antara teks dan latar belakang yang membuat sulit bagi pengguna dengan masalah penglihatan untuk membaca informasi dengan jelas.
- b. Tidak Dapat Diakses: Fitur atau kontrol yang tidak dapat diakses menggunakan keyboard saja, yang dapat menghambat penggunaan oleh orang-orang dengan keterbatasan motorik.
- c. Navigasi yang Sulit: Kurangnya struktur navigasi yang jelas atau alternatif untuk membantu pengguna yang menggunakan pembaca layar atau alat bantu aksesibilitas lainnya.

Untuk meningkatkan aksesibilitas, penting untuk mengikuti panduan desain aksesibilitas, mempertimbangkan kebutuhan pengguna dengan berbagai kondisi, menguji desain dengan pengguna yang mewakili berbagai kemampuan, dan menggunakan teknologi yang mendukung aksesibilitas seperti label ARIA untuk elemen interaktif web.

10.4. Pengaruh Masalah Antarmuka Pengguna

- Dampak pada Pengalaman Pengguna
 Masalah dalam antarmuka pengguna dapat secara signifikan mempengaruhi pengalaman pengguna, baik secara positif maupun negatif:
 - a. Kesulitan Pengguna: Masalah seperti navigasi yang tidak intuitif atau kontrol yang sulit dipahami dapat membuat pengguna merasa frustrasi dan kesulitan mencapai tujuan mereka.
 - b. Keseluruhan Kepuasan: Antarmuka yang tidak responsif atau tidak menarik secara visual dapat mengurangi keseluruhan kepuasan pengguna terhadap produk atau layanan.
 - c. Persepsi Merek: Pengalaman pengguna yang buruk bisa mempengaruhi persepsi pengguna terhadap merek atau perusahaan, mengurangi loyalitas atau rekomendasi positif.
- 2. Dampak pada Retensi Pengguna Masalah dalam antarmuka pengguna juga dapat berdampak pada retensi pengguna atau tingkat pemakaian jangka panjang:

- a. Tingkat Abandonment: Pengguna mungkin meninggalkan produk atau layanan jika mereka mengalami kesulitan berulang atau ketidakpuasan dengan antarmuka.
- b. Kurangnya Keterlibatan: Antarmuka yang tidak menarik atau sulit digunakan dapat mengurangi tingkat keterlibatan pengguna, yang penting untuk pertumbuhan jangka panjang.
- c. Biaya Akuisisi Pengguna: Keberhasilan dalam mempertahankan pengguna yang ada dapat mengurangi biaya akuisisi pengguna baru, yang merupakan pertimbangan ekonomis penting bagi banyak perusahaan.
- 3. Dampak pada Konversi dan Penjualan Masalah antarmuka pengguna juga memiliki dampak langsung pada konversi dan penjualan produk atau layanan:
 - a. Tingkat Konversi yang Rendah: Antarmuka yang tidak efektif atau sulit digunakan dapat mengurangi konversi dari pengunjung menjadi pelanggan berbayar.
 - Kurangnya Keterlibatan dalam Penjualan:
 Antarmuka yang tidak mendukung proses
 pembelian atau memiliki masalah dengan

- formulir atau checkout dapat mengurangi jumlah transaksi yang berhasil.
- c. Kepercayaan Konsumen: Pengguna yang mengalami kesulitan atau ketidakpuasan dengan antarmuka mungkin meragukan keamanan atau keandalan produk atau layanan, yang dapat menghalangi keputusan pembelian.

Dengan memahami dan mengatasi masalah dalam antarmuka pengguna, perusahaan dapat meningkatkan pengalaman pengguna, memperkuat retensi, dan meningkatkan konversi serta penjualan secara keseluruhan.

