



# IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *AUGMENTED* DAN *VIRTUAL REALITY* DALAM PENELITIAN ARSITEKTUR

## The Implementation of Augmented and Virtual Reality Technology in Architectural Research

Astrid Hapsari Rahardjo<sup>1,2</sup>, L. M. F Purwanto<sup>2</sup>, Peter Ardhianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Teknologi, Universitas Tanri Abeng, Jakarta

<sup>2</sup> Program Studi Doktor Arsitektur, Konsenterasi Arsitektur Digital, Unika Soegijapranata, Semarang

Surel: <sup>1</sup> [23a30007@student.unika.ac.id](mailto:23a30007@student.unika.ac.id)

Vitruvian vol 14 no 2 Juli 2024

Diterima: 29 12 2023

Direvisi: 22 05 2024

Disetujui: 08 06 2024

Diterbitkan: 25 07 2024

### ABSTRAK

Teknologi digital *augmented reality* (AR) dan *virtual reality* (VR) memiliki keutamaan dalam menyajikan representasi kondisi di dunia nyata dan mensimulasikan suatu kondisi buatan terhadap kondisi nyata tadi. Keduanya memiliki ciri tersendiri dimana AR mengetengahkan simulasi digital dari modifikasi kondisi buatan atau proyeksi rencana rancangan pada suatu kondisi eksisting lingkungan terbangun sedangkan VR sepenuhnya menyajikan representasi rancangan yang dapat diakses manusia dalam dimensi digital. Di dalam ranah ilmu arsitektur, pemanfaatan teknologi ini ditemukan di dalam penelitian arsitektural dalam rangka investigasi dan pengembangan keilmuan, selain daripada penggunaannya di dalam praktek perancangan dan konstruksi. Studi ini merupakan kajian literatur tentang pemanfaatan teknologi VR dan AR dalam penelitian arsitektur terkait berbagai topik, seperti pelestarian bangunan cagar budaya, pengaruh psikologis biofilia pada pengguna suatu lingkungan binaan, dan preferensi calon pengguna terhadap suatu rancangan arsitektur dan interior. Studi literatur ini disajikan secara sistematis (*systematic literature review* atau *SLR*) yang dimulai dengan perbedaan karakteristik antara teknologi VR dan AR kemudian dilanjutkan dengan penelitian mana saja yang menggunakan teknologi AR atau VR.

**Kata Kunci:** *augmented reality*, *virtual reality*, representasi kondisi lingkungan, simulasi lingkungan binaan, penelitian arsitektur.

### ABSTRACT

Digital technologies such as *augmented reality* (AR) and *virtual reality* (VR) have the advantages of creating representations of real-world conditions and simulating artificial conditions in relation to those real conditions. Each has its own characteristics where AR emphasizes the digital simulation of artificial modifications or the projection of design plans onto existing built environment conditions, VR fully presents design representations of a planned design. Both technologies provide access for humans to enter and experience the digital dimension of virtual realms by means of using devices that connect the virtual realms visually for VR and added controllable mechanisms to manage further modifications in the AR. In the field of architectural studies, the use of these technologies can be found in research for the purpose of investigation and scientific development, in addition to their use in design and construction practice. This study is a literature review on the use of VR and AR technology in architectural research related to various topics, such as the preservation of cultural heritage buildings, the psychological effects of biophilia on users of a built environment, and the users' preferences in residential architecture and interior designs. This literature review is presented systematically (*systematic literature review* or *SLR*), beginning with the different characteristics between VR and AR technologies and followed by the research that uses either AR or VR technology.

