

# Optimalisasi Virtual Reality dan Augmented Reality Dalam Platform Gaming Menuju Masyarakat 5.0

Isroni Muhammad Miraj Mirza

Universitas Lampung

Corresponding Author Email: isroni.muhammad@fh.unila.ac.id

## ABSTRAK

Dewasa ini ada banyak pilihan bagi pengembang game untuk membuat pengalaman *gaming* yang inovatif dengan menggunakan *virtual reality* (VR) dan *augmented reality* (AR). Pilihan antara keduanya akan bergantung pada jenis permainan yang ingin dikembangkan, tujuan pengembangan, dan kapasitas perangkat keras yang tersedia. Artikel ini menggunakan metode penelitian kualitatif melalui studi kepustakaan. Artikel ini mengeksplorasi dampak VR dan AR dalam pengembangan game dan bagaimana keduanya mengubah cara pembuatan dan permainan *game*. *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR) telah merevolusi pengembangan *game* dengan memberikan pengalaman yang mendalam dan interaktif. Teknologi ini telah mengubah cara permainan dibuat, dimainkan, dan dialami. Hasil dari tulisan ini menyatakan bahwa penggunaan teknologi VR dan AR, terlepas dari sejumlah keterbatasan yang ada, melalui kolaborasi antar sejumlah *stakeholder* terkait, termasuk pengembang *game* dan pemerintah, dapat dikembangkan lebih jauh untuk menciptakan mekanisme *gameplay* yang lebih inovatif, dan meningkatkan interaksi sosial antara dunia nyata dan virtual. Oleh karenanya, seiring dengan kemajuan teknologi di era modern saat ini, ada potensi untuk perkembangan yang lebih canggih lagi di dunia game melalui teknologi VR dan AR. Sehingga muncul optimalisasi berkelanjutan dari penggunaan kedua teknologi ini menuju masyarakat 5.0 yang secara integrasi dan penguasaan teknologi digital akan lebih canggih ke depannya.

**Keywords :** *Teknologi; Virtual Reality; Augmented Reality; Game; Masyarakat 5.0*

## ABSTRACT

*Game developers now have more options to create innovative gaming experiences by leveraging VR and AR. The choice between the two will depend on the type of game we want to develop, the development goals, and the capabilities of the available hardware. This article uses qualitative research methods through literature study. This article explores the impact of VR and AR in game development and how they are changing the way games are created and played. Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) have revolutionized game development by providing immersive and interactive experiences as well as transporting players to new worlds. This technology has changed the way games are created, played and experienced. The results of this paper state that the utilization of VR and AR as technology, despite a number of existing limitations, through collaboration between a number of related stakeholders, including game developers and government, can be further developed to create more innovative gameplay mechanisms, and increase social interaction between the real and virtual*

*worlds. Therefore, along with technological advances in the current modern era, there is potential for even more sophisticated developments in the gaming world through VR and AR technology. Therefore, there will be continuous optimization of the use of these two technologies towards society 5.0 where integration and mastery of digital technology will be more sophisticated in the future.*

**Keywords :** *Technology; Virtual Reality; Augmented Reality; Game; Society 5.0*

## PENDAHULUAN

Dewasa ini, tidak hanya perkembangan teknologi digital yang semakin pesat yang dapat kita lihat dalam bidang informasi, komunikasi, dan pendidikan, tetapi juga dalam industri permainan atau game. Di Amerika Serikat, setidaknya satu orang dalam 60% rumah tangga bermain video games secara teratur, bermain selama minimal tiga jam seminggu, dan hampir 65% dari populasi memiliki perangkat yang dapat digunakan untuk bermain video games. Di antara 626 juta orang di Asia Tenggara yang bermain game pada tahun 2014, diperkirakan ada hampir 126 juta orang yang bermain game. Di Indonesia sendiri, persentase orang yang bermain game mencapai 13,4 persen, dengan penghasilan global dari permainan mencapai 181 juta dolar pada tahun yang sama. Game dua dimensi (2D) awalnya memiliki kualitas gambar yang sederhana, tetapi sekarang banyak game tiga dimensi (3D). (Roettl J, 2018)1-3.

Teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) telah menjadi perhatian utama di era digital yang semakin maju. Kedua teknologi ini telah mengubah cara kita berinteraksi dengan lingkungan kita, membuka jalan untuk pengalaman yang sebelumnya sulit untuk dibayangkan. Dunia game adalah tempat kedua teknologi ini diterapkan. Teknologi virtual reality (AR) dapat memberikan pengalaman yang lebih kaya dan interaktif dalam permainan video game, memberi pengguna sensasi seolah-olah mereka berada di dalam game tersebut. Selain itu,

dengan menambahkan elemen digital ke dalam pertunjukan langsung, AR juga dapat memberikan pengalaman yang lebih imersif dan luar biasa. (Rudjiono, 2023)

Seberapa “nyata” seharusnya pengalaman VR? Hal ini sangat menarik ditelaah. Oleh karenanya melalui tulisan ini, penulis mencoba menggambar-kannya layaknya sedekat mungkin dengan dunia fisik kita. Hal ini disebut sebagai prinsip simulasi universal. Mekanisme interaksi apa pun di dunia nyata dapat disimulasikan dalam VR. Otak kita paling terbiasa dengan pengaturan ini, sehingga membuatnya tampak paling tepat. Filosofi ini mendominasi industri video game pada saat itu, misalnya, dalam pengembangan game penembak orang pertama (FPS) yang sangat realistis dan ditampilkan dengan indah kartu grafis yang semakin canggih. Meskipun demikian, pahami hal itu dengan sangat baik lingkungan yang sederhana dan seperti kartun juga bisa efektif dan bahkan lebih disukai. (M. La Valle, 2019)

Teknologi virtual reality dan augmented reality (AR) menawarkan pengalaman yang lebih menarik dan keterlibatan yang lebih besar di era di mana pelanggan lebih suka pengalaman yang lebih personal dan interaktif.

VR dan AR merupakan alternatif, bukan komparatif. Keberadaan VR dan AR membantu kita untuk merasakan pengalaman yang mungkin tidak dapat diwujudkan pada objek nyata. Teknologi VR dan AR dapat membuka peluang bagi

konten game yang lebih beragam dan inovatif.

## METODE

Metode penelitian dalam tulisan ini menggunakan pendekatan deskriptif qualitative melalui studi pustaka/*literature review* dengan melihat fenomena perkembangan VR dan AR dalam dunia gaming digital untuk kemudian dianalisa secara mendalam efektifitas dan tantangan ke depannya sejauhmana kedua teknologi ini dapat secara berkelanjutan memberikan pengembangan teknologi yang mutak-hir dalam dunia game berdasarkan perkembangan yang terjadi di masyarakat.