10.5. Strategi Memperbaiki Masalah Antarmuka Pengguna

1. Pengujian Pengguna

Pengujian pengguna adalah metode yang penting untuk mengidentifikasi masalah dalam antarmuka pengguna dengan cara yang langsung melibatkan pengguna aktual produk atau layanan. Beberapa poin penting tentang pengujian pengguna meliputi:

- a. Tujuan Pemahaman: Mengumpulkan wawasan langsung dari pengguna tentang bagaimana mereka berinteraksi dengan antarmuka, menemukan kesulitan yang mereka alami, dan mendengarkan umpan balik mereka.
- b. Metode Pengujian: Bisa dilakukan dalam bentuk wawancara, sesi pengamatan langsung, atau uji coba produk dengan kelompok pengguna yang mewakili demografi yang relevan.
- c. Analisis Hasil: Menganalisis temuan dari pengujian pengguna untuk mengidentifikasi pola, masalah yang sering muncul, dan rekomendasi perbaikan.

2. Perbaikan Iteratif

Perbaikan iteratif berarti memperbaiki antarmuka pengguna secara berkelanjutan berdasarkan umpan balik dari pengujian dan evaluasi. Beberapa aspek perbaikan iteratif antara lain:

 a. Siklus Perbaikan: Mengidentifikasi prioritas perbaikan berdasarkan tingkat urgensi dan dampaknya terhadap pengalaman pengguna dan tujuan bisnis.

- b. Implementasi Perubahan: Melakukan perubahan berdasarkan analisis dan rekomendasi dari pengujian pengguna atau evaluasi desain, dengan fokus pada perbaikan yang konkret dan terukur.
- c. Pengujian Ulang: Memastikan setiap iterasi perbaikan diuji ulang untuk memvalidasi efektivitasnya dalam memecahkan masalah yang diidentifikasi sebelumnya.
- 3. Memantau Analitik dan Umpan Balik Memantau analitik dan umpan balik adalah kunci untuk memahami bagaimana pengguna sebenarnya berinteraksi dengan antarmuka dan menilai dampak dari perbaikan yang dilakukan. Beberapa praktik yang terkait meliputi:
 - a. Analisis Perilaku Pengguna: Menggunakan alat analitik untuk melacak pola interaksi pengguna, navigasi, dan perilaku yang dapat memberikan wawasan tentang masalah yang mungkin terjadi.
 - Umpan Balik Pengguna: Mengumpulkan umpan balik secara terus-menerus dari pengguna melalui survei, evaluasi produk, atau kanal dukungan pelanggan untuk

- mengidentifikasi masalah yang mungkin belum terdeteksi.
- c. Iterasi Lanjutan: Menggunakan data dari analitik dan umpan balik untuk melanjutkan siklus perbaikan iteratif, memastikan bahwa antarmuka terus ditingkatkan sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna.

Dengan menerapkan strategi-strategi ini secara sistematis, perusahaan dapat memperbaiki masalah antarmuka pengguna secara efektif, meningkatkan pengalaman pengguna, dan mendukung tujuan bisnis jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Asurion.com. (2024). How to cast your Meta (Oculus)
 Quest 2 to any Screen.
 https://www.asurion.com/connect/tech-tips/how-to-cast-oculus-quest-to-tv/.
- Aukstakalnis, S. (2017). Practical Augmented Reality/Augmented reality praktis: Panduan teknologi, aplikasi dan faktor manusia untuk AR dan VR. *Addison-Wesley Press. Boston.*
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, 21(6), 34–47.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. IEEE Computer Graphics and Applications, 21(6), 34-47.
- Bay, H., Tuytelaars, T., & Van Gool, L. (2006). SURF: Speeded Up Robust Features. European Conference on Computer Vision (ECCV).
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A Survey of Augmented Reality. Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, 8(2–3), 73–272.
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, 8(2-3), 73-272.

- Bowman, D. A., & McMahan, R. P. (2007). Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough? Computer, 40(7), 36–43.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. John Wiley & Sons.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. John Wiley & Sons.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. John Wiley & Sons.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. John Wiley & Sons.
- Cooper, A., Reimann, R., & Cronin, D. (2007). About Face: The Essentials of Interaction Design. Wiley.
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., & DeFanti, T. A. (1993). Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE. In Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (pp. 135-142).
- Fang, W., Zheng, L., Deng, H., & Zhang, H. (2017). Real-time motion tracking for mobile augmented/virtual reality using adaptive visual-inertial fusion. *Sensors*, 17(5), 1037.
- Fiala, M. (2005). ARTag, a fiducial marker system using digital techniques. Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).