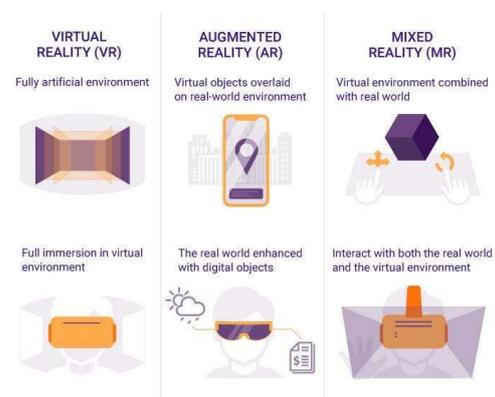
**Keywords:** *virtual reality*, *environmental condition representation*, *built environment simulation*, *architectural research*.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital seperti *augmented reality* (AR) dan *virtual reality* (VR) memiliki kemampuan untuk menghadirkan representasi maya dari kondisi nyata pada suatu lingkungan binaan baik yang berdiri secara mandiri ataupun yang digabungkan secara simulatif terhadap proyeksi rencana kedepannya. Pemanfaatan teknologi ini juga dapat dijumpai di dalam berbagai bidang ilmu seperti medis, perencanaan perkotaan, psikologi, dan arsitektur. Dalam ranah psikologi medis, VR digunakan sebagai tindak intervensi medis dengan memberikan simulasi atmosfer akan suatu keadaan tertentu bagi pasien, misalnya yang terkait dengan kasus *post-traumatic stress disorder* (PTSD), kasus kecemasan berlebih, *scizofrenia*, dan depresi (Zhai et al., 2021). Dalam lingkup neuro sains, teknologi VR memberikan gambaran pemetaan sistem saraf yang akurat untuk meningkatkan pemahaman terkait dengan anatomi sistem saraf manusia. Simulasi dalam VR juga membantu dalam pelatihan keahlian dalam tindakan operasi pasien penyakit saraf (Scott et al., 2022).

Dalam arsitektur, munculnya teknologi VR dan AR mengubah paradigma terhadap lansekap perancangan dan penelitian dikarenakan kemampuannya dalam menjembatani celah antara realita dan visi dalam satu langkah (Uppunda, 2023). VR dan AR memiliki kesamaan dalam penyajian pengalaman ruang virtual dalam dimensi lingkungan binaan secara digital namun keduanya tetap memiliki perbedaan yang terletak pada asal dan karakteristik obyek dan lingkungan binaan digital yang disajikan. AR menyajikan obyek virtual pada lingkungan yang realistis dan memungkinkan modifikasi obyek virtual tersebut dengan simulatif sedangkan VR secara sepenuhnya menyajikan pengalaman visual terkait obyek dan lingkungannya dalam dimensi digital (Tokareva, 2018). Arsitektur, dalam konteks fisiknya sebagai lingkungan terbangun, memberikan dampak langsung terhadap persepsi, perasaan, dan respon afektif penggunaannya (Tuan, 2001). Studi ini merupakan kajian literatur terkait berbagai penelitian arsitektur yang memanfaatkan teknologi digital augmented reality dan virtual reality. Dengan demikian, pengalaman virtual pengguna yang disajikan melalui penggunaan teknologi VR dan AR, dengan karakteristik dari masing-masing teknologi tersebut, dapat memberikan wawasan dan

ide kelanjutan terkait dengan pengembangan pengetahuan arsitektur kedepannya.



**Gambar 1.** Diagram perbedaan antara *augmented reality* (AR), *virtual reality* (VR), dan *mixed reality* (MR)

Sumber: Forbes.com, 2022



**Gambar 1.** Diagram tahapan dari lingkungan nyata, *augmented reality* (AR), *virtual reality* (VR), dan *mixed reality* (MR)

Sumber: Bahar, Y.D., 2014

## METODOLOGI

Studi ini merupakan kajian literatur yang dilaksanakan dengan metode tinjauan literatur secara sistematis atau *systematic literature review*. *Systematic literature review* merupakan metode studi literatur yang dilaksanakan dengan mengumpulkan, mengkaji, dan mengevaluasi literatur dengan topik yang relevan dengan penelitian yang dilakukan, dalam hal ini terkait dengan penggunaan teknologi digital VR dan AR dalam penelitian arsitektur (Triandini et al., n.d.). Tujuan dipilihnya metode ini antara lain untuk mengidentifikasi, menyeleksi dan mengevaluasi literatur yang terkait dengan pemanfaatan teknologi digital VR dan AR dalam penelitian arsitektur. Adapun pemanfaatan teknologi VR dan AR tersebut dapat secara terpisah dan juga secara gabungan. Selain daripada itu, studi ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi potensi pengembangan penelitian arsitektur kedepannya dengan memanfaatkan teknologi digital.



**Gambar 2.** Diagram kerangka kerja *systematic literature review* sesuai dengan topik penggunaan VR dan AR di dalam penelitian arsitektur.