Berkaitan dengan hal tersebut, AR dan VR akan dilihat juga secara lebih spesifik kompatibilitas (compatibility) yang ada dengan sistem perangkat hardware dalam berbagai platform gaming yang ada, misal Sony Playstation, Nintendo Switch, Steam-deck, ROG ALLY, hingga PC Gaming. Dengan kata lain, dari platform gaming tersebut apakah secara sistem sesuai atau tidak dengan tingkat persyaratan komponen untuk menjalankan teknologi AR dan VR. Sehingga dari hal tersebut melalui pendekatan secara deskriptif kualitatif, dengan melihat unsur teknologi yang tersedia, apakah masyarakat, khususnya pecinta gaming, bisa dengan mudah mengakses dan menggunakan teknologi AR dan VR ke depannya. Lebih jauh lagi, akan dianalisa juga melalui pendekatan tersebut, bagaimana juga khususnya para developer game, dengan kolaborasi dengan berbagai stakeholder lain, termasuk investor dan pemerintah, bisa mengoptimalkan pengembangan teknologi AR dan VR dalam platform gaming masing-masing.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Game

Game adalah jenis hiburan di mana satu atau lebih orang bermain menggunakan perangkat elektronik atau bertatap muka secara langsung dengan lawan main. Pemain juga harus membuat pilihan untuk mencapai tujuan.

Saat ini ada beragam platform game yang ada, seperti Sony Playstation 5, Nintendo Switch, PC Game, Steamdeck, dan lain sebagainya di mana masing-masing platform tersebut menawarkan berbagai kenikmatan dan kekhasan tersendiri dalam bermain game.



Gambar 1. Playstation 5



Gambar 2. PC Gaming

Selain game platform yang memiliki kapasitas mesin cukup besar dan bisa memanjakan mata melalui TV ataupun layar monitor seperti PS5 dan PC, perkembangan beberapa tahun terakhir juga menunjukkan ada berbagai platform lain yang justru bersifat mobile, ringan, bisa bermain game di mana saja, dan juga

memiliki kualitas grafik yang terbilang bagus juga. Hal ini bisa ditemukan di platform melalui gambar di bawah ini seperti Steamdeck, ROG Ally dari ASUS, dan Nintendo Switch.



Gambar 3. Nintendo Switch



Gambar 4. Steamdeck



Gambar 5. ROG Ally

### Virtual Reality

Meskipun tidak ada di dunia nyata, virtual reality (VR) adalah model simulasi tiga dimensi yang dibuat oleh komputer. Ini membawa pengguna ke lingkungan yang berbeda dengan grafik, video, dan audio yang dibuat oleh komputer dan memungkinkan mereka berkomunikasi dengan media. Singkatnya, virtual reality (VR) adalah realita visual semu yang diciptakan oleh komputer sehingga dapat

menyamai atau sangat berbeda dari realita asli. (R. King, Piekarski, & H. Thomas, 2005)

Virtual reality pada dasarnya terdiri dari seperangkat perangkat keras dan teknologi komputer yang digunakan untuk mensimulasikan lingkungan tiga dimensi yang mendalam. (Neelakantam & Pant, 2017) Virtual reality adalah representasi fisik dari dunia nyata atau dunia imajiner dalam konteks yang dibuat oleh komputer.

Virtual reality (VR) adalah teknologi yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan suatu area yang disimulasikan oleh komputer (PC). Area ini dapat merupakan area nyata yang ditiru atau benar-benar seperti apa yang mereka pikirkan. (Sihite, Samopa, & Asrul Sani, 2013) Teknologi Virtual Reality dapat diterapkan melalui berbagai media, seperti komputer, HMD (Head-Mounted Display), headphone, dan gelang sentuhan.

Virtual reality dapat dianggap sebagai lingkungan yang mengubah indra pengguna, seperti gambar dan suara.

Model simulasi virtual reality memberi peserta perasaan realistis dan memungkinkan komunikasi timbal balik dengan lingkungan dinamis yang dibuat oleh komputer. (Bayraktar & Kaleli, 2007) (Özdiñç, Tüzün, Ergün, Bayrak, & Kula, 2016)

Menurut Jaros (2018), pengguna dibawa ke dunia yang sama sekali berbeda dengan efek seperti grafik, video, dan suara, yang mirip dengan realitas virtual yang dibuat komputer. Virtual Reality menghasilkan lingkungan digital yang realistis untuk game digital, terutama game First Person View seperti Call of Duty, Battlefield, dan lain sebagainya. (Jaros, 2018)

Akibat penglihatan stereoskopis yang ditimbulkan, gambaran yang ditimbulkan menjadi lebih hidup, nyata, dan menarik. Keuntungan dari penggunaan VR adalah adanya efek 3D dengan persepsi ruang. (P & Y, 2017) Meskipun stereoskopis 3D menjadi populer dan berkembang menjadi industri besar, banyak orang merasa tidak nyaman dan mengeluh tentang as the-nopia. Faktor-faktor internal seperti konflik akomodasi-konvergensi, akomodasi yang lama dan berlebihan, binocular parallax, pergerakan kepala (pergerakan kepala) dan konflik visual-vestibular dapat menyebabkan keluhan gangguan pergerakan. Faktor-faktor eksternal juga dapat menyebabkan keluhan seperti mata kering, berair, dan merah. (C.A Read & Bohr, 2014)

Dalam penglihatan normal, vergensi dan jarak fokus akomodasi sejajar. Konflik akomodasi-vergensi terjadi dalam tampilan stereoskopis 3D karena jarak akomodasi terbatas pada tampilan layar dan jarak vergensi berubah-ubah tergantung pada jarak yang disimulasikan. Distorsi persepsi, masalah fusi, dan phoria adalah beberapa masalah yang akan ditimbulkan oleh konflik ini. (Torii, Okada, Ukai, S. W Wolffsohn, & Gilmartin, 2010)

Kemampuan konvergensi yang menurun terkait dengan perubahan pola phoria. Saat melihat stereoskopis 3D dengan jarak dekat, meskipun ada konflik akomodasi-vergensi, mata akan konvergensi untuk mencapai fusi binokuler. (Pao Zhuo, et al., 2017) Akibatnya, otot ekstraokuler lelah karena kontraksi otot yang terus menerus untuk konvergensi. Gejala kelelahan visual seperti penglihatan buram, diplopia, dan sakit kepala dapat muncul sebagai akibat dari penurunan fusi vergensi. (Karpicka & Alan Howarth, 2013)

Headset, juga dikenal sebagai layar yang dipasang di kepala (HMD), adalah

komponen paling penting dari perangkat VR. HMD pada dasarnya adalah satu set kacamata pembungkus besar yang memberikan informasi audio dan visual tentang dunia virtual yang sedang dijelajahi pengguna VR.

Oculus Quest 2 dari Facebook adalah salah satu headset yang paling disukai pemain game karena harganya yang terjangkau. HP Reverb G2, HTC VIVE Cosmos, Sony Playstation VR, dan Valve Index adalah pilihan lain yang tersedia untuk dibeli.

Game, terutama yang dibuat untuk PlayStation, Sony, atau Oculus, mungkin menjadi penggunaan VR pertama yang terlintas di benak Anda. Game VR pada platform ini mengambil inspirasi dari film blockbuster, latar historis seperti Eropa abad pertengahan atau Era Larangan Chicago, serta game arcade, game virtual, dan banyak lagi.