- Firdaus, A. W., Pratamasunu, G. Q. O., & Fajri, F. N. (2023). Aplikasi Pengenalan Kampus Universitas Nurul Jadid Berbasis Virtual Reality. *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 17(2), 83-87.
- Fitrianto, Y. (2020). Perancangan Mobile AR dan 3D VR walkthrough sebagai Media Informasi Kampus Stekom Semarang berbasis Android. *Jurnal Sistem Komputer*, 10, 47-53.
- Freeman, D. (2016). The psychology of virtual reality. Oxford University Press.
- Gajski, D. et al. (2023) 'Straightforward Stereoscopic Techniques for Archaeometric Interpretation of Archeological Artifacts', Heritage, 6(7), pp. 5066–5081. Available at: https://doi.org/10.3390/heritage6070268.
- Garrido-Jurado, S., Muñoz-Salinas, R., Madrid-Cuevas, F. J., & Marín-Jiménez, M. J. (2014). Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. Pattern Recognition, 47(6), 2280-2292.
- Grajewski, D. et al. (2013) 'Application of virtual reality techniques in design of ergonomic manufacturing workplaces', Procedia Computer Science, 25(March 2015), pp. 289–301. Available at: https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.035.
- Grunnet-Jepsen, A., Harville, M., Fulkerson, B., Piro, D., Brook, S., Radford, J. (2024). Pengantar Intel RealSense Visual SLAM dan kamera pelacakan

- T265. https://dev.intelrealsense.com/docs/inte
- Hadi, B.S. (2019) Penginderaan Jauh Pengangtar ke Arah Pembelajaran Berpikir Spasial. Yogyakarta: UNY Press.
- Hagan, M., & Bamji, A. (Eds.). (2019). The Oxford handbook of virtuality. Oxford University Press.
- Hibbard, P.B., Haines, A.E. and Hornsey, R.L. (2017) 'Magnitude, Precision, and Realism of Depth Perception in Stereoscopic Vision', Cognitive Research: Principles and Implications, 2(1). Available at: https://doi.org/10.1186/s41235-017-0062-7.
- Huisman, G., & McLaughlin, M. (2003). The role of haptic feedback in a virtual reality-based surgical simulator. Studies in Health Technology and Informatics, 94, 142-148.
- Ibrahim, M. et al. (2023) 'Integrasi Kecerdasan Buatan dalam Desain Aplikasi Seluler: Peningkatkan Pengalaman Pengguna di Era Ekonomi Digital', Nusantara Computer and Design Review, 1(1), pp. 31–39. Available at: https://doi.org/10.55732/ncdr.v1i1.1091.
- Kang, D., Choi, J.H. and Hwang, H. (2022) 'Autostereoscopic 3D Display System for 3D Medical Images', Applied Sciences (Switzerland), 12(9). Available at: https://doi.org/10.3390/app12094288.

- Kato, H., & Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system. In IEEE International Workshop on Augmented Reality (IWAR) (pp. 85-94).
- Kemeny, A., & Panerai, F. (2003). Evaluating perception in driving simulation experiments. Trends in Cognitive Sciences, 7(1), 31-37.
- Klinker, G., & Grasset, R. (Eds.). (2014). Handheld Augmented Reality. Springer International Publishing.
- Krohn, D. (2014). Introduction to Accelerometers. In Handbook of Modern Sensors (pp. 155-162). Springer.
- Krug, S. (2014). Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability. New Riders.
- Kuchenbecker, K. J. (2018). Haptic feedback in virtual reality. In Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications, 2nd Edition (pp. 767-788). CRC Press.
- LaValle, S. M. (2017). Virtual Reality. Cambridge University Press.
- Lin, M. C., & Otaduy, M. A. (2008). Haptic Rendering: Foundations, Algorithms, and Applications. A K Peters/CRC Press.
- Lin, M. C., & Otaduy, M. A. (2008). Haptic Rendering: Foundations, Algorithms, and Applications. A K Peters/CRC Press.