Sumber: Diagram peneliti, 2024

Studi ini dilakukan dengan empat langkah dengan penjabaran sebagai berikut (Nur et al., 2019):

1. Identifikasi literatur

Pada tahapan ini pencarian literatur secara menyeluruh dengan melalui *database* secara daring yakni Google Scholar. Adapun pencarian didasarkan pada judul publikasi dengan frasa dan kata kunci berbahasa Indonesia dan Inggris yang terkait erat dengan topik dalam studi ini seperti “teknologi *augmented reality*”, “teknologi *virtual reality*”, “penelitian arsitektur”, dan “teknologi *augmented dan virtual reality*”, “*digital technology in architectural research*”, dan “*implementation of augmented and virtual reality in architectural research*”. Dengan kata kunci yang berbeda-beda ditemukan sejumlah publikasi dengan jumlah terbanyak yakni 16.200 publikasi dengan tipe yang berbeda seperti buku, jurnal, dan prosiding. Pada tahapan ini masih terdapat campuran antara bidang ilmu arsitektur dan teknologi serta sistem informasi dikarenakan digunakannya kata kunci “arsitektur”.

2. Seleksi literatur

Tahapan berikutnya merupakan seleksi rujukan studi berdasarkan beberapa kriteria seperti tahun publikasi yakni 5 tahun yang terkini dari 2019 sampai

dengan 2024, bahasa pengantar publikasi yakni Bahasa Indonesia dan Inggris, dan kemudahan perolehan dokumen secara daring. Dengan bahasa pengantar Bahasa Inggris ditemukan 109 artikel sedangkan dengan bahasa pengantar Bahasa Indonesia ditemukan 10 artikel terkait kata kunci yang dipergunakan. Pada artikel yang berbahasa Inggris, masih ditemukan artikel dengan topik pembahasan yang tidak terkait dengan penelitian arsitektur, seperti manajemen konstruksi, pendidikan, perilaku dan perancangan.

3. Kelayakan

Kelayakan literatur dalam studi ini didasarkan pada relevansinya dengan topik studi dan bahwa literatur yang dirujuk merupakan hasil dari penelitian. Pencarian rujukan studi ini menghasilkan 11 judul artikel jurnal berbahasa Inggris sedangkan untuk yang berjudul dalam Bahasa Indonesia ditemukan 1 artikel jurnal. Namun dari 11 artikel jurnal di atas terdapat 3 artikel yang dianggap tidak layak, sebagai berikut:

- 4 artikel tidak dapat diakses dengan mudah dan membutuhkan pembiayaan yang tidak sedikit
  - 2 artikel diperoleh dari prosiding konferensi, yakni *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* pada tahun 2024 dan *5<sup>th</sup> International Conference of Graduate School on Sustainability* pada tahun 2020
  - 1 artikel merupakan berbahasa di luar dari kriteria Bahasa Indonesia dan Inggris, yakni Bahasa Italia
  - 1 judul makalah merupakan karya skripsi dan juga tidak dapat diakses
- Dengan demikian hanya 3 artikel jurnal yang dianggap layak untuk dimasukkan ke dalam studi ini.

4. Pendataan dan Pembuatan Kategori

Pendataan atas artikel jurnal yang ditemukan dengan Google dilakukan untuk mempermudah kajian lebih lanjut. Dari jumlah total 3 artikel jurnal yang ditemukan, dibuat kategorisasi berdasarkan sub-bidang arsitektur, sebagai berikut:

- Sejarah dan konservasi bangunan bersejarah: 1 artikel jurnal
- Kontekstual proses perancangan arsitektur: 1 artikel jurnal
- Desain biofilik dan penanganan stress: 1 artikel jurnal

Adapun dari jenis pemanfaatan teknologi VR dan AR, baik secara terpisah maupun tergabung akan dilihat dari kajian substansi artikel jurnal terpilih.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Virtual Reality

Virtual reality atau realitas virtual merupakan pemanfaatan teknologi digital dalam mensimulasikan suatu lingkungan secara maya sepenuhnya sehingga seseorang dapat memperoleh pengalaman ruang dengan nuansa yang sebanding dengan kenyataannya (Zhai, K., et al., 2021). Virtual reality diakomodasi dengan perangkat visual yang dikenakan di kepala. Perangkat ini didukung oleh beberapa komponen sebagai berikut (Bahar, 2014) mesin virtual reality (*VR engine*), perangkat input, perangkat output. Tiap komponen memiliki perannya masing-masing dimana mesin VR berperan menjalankan akurasi terhadap kontrol, stabilitas, dan sinkronisasi lingkungan dan atmosfer maya, perangkat input bertanggung jawab terhadap interaksi antara pengguna dan lingkungan serta atmosfer maya yang telah dibuat, dan perangkat output memikul tugas untuk menghadirkan rasa imersif dari penggunaanya dengan menerima umpan balik dari mesin VR dan memberikan rangsangan stimulatif kepada pengguna VR tersebut. Dalam penelitian arsitektur, virtual reality dimanfaatkan untuk menghadirkan suatu kondisi yang bersifat hipotetis, walau merupakan representasi dari lingkungan nyata, untuk kemudian diakses oleh pengguna dalam dimensi digital dengan menggunakan perangkat tadi. Dengan kata lain, VR menghadirkan representasi suatu kondisi secara fiktif.