Gambar 6. Ilustrasi Permainan Game Menggunakan VR



Gambar 7. Ilustrasi Permainan Game Menggunakan VR

Generasi sistem VR saat ini disebabkan oleh kemajuan dalam

tampilan, penginderaan, dan teknologi komputasi dari industri ponsel pintar. Dari Palmer Desain Oculus Rift Luckey tahun 2012 untuk membuat casing tampilan untuk ponsel pintar [123, 244, 312], dunia dengan cepat berubah seiring diproduksinya headset VR secara massal dan ditempatkan di kepala jutaan orang. (Hoberman, M. Krum, & Suma Rosenberg, 2012)

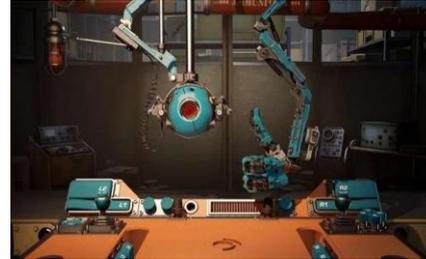
Tren ini serupa di banyak negara yang merupakan cara menuju revolusi komputer di rumah dan browser web. Hal ini juga sebagai variasi yang lebih luas bagi orang mempunyai akses terhadap teknologi. Serangkaian hal yang mereka lakukan dengan teknologi tersebut pada akhirnya secara substansial meluas. (Olson, Krum, Suma, & Bolas, 2011)

Jika memungkinkan, sangat disarankan agar kita secara mandiri mencoba banyak berinteraksi melalui penggunaan VR untuk membentuk opini langsung dan memicu imajinasi kita. Hal ini tidak bisa dipelaskan dari fakta alamiah bahwa masyarakat sejak dahulu memang terus bermimpi dan berupaya memasuki dan berinteraksi dengan dunia game secara langsung. Kebanyakan gamer saat ini ingin menjelajahi dunia yang besar dan realistis melalui avatar. (Steed & Julier, 2013)

Ada beberapa game lain di bawah ini yang mana masyarakat bisa menikmati melalui teknologi VR. Beberapa di antaranya ialah :

1. Pengalaman memecahkan teka-teki di dunia virtual adalah contoh Valve Portal 2, yang dikirimkan untuk headset HTC Vive oleh The Lab.
2. Treadmill Virtuix Omni, di mana kita berpetualang melalui game First Person Shooter (FPS) seperti Call of Duty, Counter Strike, dan Battlefield.
3. Masyarakat dapat menikmati permainan Lucky's Tale untuk Oculus Rift

dalam bentuk virtual reality, seolah-olah mereka memiliki sudut pandang orang ketiga saat pemain melayang di atas karakternya.



Gambar 8. Ilustrasi Permainan Game Valve Portal 2 Demo Menggunakan VR



Gambar 9. Ilustrasi Permainan Game Omni First Person Shooter Menggunakan VR



Gambar 10. Ilustrasi Permainan Game Lucky Adventure Menggunakan VR

Virtual Reality digunakan di banyak bidang selain video game. Ini termasuk teknik, pendidikan, terapi psikologis, e-commerce, pemasaran, seni, dan video game.

### Augmented Reality

Augmented reality dapat didefinisikan sebagai perpaduan dunia nyata dengan dunia virtual, penggunaan objek virtual untuk memperkaya lingkungan, penggabungan hologram digital dan realitas fisik, atau penggunaan produk digital untuk

menciptakan dunia virtual yang sesuai dengan tujuan.

Menurut William R dan Allan B, 2003; Bowo Dwi, 2010 (Ariyanto & M, 2010), augmented reality adalah lingkungan buatan yang menggabungkan dunia virtual yang dibuat oleh komputer dengan dunia nyata pada media tertentu, seperti monitor, layar LCD, atau display head mounted, sehingga terjadi interaksi antara objek nyata dan virtual. Augmented reality menampilkan objek virtual yang dibuat dengan bantuan komputer sebagai ganti objek nyata. Sehingga melalui AR, terdapat perpaduan antara dunia nyata dan virtual. (Sherman & Craig, 2003)

Aplikasi AR memungkinkan kita untuk memegang kamera ponsel kita ke arah latar yang sedang kita lihat, dan kemudian beberapa aplikasi akan menampilkan informasi tambahan tentang sesuatu yang ada di sekitar kita, seperti tanaman atau produk, saat kita mengarahkan ponsel kita ke objek tersebut. Aplikasi AR juga memungkinkan aplikasi untuk memasukkan karakter kartun ke dalam latar yang kita lihat melalui ponsel; ini berlaku untuk game AR populer seperti Pokémon GO.



Gambar 11. Ilustrasi Permainan Game Pokemon GO Menggunakan AR Melalui Android Smartphone

Pokemon GO merupakan Teknologi AR pertama yang menarik perhatian pengguna game seluler populer yang diluncurkan pada tahun 2016. Para pemain dalam game ini menggunakan perangkat seluler mereka untuk menang-

kap sosok Pokémon yang muncul di sekeliling mereka. Ini adalah ilustrasi bagaimana augmented reality merevolusi cara kita bermain video game, dan sejak saat itu, industri game terus mengalami pertumbuhan teknologi.

Ada jg sejumlah fitur gaming lain yang menggunakan AR, seperti *Wildeverse*, *Euclidean Skies*, dan *Aria's Legacy*. Game *Wildeverse*, *Wildeverse* adalah game AR yang mengharuskan kita membantu para ilmuwan menemukan dan menyelamatkan kera liar. Game ini memiliki lebih dari 70 misi individu untuk dimainkan. Keseluruhan permainan adalah alur cerita panjang yang membuat Anda bertemu dan membantu berbagai hewan secara virtual. Augmented reality mengubah lingkungan Anda menjadi hutan. Kita menjelajahi dan menggunakan ponsel untuk melacak dan menyelesaikan misi. Sebagian besar misi melibatkan pencarian petunjuk atau berinteraksi dengan kera. Di sela-sela misi, kita berkomunikasi dengan ilmuwan hewan yang ingin meneliti kera liar dan membantu kita memajukan cerita. Game ini dikembangkan oleh Internet of Elephants bekerja sama dengan Borneo Nature Foundation dan Goualougo Triangle Ape Project. Game ini tidak seperti kebanyakan game AR lainnya yang pernah Anda lihat. Yang terbaik dari semuanya, *Wildeverse* gratis untuk iOS dan Android.

*Euclidean Skies* merupakan sekuel dari *Euclidean Lands* yang mungkin pernah kamu dengar sebelumnya. Di game baru ini, Anda harus menjual lebih dari 40 teka-teki berbeda dengan memutar dan menggeser balok yang berbeda. Dengan augmented reality, Anda dapat mengelilingi setiap struktur saat bermain, memberi Anda pandangan 360 derajat dari lapangan bermain Anda. Setiap kastil diproyeksikan di depan Anda di rumah

Anda. Saat Anda melewati level, game AR menjadi semakin sulit untuk dimainkan. Euclidean Skies akan memberi Anda latihan otak selain membuat Anda bangun dari sofa untuk bergerak. Yang baru adalah mode tanpa akhir dalam game, yang memungkinkan Anda memutar blok tanpa batas waktu selama Anda bisa melakukannya. Game ini juga menampilkan beberapa pertarungan bos untuk menantang otak Anda. Secara keseluruhan, Euclidean Skies adalah salah satu game AR paling menawan yang bisa Anda mainkan.