- Marchand, E., Uchiyama, H., & Spindler, F. (2015). Pose estimation for augmented reality: a hands-on survey. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, *22*(12), 2633-2651.
- McLaughlin, M. L., Hespanha, J. P., & Sukhatme, G. S. (2002). Touch in Virtual Environments: Haptics and the Design of Interactive Systems. Prentice Hall PTR.
- Mechatech Embrace Technology. (2024). Apa itu 3DoF vs 6Dof di VR?. https://www.mechatech.co.uk/journal/what-is-a-3dof-vs-6dof-in-vr.
- Mohamad Idris, Romindo, Muhammad Munsarif, S. et al. (2023) Pengolahan Citra: Teori dan Implementasi, Yayasan Kita Menulis. Edited by Abdul Karim & Janner Simarmata. Malang: Yayasan Kita Menulis.
- Nam, K.W. et al. (2012) 'Application of Stereo-Imaging Technology to Medical Field', Healthcare Informatics Research, 18(3), pp. 158–163. Available at: https://doi.org/10.4258/hir.2012.18.3.158.
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. Academic Press.
- Olson, E. (2011). AprilTag: A robust and flexible visual fiducial system. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA).
- Puti. (2023). Perbedaan Virtual Reality & Augmented Reality. Teknologi Rekayasa Multimedia, Telkom

- University.
 https://dsm.telkomuniversity.ac.id/perbedaan-virtual-reality-augmented-reality.
- Rachman, A.N., Khairul Anshary, M.A. and Hakim, I.N. (2020) 'Pemanfaatan Teknologi Virtual Reality (VR) Pada Aplikasi 3D Bangunan Perusahaan', CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science), 5(2), p. 204. Available at: https://doi.org/10.24114/cess.v5i2.18672.
- Rahman, F., Mursyidah, & Jamilah. (2020, Juni 1). Pengenalan Gedung Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe. *Jurnal Infomedia*, 5, 42-47.
- Revolusi, E. (2021) 'Keterterapan Media Virtual Reality (VR) dilihat dari Persepsi Mahasiswa dalam Pembelajaran di Era Revolusi Industri 4.0', 38(2), pp. 44–51.
- Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., & Bradski, G. (2011). ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. International Conference on Computer Vision (ICCV).
- Salisbury, J. K., & Srinivasan, M. A. (1997). Phantombased haptic interaction with virtual objects. IEEE Computer Graphics and Applications.
- Santoso, J.T. (2023) Kecerdasan Buatan. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik dan Universitas STEKOM.
- Setiawan, F., Arintawati, P. and Saktini, F. (2016) 'Perbedaan Pengliahatan Stereoskopis pada

- Penderita Miopia Ringan, Sedang, dan Berat', Jurnal Kedokteran Diponegoro, 5(4), pp. 800–807.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design. Morgan Kaufmann Publishers.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design. Morgan Kaufmann Publishers.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2018). Understanding virtual reality: Interface, application, and design (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
- Singh, A. (2020). Virtual reality and augmented reality technologies for effective healthcare. IGI Global.
- Stantchev, V. (Ed.). (2021). Virtual reality in product development: State-of-the-art and future challenges. Springer.
- Steed, A., & Oliveira, M. M. (2019). Virtual Reality and Augmented Reality: Principles and Applications. Wiley.
- Steed, A., & Slater, M. (2002). Understanding presence: The role of presence in virtual reality. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 11(4), 482-484.
- Steed, A., & Slater, M. (2002). Understanding presence: The role of presence in virtual reality. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 11(4), 482-484.