### Augmented Reality

*Augmented reality (AR)* merupakan teknologi yang mengintegrasikan antara lingkungan yang ada secara nyata dengan representasi model dari rencana atau rancangan yang akan memodifikasi kondisi pada lingkungan nyata tersebut. AR memiliki kemampuan dalam hal memberikan gambaran pengalaman seseorang terhadap lingkungan nyata yang direncanakan dengan dimensi waktu secara real-time (Mustaqim, 2016). AR dapat memberikan stimulasi pengalaman ruang terhadap pengguna lingkungan terbangun yang telah dimodifikasi berdasarkan rancangan yang dibuat melalui

inderawi pengguna yakni secara visual dan audial. Augmented reality dapat dijalankan dengan perangkat yang serupa dengan virtual reality ataupun dengan *smartphone*. Walau serupa dengan VR pada perannya dalam menjembatani pengalaman pengguna lingkungan buatan dan dimensi imajinatif dari suatu rancangan, AR memiliki kelebihan dengan adanya penggabungan antara lingkungan nyata dan imajinatif untuk dapat menghasilkan pengalaman ruang yang lebih stimulatif dan menyeluruh dari penggunaanya.

### Literatur dan Kategorinya

Dari pencarian literatur yang dilakukan, ditemukan 3 literatur yang memenuhi syarat pencarian dalam bentuk artikel jurnal yang sesuai dengan topik studi ini. Adapun penjabaran dari 3 artikel jurnal tersebut diurutkan berdasarkan tahun terbitannya yang dihitung mundur sejak tahun 2024, sebagai berikut:

1. *Augmented Reality for the Presentation of Cultural Heritage: On-Site Application and Evaluation of a Model* (Anay et al., 2023)

Studi ini mengkaji tentang mengetahui kesan dari pengalaman pengunjung pada Situs Cagar Budaya Alexandria Troas dengan menggunakan *augmented reality*. Kondisi situs yang ada pada saat ini diintegrasikan ke dalam dimensi maya dengan rekonstruksi digital bangunan dan lingkungan sekitarnya pada sejumlah titik di lokasi. Studi ini melibatkan 215 partisipan, di mana seluruhnya diminta untuk menjelajahi titik-titik pada lokasi situs tersebut sesuai dengan arahan rute yang diberikan. Seluruh reaksi dari partisipan dalam berbagai bentuk kemudian direkam untuk diketahui bagaimana respon mereka terhadap pengalaman ruang yang diberikan melalui *augmented reality* selama penelitian berlangsung. Dari 215 partisipan sebanyak 186 reaksinya terekam dan dianggap valid. Selain daripada itu partisipan diminta untuk memberikan kesan yang dirasakannya tentang penggunaan augmented reality sebagai representasi kondisi situs Alexandria Troas terhadap pengalaman mereka. Hasilnya, sebanyak 29,03% menganggap pengalamannya edukatif, 18,8% menganggap pengalamannya *memorable*, sebanyak 16,13% terkesan dengan seluruh pengalamannya, sedangkan mulai dari 8% ke bawah



memberikan komentar yang beragam baik yang bersifat positif seperti “menginspirasi” dan “menarik” maupun yang bersifat negatif seperti “mendistraksi” dan “membingungkan”.



**Gambar 3.** Urutan pengalaman ruang pengunjung pada Situs cagar budaya Alexandria Troas.

Sumber: (Anay et al., 2023)

2. *Involving Young Emirati Women in the Pre-Occupancy Evaluation of “Modern” Housing Designs: Simple Versus Advanced Participatory Tools* (Ahmed et al., 2022)

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat kepuasan pengguna wanita di Uni Emirat Arab terhadap rancangan rumah tinggal dari beberapa aspek yaitu (1) eksterior bangunan, (2) tiga belas ruang interior bangunan yang meliputi antara lain ruang tamu, ruang keluarga, ruang tidur, gudang, dan area service, (3) organisasi ruang pada bangunan, dan (4) kecukupan jumlah bukaan seperti pintu dan jendela. Penelitian ini diikuti oleh 30 partisipan yang diminta untuk melihat gambar denah lantai bangunan dan perspektif tiga dimensi terlebih dahulu dan diikuti dengan pengalaman ruang secara digital melalui virtual reality. Adapun tingkat kepuasan yang dicatat meliputi kesan dan perubahan kesan, sebagai berikut:

- Menyukai dan menerima sebelum dan setelah VR
- Tidak menyukai dan menolak sebelum dan setelah VR
- Netral sebelum dan setelah VR
- Menerima sebelum VR lalu menolak setelah VR
- Menerima sebelum VR lalu netral setelah VR
- Netral sebelum VR lalu menerima setelah VR
- Netral sebelum VR lalu menolak setelah VR

- Menolak sebelum VR lalu menerima setelah VR
- Menolak sebelum VR lalu menerima setelah VR

Dari 30 orang partisipan, seluruhnya menyukai dan menerima rancangan eksterior dari rumah tinggal yang disajikan baik sebelum maupun setelah pengalaman VR mereka. Namun perubahan kesan partisipan mulai ditemukan ketika mereka diminta untuk melihat rancangan rumah tersebut dari sisi interiornya, organisasi ruang dan kecukupan bukaan pada bangunan. Adapun di luar dari aspek eksterior bangunan, hasil penelitian terhadap kesan ruang setelah pengalaman VR pada partisipan dapat dijabarkan di bawah ini:

- Dari sisi rancangan interior 13 ruangan, terdapat perubahan kesan yaitu partisipan menerima 10 dari 13 desain ruangan, 2 ruangan ditolak, dan 1 ruangan netral
- Dari sisi organisasi ruang, 11 organisasi ruang diterima dan 2 organisasi ruang ditolak
- Dari sisi kecukupan bukaan, 6 dari 8 ruangan diterima sebelum dan setelah VR, 1 diterima setelah VR, dan 1 ruang netral setelah VR walau sebelumnya diterima



**Gambar 4.** Ilustrasi digital dari VR yang disajikan kepada partisipan.

Sumber: (Ahmed et al., 2022)

3. *Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery: A between-subjects experiment in virtual reality* (Yin et al., 2020)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari elemen lingkungan alami (*nature elements*) yang terdapat di dalam konsep biofilik pada ruang interior terhadap proses pemulihan dari stress dan kecemasan. Adapun yang diamati dari studi ini adalah pengaruh dari elemen lingkungan alami tersebut terhadap

lamanya waktu yang dibutuhkan dalam proses pemulihan stress dan kecemasan pada responden. Penelitian ini melibatkan 100 orang responden yang secara acak diminta untuk memasuki empat ruang kantor *virtual*, di mana satu ruang kantor *virtual* tersebut dibuat dengan konsep non-biofilik, sedangkan tiga ruang lainnya dibuat dengan menyetengahkan elemen-elemen biofilik di dalamnya. Sebelum memasuki ruang kantor *virtual* tersebut, setiap responden diberikan tugas yang dianggap dapat memicu kenaikan level stress dan kecemasannya. Setelah itu responden diminta untuk mengenakan alat simulasi VR sembari diukur lamanya penurunan level stress dan kecemasannya tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa responden dengan simulasi ruang kantor *virtual* berkonsep biofilik mengalami penurunan level stress dan kecemasan lebih cepat daripada ketika responden disajikan dengan simulasi ruang kantor *virtual* non-biofilik (Yin et al., 2020)

#### Metode Simulasi *Virtual Reality*

Simulasi ruang kantor *virtual* yang diberikan dibuat dengan menggunakan software Rhino5 yang kemudian dibuat renderasinya secara *realtime* dengan menggunakan program Unity versi 2017.1.0f3. Adapun keempat kondisi kantor *virtual* yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Kantor *virtual* non-biofilik; yaitu kondisi *virtual* yang tidak diberikan elemen alami ataupun jendela untuk pandangan ke luar ruangan



**Gambar 5.** Kondisi kantor *virtual* yang dirancang secara non-biofilik  
Sumber: Yin, J., et.al., 2020

2. Kantor *virtual* biofilik 1; dengan elemen lingkungan alami tanpa adanya bukaan atau jendela sehingga tidak dimungkinkan adanya peluang untuk pandangan ke luar ruangan



**Gambar 3.** Kondisi kantor *virtual* yang dirancang dengan penambahan penghijauan dalam ruangan namun tanpa disediakan jendela  
Sumber: Yin, J., et.al., 2020