Warisan ARia adalah permainan ruang pelarian dengan teknologi AR yang hebat. Ruang pelarian adalah tempat hiburan malam yang populer di seluruh dunia. Di setiap level, Anda harus memecahkan teka-teki dan menggunakan kunci virtual untuk membuka kunci. Ada surat dan pesan berisi makna tersembunyi yang harus Anda pecahkan agar bisa maju. Warisan ARia adalah salah satu game AR paling ambisius yang dapat Anda mainkan. Seluruh ruangan Anda diubah menjadi bagian dari permainan. (Anderson, 2020)



Gambar 12. Grafik AR Dalam Game Wildverse



Gambar 13. Grafik AR Dalam Game Euclidean Skies



Gambar 14. Grafik AR Dalam Game Aria's Legacy

Terdapat sejumlah game AR lainnya, namun masih dalam tahap pengembangan dikarenakan masih sedikit dan terbatasnya platform game yang menggunakan AR sehingga masih perlu penyempurnaan ke depannya.



Gambar 15. Ilustrasi Permainan dan Grafik AR

Teknologi Augmented Reality dalam pengembangan game berkembang seiring dengan teknologi. Salah satu kemajuan besar dalam pembuatan permainan AR adalah teknologi yang dapat dikenakan, seperti kacamata pintar, yang memungkinkan seseorang melihat objek virtual dalam jangkauan penglihatan mereka tanpa harus memegang smartphone. Sekarang pemain memiliki kemampuan untuk bergerak secara natural dan berinteraksi dengan benda-benda virtual, yang menghasilkan tingkat keterlibatan dan interaktivitas yang benar-benar baru.

### Teknologi Pemetaan Spasial Dalam Teknologi Augmented Reality Pada Game

Dalam pembuatan video game, penggabungan teknologi pemetaan

spasial merupakan kemajuan penting dalam pengembangan augmented reality. Karena teknologi ini, game AR memungkinkan pemahaman dan interaksi waktu nyata dengan lingkungan fisik.

Berkaitan dengan hal itu misalnya, pemetaan spasial dapat digunakan dalam game untuk membuat penghalang virtual yang harus dihindari pemain dalam lingkungan mereka yang sebenarnya. Hal ini meningkatkan imersi dan realisme game AR dengan membuatnya lebih realistis dan menantang.

Pengembangan AR dalam desain game juga menghasilkan penggabungan kemampuan multipemain. Pemain sekarang dapat bermain bersama teman atau bersaing satu sama lain dalam pengalaman AR real-time. Ini menambahkan elemen sosial ke game AR dan membuka peluang baru untuk gameplay kolaboratif dan kompetisi.

Penggabungan realitas augmented (AR) dalam desain game telah berdampak besar pada industri game secara keseluruhan. Permainan tradisional di konsol, komputer, atau perangkat seluler seringkali terbatas pada layar. Namun, dengan teknologi AR, permainan sekarang dapat dimainkan di dunia nyata, mengaburkan batas antara dunia virtual dan fisik.

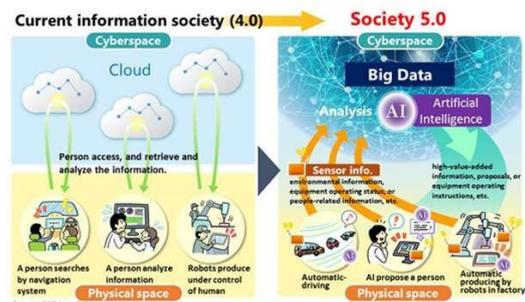
Para pemain utama dalam industri game telah menyadari kemungkinan teknologi ini, dan mereka telah meningkatkan minat dan dana mereka untuk mengembangkan game realitas augmented (AR). Perilisan game atau perangkat AR oleh perusahaan seperti Nintendo, Microsoft, dan Sony telah membuat teknologi ini semakin penting untuk masa depan game.

### Masyarakat 5.0

Masyarakat 5.0 sebetulnya ialah penyempurnaan dari tahapan pengem-

baran masyarakat yang sudah ada sebelumnya, dari masyarakat 1.0 hingga 4.0 yang saat ini tengah kita hadapi.

Secara definisi, masyarakat 5.0 adalah masa ketika semua teknologi menjadi bagian dari manusia. Menjalankan kehidupan melalui internet lebih dari sekadar berbagi informasi. Nilai-nilai dan gaya hidup baru yang dihasilkan oleh kemajuan teknologi dapat mengurangi disparitas sosial dan masalah ekonomi di masa depan. Bahkan dibandingkan dengan masyarakat 4.0 yang kita jalani saat ini, penggunaan teknologi seperti kecerdasan buatan, virtual reality, dan augmented reality akan terasa semakin canggih. (Suherman, Musnaini, Wijoyo, & Indrawan, 2020)



Gambar 16. Ilustrasi Society 5.0

### Game, Augmented Reality, Virtual Reality Menuju Masyarakat 5.0

Dalam prakteknya, dunia game yang saat ini sudah mulai diterapkan penggunaan teknologi AR dan VR, merupakan langkah menuju proses integrasi masyarakat yang semakin canggih menuju Masyarakat 5.0. Karena dalam hal ini, sudah mulai terasa tidak ada lagi batasan antara dunia virtual dan dunia nyata. Platform gaming yang saat ini sudah mulai menggunakan teknologi AR dan VR seolah-olah mengikis batasan tersebut. Sehingga ketiak bermain game, seperti misalnya POKEMON GO, hal itu terasa seperti kita ikut dalam permainan itu di dunia nyata.