- Sucipto, S. (2017a) 'Perancangan Video Stereoscopic 3D dengan 2 Kamera Smartphone Menggunakan Metode Color Anaglyph', Respati, 8(23), pp. 1–16. Available at: https://doi.org/10.35842/jtir.v8i23.61.
- Sucipto, S. (2017b) 'Persepsi Video Stereoscopic 3d Menggunakan Kamera Smartphone Dengan Metode Side-By-Side', Cybernetics, 1(01), pp. 40–50. Available at: https://doi.org/10.29406/cbn.v1i01.560.
- Sulaiman Kurdi, M. (2021) 'Realitas Virtual Dan Penelitian Pendidikan Dasar: Tren Saat Ini dan Arah Masa Depan', CENDEKIA: Jurnal Ilmu Sosial, Bahasa dan Pendidikan, 1(4), pp. 60–85. Available at: https://doi.org/10.55606/cendikia.v1i4.1317.
- Sulistyaningtyas, T., Jaelani, J. and Waskita, D. (2012) 'Perubahan Cara Pandang dan Sikap Masyarakat Kota Bandung Akibat Pengaruh Gaya Hidup Digital', Jurnal Sosioteknologi, 27(11), pp. 157–168. Available at: https://media.neliti.com/media/publications/415 49-none-09d6ec7a.pdf.
- Suwarna, I.P. (2010) Optik. Bogor: CV. Duta Grafika.
- Syauqie, M. and Putri, S.H.M. (2014) 'Development of Binocular Vision', Jurnal Kesehatan Andalas, 3(1), pp. 8–14. Available at: https://doi.org/10.25077/jka.v3i1.17.

- Synthesis.AI. (2024). Manusia Digital untuk aplikasi AR, VR, dan Metaverse. https://synthesis.ai/digital-humans/.
- Tidwell, J. (2010). Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design. O'Reilly Media.
- Titterton, D. H., & Weston, J. L. (2004). Strapdown Inertial Navigation Technology. IET Radar, Sonar, Navigation and Avionics Series 17.
- Ubuy.co.id. (2024). COFEST elektronik konsumen Smart Wear VR AR 3D Headset. https://www.ubuy.co.id/id/product/C6UK1JPM8-cofest-consumer-electronics-smart-wear-vr-ar-vr-ar-devices-vr-glasses-virtual-reality-headset-hd-blu-ray-eye-protected-support-5-7-inch-phone-vr.
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- Wagner, D., & Schmalstieg, D. (2007). ARToolKitPlus for pose tracking on mobile devices. Computer Vision Winter Workshop (CVWW).
- Wahyuddin, R., Sucipto, A., & Susanto, T. (2022).

 Pemanfaatan Teknologi Augmented Reality Dengan
 Metode Multiple Marker Pada Pengenalan
 Komponen Komputer. *Jurnal Informatika dan*Rekayasa Perangkat Lunak, 3(3), 278-285.
- Wigmore, I. (2018). Penggerak VR (Penggerak Realitas Virtual).

- https://www.techtarget.com/whatis/definition/V R-locomotion-virtual-reality-locomotion.
- Wilson, J., & Hernandez, J. (2015). Accelerometer and Gyroscope Sensors in Smartphones: A Primer and How to Use Them. Sensors Journal.
- Witabora, J. (2012) 'Ilusi Optis dalam Dunia Seni dan Desain', Humaniora, 3(2), p. 645. Available at: https://doi.org/10.21512/humaniora.v3i2.3409.
- Woods, A.J. (2012) 'Crosstalk in stereoscopic displays: a review', Journal of Electronic Imaging, 21(4), p. 040902. Available at: https://doi.org/10.1117/1.jei.21.4.040902.
- Zhang, Z. (2000). A flexible new technique for camera calibration. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI).

AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY

Di era digital ini, AR dan VR telah membuka dimensi baru dalam berbagai bidang, mulai dari pendidikan, kesehatan, hiburan, hingga industri. Teknologi ini tidak hanya merubah cara kita berinteraksi dengan dunia digital, tetapi juga memberikan peluang inovatif untuk menciptakan pengalaman yang lebih mendalam dan imersif. Buku ini hadir untuk memberikan wawasan mendalam tentang konsep, aplikasi, dan potensi dari teknologi AR dan VR.

Dalam buku ini, kami menguraikan dasar-dasar teknis AR dan VR, perangkat keras dan lunak yang digunakan, serta berbagai aplikasi praktis dari teknologi ini di berbagai sektor. Kami juga membahas tantangan dan peluang yang ada dalam pengembangan dan penerapan AR dan VR, serta memberikan pandangan tentang masa depan teknologi ini. Buku ini dilengkapi dengan studi kasus dan contoh-contoh nyata untuk membantu pembaca memahami bagaimana AR dan VR diterapkan dalam situasi dunia nyata.