Gambar 17. VR dan AR Mengintegrasikan Dunia Virtual dan Nyata Dalam Game

Dalam kaitannya dengan teknologi VR dan AR di dunia game, ada beberapa manfaat yang bisa dipelajari, yaitu : (Ayu, 2023)

1. Lingkungan permainan yang lebih menarik : Salah satu aspek terpenting dari bermain game adalah pengalaman yang imersif. VR dan AR membuat pengalaman bermain game jauh lebih menarik daripada game tradisional karena pemain dapat berinteraksi dengan karakter dan objek virtual saat berada di lingkungan yang sebenarnya. Hasilnya, seolah-olah fitur virtual tersebut benar-benar ada di dunia nyata. Misalnya, dalam game VR dan AR, pemain dapat memindahkan objek virtual ke ruang tamu mereka, menghadapinya, dan berinteraksi dengannya.
2. Eksplorasi Lingkungan Nyata : Pengembang game dapat membuat pengalaman bermain yang berbasis lokasi, yang memungkinkan pemain menjelajahi lingkungan mereka saat bermain game melalui teknologi AR dan VR. Misalnya, dalam permainan berbasis lokasi, pemain dapat memecahkan teka-teki atau mengikuti petunjuk di dunia fisik mereka untuk menyelesaikan misi game, membawa elemen petualangan yang mendalam ke dalam game.
3. Pengembangan Game Edukatif: Teknologi virtual reality dan augmented reality (AR) telah digunakan untuk

- membuat game edukatif selain digunakan untuk hiburan. Game virtual reality (VR) dan AR dapat digunakan untuk mengajar konsep pendidikan yang berbeda dengan cara yang interaktif dan menarik. Sebagai contoh, game virtual reality (VR) dan augmented reality (AR) memungkinkan siswa menjelajahi tata surya dengan menempatkan planet skala di kelas mereka. Memeriksa organ tubuh manusia secara visual juga menjadi bagian dalam konteks hal ini. Ini membuat pembelajaran lebih menarik dan lebih mudah dipahami.
4. Keterlibatan Sosial dalam Video Game : Melalui teknologi virtual reality dan augmented reality (VR dan AR), pemain dapat berkomunikasi satu sama lain di dunia virtual mereka, menciptakan lingkungan game yang lebih sosial di mana mereka dapat bekerja sama dalam tugas-tugas augmented reality atau bersaing dalam aktivitas berbasis lokasi di dunia fisik. Hasilnya, orang menjadi lebih terlibat dan bersosialisasi saat bermain game.

#### **Tantangan dan Permasalahan Virtual Reality dan Augmented Reality Dalam Game**

Meskipun realitas virtual dan realitas augmented (VR) menawarkan banyak manfaat bagi industri hiburan, masih ada beberapa kendala yang menghalangi penggunaan teknologi ini. Beberapa tantangan tersebut antara lain:

1. Biaya: Implementasi realitas virtual dan realitas augmented (VR) dan AR memerlukan biaya yang cukup besar, terutama untuk pengembangan dan produksi konten. Biaya ini dapat menjadi penghalang untuk memperluas pasar dan menarik lebih banyak pengguna.

2. **Infrastruktur:** Infrastruktur yang memadai, seperti perangkat keras yang cukup canggih dan konektivitas internet yang cepat dan stabil, diperlukan untuk mengadopsi teknologi VR dan AR, tetapi masih banyak daerah yang tidak memiliki infrastruktur yang diperlukan untuk mengadopsi teknologi ini.
3. **Keselamatan:** Pengguna harus dilatih dan diberi instruksi yang jelas tentang cara menggunakan perangkat VR dan AR secara aman, benar, dan tepat terutama saat menggunakan perangkat VR yang memerlukan gerakan dan interaksi fisik yang intens.
4. **Kurangnya Model Bisnis Yang Terbukti :** Dalam konteks augmented reality (AR), membangun model bisnis yang terbukti seringkali menjadi tantangan. Tidak ada model bisnis AR yang mapan dan digunakan secara luas meskipun teknologi ini menawarkan banyak peluang. Ini membuat banyak perusahaan ragu untuk berinvestasi dalam AR jika mereka tidak memiliki jaminan pengembalian investasi yang jelas. Kekuatan merek membantu produk AR terbesar saat ini di Pokemon Go. Tingkat retensi meningkat setelah hype mereda. Hal yang sama berlaku untuk aplikasi AR Amazon dan IKEA; meskipun keduanya menarik, kita bisa hidup tanpanya.

Kurangnya standar desain & Pengembangan Aplikasi Augmented Reality: Ketiadaan standar desain dan pengembangan aplikasi AR yang konsisten merupakan masalah tambahan. Karena perangkat keras dan platform AR berbeda, membuat pengembangan aplikasi AR yang berjalan di berbagai perangkat menjadi tidak jelas. Untuk menghasilkan standar desain dan pengembangan yang dapat diterima oleh seluruh industri, diperlukan

upaya besar. Bahasa standar dapat digunakan di semua jenis aplikasi perangkat lunak. Salah satu cara untuk memastikan kompatibilitasnya dan kontribusinya terhadap perkembangan teknologi secara keseluruhan adalah melalui ini. Saat ini, hal inilah yang digunakan untuk augmented reality. Tanpa standar ini, setiap proyek yang berkaitan dengan augmented reality akan hampir tidak dapat berfungsi dengan proyek lain. Jika semua orang berpikiran sama, perkembangan teknologi akan lebih cepat karena hal ini mempersulit proses penyatuan solusi secara keseluruhan.

#### **Upaya Memperkuat Virtual Reality dan Augmented Reality dalam Pengembangan Game Menuju Masyarakat 5.0**

Untuk memberikan kepuasan yang luar biasa bagi para penikmat game, perkembangan teknologi game yang semakin canggih saat ini harus dibarengi dengan upaya untuk meningkatkan realitas virtual dan realitas augmented (AR) dan VR. Untuk mencapai hal ini, tentu diperlukan upaya yang besar dari para developer game, investor, dan anggota masyarakat yang relevan, serta pemerintah, untuk memastikan dana, infrastruktur, keselamatan, dan aspek lain dari bermain game.

Untuk menjawab tantangan dan kesulitan dalam peningkatan teknologi AR dan VR sebagaimana yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, tentu tidaklah mudah. Hal tersebut memerlukan upaya dan sinergitas dari para stakeholders, khususnya developer game, untuk memastikan bahwa teknologi ini memang bisa diakses oleh elemen masyarakat secara mudah. Dalam konteks VR, dan khususnya AR, salah satu hal yang paling krusial yang perlu diperhatikan sebagai langkah pertama dalam pengembangan

kedua teknologi ini dalam dunia game, ialah standar. Dalam hal ini lebih lanjut ialah standar VR, dan khususnya AR seperti apa yang bisa dijadikan sebagai kerangka/wadah untuk digunakan dalam berbagai platform game seperti Playstation, Nintendo Switch, PC, dan lain sebagainya. Sehingga system hardware yang menempel pada platform tersebut mudah disesuaikan dengan apa yang kompatibilitas (compatibility) dengan system gaming yang bisa dijalankan teknologi VR dan khususnya AR. Dalam rangka mewujudkan keseluruhan hal tersebut, tentu tidaklah mudah. Namun dengan upaya atau optimalisasi yang berkelanjutan untuk betuk-betul menyesuaikan platform gaming yang ada saat ini dengan teknologi AR dan VR, khususnya bagi para developer game, tentu penggunaan AR dan VR dalam berbagai platform gaming akan semakin meluas dan mudah diakses bagi masyarakat ke depannya, khususnya para pecinta gaming.

Dengan tingkat perkembangan grafik berbagai platform gaming saat ini, hal ini bisa dijadikan salah satu standar signifikan bagi para developer game untuk lompatan penggunaan teknologi AR atau VR ke depannya agar sesuai (compatible) dengan platform gaming yang ada. Salah satu perusahaan media/kartu grafis yang paling terkenal dan menjadi rujukan utama dari berbagai platform gaming sebagai komponen hardware grafik di system ialah perusahaan Nvidia dan AMD Radeon. Saat ini perkembangan kartu grafik yang diproduksi perusahaan grafik ini sudah semakin banyak dan canggih. Terakhir kartu grafis Nvidia GeForce RTX 4070 Ti ialah produksi terbaru. Dalam beberapa tahun terakhir, sejumlah kartu grafis seperti Nvidia GeForce RTX 4070 Ti sudah support teknologi VR. Berikut di

bawah ialah sejumlah kartu grafis dalam game yang sudah support setidaknya untuk VR : (Burek & Justin Allen Sexton, 2023)

1. Nvidia GeForce RTX 4090
2. Nvidia GeForce RTX 4070 Ti
3. AMD Radeon RX 7900 XT
4. Nvidia GeForce RTX 4070
5. AMD Radeon RX 7800 XT
6. Nvidia GeForce RTX 4060
7. AMD Radeon RX 7600

Untuk AR, sebagaimana yang disebutkan pada bagian sebelumnya, teknologi ini relatif jauh lebih baru dibanding VR, sehingga jumlah platform gaming dan hardware yang tersedia untuk support teknologi ini masih jauh lebih terbatas dibanding VR. Namun baik VR maupun AR memiliki potensi dan urgensi yang sama dalam pengembangan gaming platform sehingga keduanya layak untuk dioptimalisasikan secara berkelanjutan. Sehingga berkaitan dengan hal ini, khususnya kolaborasi antara developer game dan hardware agar semakin banyak kartu grafik yang support secara sistem dengan teknologi VR dan AR. Secara umum, ada sejumlah Langkah yang bisa dilakukan, khususnya bagi para developer game, untuk bisa mengembangkan platform gaming dengan teknologi VR dan AR :

1. Meningkatkan investasi terkait standar kompatibilitas system (system compatibility) platform gaming dengan teknologi AR dan VR.
2. Meningkatkan kolaborasi dengan berbagai stakeholder, misalnya perusahaan grafik dan hardware lainnya termasuk juga pemerintah yang dalam hal ini bisa melalui Kementerian Komunikasi dan Informasi, untuk membantu meningkatkan komponen hardware platform gaming sehingga

investasi sebagaimana disebutkan pada poin pertama di atas bisa dilaksanakan secara optimal.

3. Meskipun industri game belum menggunakan teknologi virtual reality (VR) dan realitas augmented (AR) secara luas, walaupun kedua teknologi ini sudah tidak asing lagi ditelinga masyarakat, produsen game tidak dapat merilis game yang dapat dimainkan dengan teknologi ini. Berdasarkan alasan tersebut, maka peranan developer game beserta stakeholder lainnya sebagaimana disebutkan dalam poin 2, perlu dikolaborasikan secara optimal sehingga teknologi VR dan AR semakin mudah diakses masyarakat, khususnya pecinta game.
4. Penggunaan realitas virtual dan realitas augmented (VR) dan AR tidak hanya digunakan untuk membuat game terkesan futuristik dan mahal. Untuk memainkan game dengan baik diperlukan juga perangkat khusus. Hal ini bisa terwujud sekali lagi melalui kolaborasi antara developer game dan para stakeholder terkait.

Secara lebih spesifik, dalam kaitannya dengan system, sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya memang optimalisasi VR dan AR dalam platform gaming juga perlu ditelaah dari kebutuhan system yang ada. Berdasarkan analisis kebutuhan sistemnya, berarti memahami dan menelaah apa yang dibutuhkan untuk membangun sistem baru dan membuat sistem yang memenuhi kebutuhan tersebut.

Kebutuhan sistem terdiri dari Kebutuhan Fungsional atau *Functional Requirement* yang berisi proses yang harus dilakukan oleh sebuah sistem dan informasi yang harus ada di dalam sistem tersebut, sedangkan Kebutuhan Non

Fungsional atau Nonfunctional Requirement adalah tipe kebutuhan yang berisi properti perilaku yang dimiliki oleh sebuah sistem.

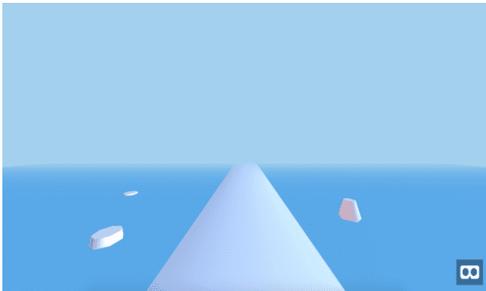
Analisis Fungsional, di sisi lain, melibatkan pembuatan rancangan ide dan rincian permainan yang dapat menarik perhatian pemain. Contohnya adalah jenis permainan, sistem permainan, dan ide di balik cara bermain. Untuk jenis permainannya, itu adalah mode berlari tanpa henti, yang merupakan mode sederhana untuk menghidupkan kembali pikiran agar tidak jenuh. Virtual reality (VR) headset dan smartphone Android adalah komponen sistemnya. Hal yang sama juga berlaku untuk realitas augmented (AR) dalam beberapa game yang memang dirancang untuk memanfaatkan teknologi AR. Dalam game-game Endless run misalnya ini, terdapat adegan di mana pemain berlari dari anjing dan mereka harus berlari supaya tidak digigit anjing dan menghindari berbagai rintangan lain yang mereka hadapi selama di perjalanan.

Untuk kebutuhan analisis non-fungsional, analisis sistem non-fungsional menganalisis perangkat lunak dan perangkat keras yang diperlukan untuk membuat sistem. Sebagai contoh, berkaitan dengan teknologi VR, Persyaratan untuk game Endless Runner sebagaimana disebutkann sebelumnya adalah: (Alfah, Sari, & Ridha Aulia, 2021)

1. Perangkat keras (hardware) yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut: headset VR, komputer dengan minimal spesifikasi AMD Athlon(tm) II X2 255CPU processor (2 CPUs), RAM 4GB, mouse, modem, speaker, dan keyboard.
2. Perangkat lunak yang digunakan dalam game Endless Run ini adalah yang berikut: Sistem Operasi Windows 7 Pro

64 bit, Java Development Kit (JDK) 1.8.0\_131, Android Studio 2.3.3, Unity versi 5.6, GoogleVR, dan MonodeVELOPE.

3. Perangkat keras yang dibutuhkan pemain untuk menjalankan game ini adalah sebagai berikut: smartphone Android dengan RAM sebesar 1 GB, memory internal sebesar 500 MB, dan headset VR.
4. Kebutuhan Perangkat Lunak Pemain: Pemain harus memiliki smartphone dengan sistem operasi Android dengan minimal versi 4.4 (Kitkat).



Gambar 18. Game Endless Run Menggunakan VR

Sedangkan berkaitan dengan teknologi AR, selain Pokemon GO, salah satu game lain yang bisa dimainkan dengan teknologi ini ialah Mario Kart Live. Adapun persyaratan umum untuk menjalankan game AR seperti Mario Kart Live dengan AR ialah : (Chowanda, 2011)

1. Alat untuk input bisa berupa marker. Marker adalah penanda unik yang dapat dikenali oleh kamera dengan pola tertentu, sehingga saat kamera mendeteksi marker, objek 3D dapat ditampilkan. Marker Augmented Reality dapat dikategorikan menjadi dua yaitu deteksi menggunakan (*Marker Based Tracking*) dan tanpa marker (*markerless*). Marker based tracking komputer akan mengenali posisi dan orientasi marker dan

menciptakan dunia virtual 3D.

Marker, juga dikenal sebagai "Image Target", memiliki persyaratan yang diperlukan agar dapat dilacak oleh sistem AR, yang mencakup:

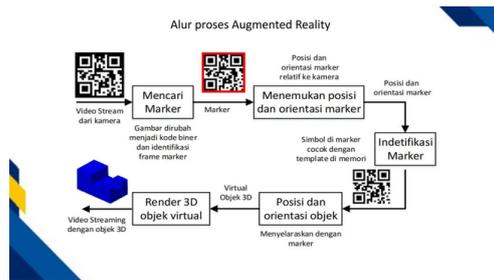
- a. Gambar pemandangan, kumpulan orang, kolase, dll. memiliki pola dan fitur yang kaya.
- b. Kontrasnya bagus, gelap, dan terangnya jelas.
- c. Tidak ada pola yang diulang, seperti lapangan rumput atau kotak-kotak. (Wahyudi & Harianto, 2019)

2. Salah satu contoh output/display adalah head mounted display (HMD), yang berarti alat yang diletakkan di atas kepala atau kacamata. HMD adalah perangkat berbentuk kacamata yang memungkinkan Anda melihat aplikasi dan halaman web dalam ruang maya. Microsoft juga telah mencoba kacamata yang memungkinkan pengguna melihat aplikasi dan halaman web dalam realitas augmented (AR). Selain, versi kacamata 3D-nya menggunakan teknologi AR, terdapat juga item handheld seperti tablet PC, ponsel, dan alat mobile lainnya. Output lainnya juga dapat berupa monitor atau layar yang tidak terintegrasi dalam sistem.

3. Alat pelacak/pemantauan dapat mencakup GPS, sensor nirkabel, accelerometer, kompas, kamera, atau sensor optik lainnya. Setiap alat pengawasan ini memiliki keakuratan, jarak baca, tingkat presisi, dan waktu setup yang berbeda sebagaimana menurut Keller (2000). Komputer adalah komponen terakhir, dan kinerja sistem AR dipengaruhi oleh kecepatan clock CPU, jumlah RAM, dan jumlah memori yang memproses grafik.



Gambar 19. Game Mario Kart Live di Nintendo Switch dengan Teknologi AR



Gambar 20. Alur Input dan Output AR

Hardware sebagaimana yang disebutkan di atas merupakan komponen dari perangkat Internet of Things (IoT) untuk penggunaan AR. Sebagaimana VR, secara sistem, apa yang dijelaskan di atas, Ada banyak aplikasi AR yang membutuhkan hardware dan software khusus. Namun, sebagian besar software yang digunakan menggunakan posisi data yang dihasilkan oleh kamera dan tracking devices. Tujuan dari hal ini ialah transfer data/gambar/posisi ke dalam XML file dengan menggunakan Augmented Reality Markup Language, atau ARML. Dengan menentukan hubungan antara dunia nyata dan virtual, blok fungsional ARML memungkinkan fusi dunia nyata dan virtual. Ini memungkinkan penggabungan objek virtual ke dunia nyata.

Selain hardware, AR juga membutuhkan software yang tepat. Dalam hal software, dua perusahaan paling terbesar di pasar, Apple dan Google, telah menginterpretasikan AR melalui platform pengembangan mereka, ARKit dan ARCore.

ARKit adalah paket pengembangan aplikasi iOS yang diluncurkan pada WWDC 2017 oleh Apple dan tersedia segera untuk pengembang di seluruh dunia. ARKit yang canggih hanya dapat digunakan pada perangkat yang memiliki varian chip A12 Bionic atau lebih tinggi. Saat ini, A12 Bionic mendukung iPhone XR, iPhone XS, dan iPhone XS Max Apple, sementara iPad Pro 11 inci dan iPad Pro 12,9 inci generasi ketiga memiliki varian chip A12X Bionic yang lebih tangguh.

Aplikasi yang dibangun dengan ARKit tersedia di AppStore dalam berbagai kategori, termasuk produktivitas, pendidikan, bisnis, dan, yang paling penting, game. Aplikasi AR telah diunduh lebih dari 13 juta kali, dan sekitar 1,7 miliar orang akan menjadi pengguna AR pada tahun 2020.

Sebaliknya, ARCore adalah paket pengembangan untuk aplikasi Android. Google telah memiliki pengalaman dengan teknologi augmented reality sejak peluncuran ARKit. Platform AR milik Google, Tango, beroperasi selama hampir empat tahun dari musim panas 2014 hingga musim semi 2018, tetapi tidak menikmati popularitas yang sama dengan ARKit. Pada akhirnya, Google menyelesaikan Tango dan meluncurkan AR SDK yang benar-benar baru.

ARCore dan Tango keduanya resmi dirilis pada bulan Maret 2018, tetapi versi stabil pertama baru dirilis pada bulan Desember tahun yang sama. Google's Playground adalah salah satu aplikasi Android yang paling banyak digunakan dengan ARCore. (Arena, Collotta, Pau, & Termine, 2022)

Berdasarkan penjelasan di atas, kita bisa lihat penggunaan teknologi AR dan VR secara sistem hardware dan software, khususnya untuk AR, memiliki spesifikasi tersendiri dalam game dan saat ini masih

terus dalam tahap pengembangan. Semakin hari, sistem yang dibutuhkan ke depannya juga akan semakin kompleks. Oleh karenanya, dengan adanya harmonisasi/sinergitas yang tercipta antara system yang terbangun antara berbagai platform game yang ada saat ini sebagaimana disebutkan dengan system yang bisa dijalankan melalui VR dan AR pada khususnya, hal ini tentu menjadi Langkah progresif awal menuju Masyarakat 5.0 di mana digitalisasi system dan integrasi antara dunia virtual dan nyata menjadi semakin hilang batasannya. Sehingga masyarakat sudah memili digitalisasi jaringan data, yang jauh lebih canggih dan modern, salah satunya dengan aspek Artificial intelligence di dalamnya. Dalam hal ini VR dan AR menjadi salah satu komponen yang memotori Langkah masyarakat dunia menuju kearah kecanggihan dan modernisasi teknologi tersebut. Hal ini juga berlaku dalam dunia gaming.

## KESIMPULAN

Transformasi digital diharapkan dapat membantu perkembangan dunia game dengan cara yang belum pernah terpikirkan sebelumnya. Oleh karena itu, virtual reality (VR) dan augmented reality (AR) bukanlah masa depan, melainkan masa kini yang perlu kita pelajari. Transformasi digital bukan sekadar digitalisasi, tetapi berfokus pada memenuhi kebutuhan yang tidak terpenuhi sebelumnya. Dalam hal ini, penggunaan VR dan AR merupakan langkah nyata untuk memenuhi kebutuhan yang tidak terpenuhi sebelumnya, termasuk dalam pemanfaatan dan optimalisasi game.

Dengan peningkatan kualitas pengalaman gaming, peningkatan keterlibatan pengguna, dan peningkatan efisiensi produksi dan diversitas konten, teknologi VR dan AR memiliki banyak potensi untuk

industri game. Namun, masih ada beberapa kendala yang menghalangi penggunaan teknologi ini seperti standar system yang dibutuhkan agar kedua teknologi ini, khususnya AR, dapat dijalankan secara optimal dalam platform gaming, VR dan AR menjanjikan solusi yang lebih inovatif dan menarik bagi industri hiburan di masa depan. Oleh karena itu, baik developer game dan seluruh stakeholder yang ada, harus mengikuti perkembangan teknologi ini secara berkelanjutan dan mengambil tindakan kolaboratif yang tepat serta optimal untuk memaksimalkan kepentingan dan kenikmatan bermain game bagi masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfah, R., Sari, M., & Ridha Aulia, M. (1. May 2021). PROTOTYPE GAME BERBASIS VIRTUAL REALITY (VR) KARAKTER "JASPER". *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 6(1), S. 20-26.
- Anderson, R. (7. May 2020). *AR Post*. Abgerufen am May 2020 von AR Post: <https://arpost.co/2020/05/07/3-ar-games-try-during-pandemic/>
- Arena, F., Collotta, M., Pau, G., & Termine, F. (19. February 2022). An Overview of Augmented Reality. *MDPI Journal*, 11(28), S. 1-15.
- Ariyanto, B., & M, H. (2010). *Simulasi perilaku pergerakan objek 3D media augmented reality berbasis logika fuzzy*. Surabaya, Jawa Timur, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ayu, D. (12. September 2023). *Penggunaan Augmented Reality (AR) pada Desain Game*. Von Metanesia (TELKOM INDONESIA): <https://metanesia.id/blog/penggunaan-ar-dalam-desain-game> abgerufen
- Bayraktar, E., & Kaleli, F. (31. October 2007). *Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları*.

- Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, Olson, J., Krum, D., Suma, E., & Bolas, M. IX(7), S. 253-258.
- Burek, J., & Justin Allen Sexton, M. (11. October 2023). *PC Magazine*. Abgerufen am October 2023 von PC Magazine: <https://www.pcmag.com/picks/the-best-graphics-cards-for-vr>
- C.A Read, J., & Bohr, I. (30. May 2014). User experience while viewing stereoscopic 3D television. *Taylor & Francis Group*, S. 1140-1153.
- Chowanda, A. (1. December 2011). PERANCANGAN GAME KARTU INTERAKTIF BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN AUGMENTED REALITY. *BINUS Journal*, S. 726-734.
- Hoberman, P., M. Krum, D., & Suma Rosenberg, E. (March 2012). Immersive training games for smartphone-based head mounted displays. *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*, DOI:10.1109/VR.2012.6180926(DOI:10.1109/VR.2012.6180926), S. 151-152.
- Jaros, W. (2018). *The Role of Augmented Reality and Virtual Reality in Digital Learning: Comparing Matching Task Performance*. Minnesota, USA: University of Minnesota.
- Karpicka, E., & Alan Howarth, P. (16. July 2013). Heterophoria adaptation during the viewing of 3D stereoscopic stimuli. *Ophthalmic and Psychological Optics*, 33(15), S. 604-610.
- M. La Valle, S. (2019). *Virtual Reality*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Neelakantam, S., & Pant, T. (4. March 2017). Setting Up Your VR Lab and Popular WebVR Projects. *Learning Web-Based Virtual Reality*, [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2710-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2710-7_3)([https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2710-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2710-7_3)), S. 20-32.
- Özdiñç, F., Tüzün, H., Ergün, E., Bayrak, F., & Kula, A. (May 2016). Usability Testing of a Three-Dimensional Library Orientation Game. *Taylor & Francis Group*, S. 77-91.
- Pao Zhuo, Z., Hua, B., Ping Yu, X., Jiang, J., Qin Xu, A., & Wen Wang, Y. (2017). Effects of persistent viewing of 3D TV on human visual function. *International Eye Science*, S. 610-614.
- Roettl J, T. (October 2018). How does technology impact game evaluation and brand placements? *PLoS ONE*, 13(7), S. 14.
- Rudjiono. (31. October 2023). *UNIVERSITAS STEKOM (Universitas Sains & Teknologi Komputer)*. Von UNIVERSITAS STEKOM (Universitas Sains & Teknologi Komputer): <https://komputer-grafis-d3.stekom.ac.id/informasi/baca/VIRTUAL-REALITY-VR-DAN-AUGMENTED-REALITY-AR-DALAM-GAME-DEVELOPMENT/ceeae4ff2fe29ad45e5cc0a1a3bcc33077ee925#abgerufen>
- R. King, G., Piekarski, W., & H. Thomas, B. (2005). ARVino - Outdoor Augmented Reality Visualisation of Viticulture GIS Data. *4th Int'l Symposium on Mixed and Augmented Reality*, S. 1-5.
- Sherman, W., & Craig, A. (2003). *Understanding Virtual Reality, Interface, Application and Design*. New York, New York, USA: Elsevier.
- Sihite, B., Samopa, F., & Asrul Sani, N. (2013). Pembuatan Aplikasi 3D Viewer Mobile dengan Menggunakan Teknologi Virtual Reality (Studi Kasus: Perobekan

- Bendera Belanda di Hotel Majapahit).  
*JURNAL TEKNIK POMITS*, 2(2), S. 397-400.
- Steed, A., & Julier, S. (March 2013). Design and implementation of an immersive virtual reality system based on a smartphone platform. *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, DOI:10.1109/3DUI.2013.6550195(DOI:10.1109/3DUI.2013.6550195).
- Suherman, Musnaini, Wijoyo, H., & Indrawan, I. (2020). *INDUSTRY 4.0 vs SOCIETY 5.0*. Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia: Penerbit CV. Pena Persada.
- Torii, M., Okada, Y., Ukai, K., S. W Wolffsohn, J., & Gilmartin, B. (1. December 2010). Dynamic measurement of accommodative responses while viewing stereoscopic images. *Taylor and Francis Group*, S. 557-567.
- P, C., & Y, C. (13. September 2017). The Effectiveness of Using Stereoscopic 3D for Proportion Estimation in Product Design Education. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, DOI: 10.12973/ejmste/78183(DOI: 10.12973/ejmste/78183), S. 6636-6648.
- Wahyudi, N., & Harianto, A. (19. Agustus 2019). Augmented Reality Marker Based Tracking Visualisasi Drawing 2D ke dalam Bentuk 3D dengan Metode FAST Corner Detection. *JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS AND COMPUTATION*, S. 9-18.