3. Kantor *virtual* biofilik 2; dibuat dengan jendela untuk pandangan ke luar ruangan



**Gambar 6.** Kondisi kantor *virtual* yang dirancang secara biofilik hanya dengan jendela saja  
Sumber: Yin, J., et.al., 2020

4. Kantor *virtual* biofilik 3; yakni kantor *virtual* yang dirancang dengan kondisi yang mengkombinasi kedua kantor *virtual* biofilik sebelumnya, yang memiliki elemen lingkungan alami di dalam ruangan dan diberikan juga jendela sebagai akses untuk pandangan ke luar ruangan



**Gambar 7.** Kondisi kantor *virtual* yang dirancang dengan kombinasi penghijauan di dalam ruangan dan jendela untuk pandangan ke luar  
Sumber: Yin, J., et.al., 2020

Dari ketiga literatur yang dikaji dalam makalah ini secara ringkasnya dapat dilihat peran *virtual reality* dalam penelitian arsitektur pada tabel berikut ini:



**Tabel 1.** Ringkasan tujuan penggunaan teknologi *augmented reality* dan *virtual reality* pada literatur-literatur yang dikaji

Literatur	Teknologi yang digunakan		Tujuan
	AR	VR	
1	X		Penggunaan AR untuk menghadirkan integrasi antara lingkungan nyata yang dipadukan dengan simulasi digital pada situs bersejarah Alexandria Trois untuk mengetahui kesan terhadap pengalaman pengguna pada situs tersebut.
2		X	Implementasi teknologi VR untuk menyajikan rancangan rumah tinggal dari empat aspek yaitu eksterior bangunan, ruang interior (13 ruangan), organisasi ruang, dan kecukupan bukaan untuk mengetahui kesan dan perubahannya yang muncul pada responden pada saat sebelum dan setelah menggunakan teknologi VR.
3		X	Penggunaan VR untuk mengetahui dampak dari fitur rancangan biofilik yang diberikan pada suatu ruang kantor virtual jika dibandingkan dengan rancangan ruang kantor virtual non-biofilik.

Sumber: Penulis, 2024

## KESIMPULAN

Teknologi digital augmented reality dan virtual reality memberikan peluang untuk menyajikan representasi lingkungan binaan dan simulasinya secara maya, yang dapat memberikan manfaat dalam penelitian arsitektur. Dalam konteks sub-ilmu arsitektur, dalam penelitian ini terkait dengan konservasi situs cagar budaya, kepuasan pengguna terhadap desain rumah tinggal, dan efek desain biofilik pada ruang kantor terhadap penurunan tingkat stress penggunaannya, implementasi teknologi ini bukan hanya memberikan manfaat terkait dengan pengalaman ruang pengguna teknologi tersebut saja namun juga menghasilkan wawasan baru tentang respon pengguna yang hanya muncul sesuai pengalamannya baik dengan VR maupun AR. Hal ini berpotensi untuk memberikan peluang baru bagi penelitian dan

perancangan dalam arsitektur kedepannya. Arsitektur di sisi lain juga merupakan suatu bentuk pengakomodasian kebutuhan ruang dari penggunanya, baik dalam bentuk bangunan, ruang interior, maupun dalam bentuk lingkungan binaan lainnya. Pengertian ini mengandung arti bahwa arsitektur dalam memiliki aspek fisik dan juga subyek yang harus diperhatikan kesejahteraan (well-being) dan kesehatannya sehingga penelitian arsitektur dengan teknologi VR dan AR dapat menyentuh aspek fisik arsitektur dan aspek subyeknya. Diharapkan agar kedepannya perkembangan teknologi digital seperti VR dan AR dapat membantu dalam pengembangan keilmuan, utamanya melalui penelitian arsitektur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, K. G., Omar, M. M., Megahed, M., & Alazeezi, S. A. (2022). Involving Young Emirati Women in the Pre-Occupancy Evaluation of "Modern" Housing Designs: Simple Versus Advanced Participatory Tools. *SAGE Open*, 12(2). <https://doi.org/10.1177/21582440221094613>
- Anay, H., Özten, Ü., Ünal, M., & Öztepe, E. (2023). Augmented Reality for the Presentation of Cultural Heritage: On-Site Application and Evaluation of a Model. *Iconarp International J. of Architecture and Planning*. <https://doi.org/10.15320/iconarp.2023.244>
- Mustaqim, I. (2016). Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 13(2), 174.
- Nur, W., Binti, H., Abdullah, W., Hamimi, A., Tharim, A., & Ismail, A. (2019). Systematic Literature Review (SLR) on The Factors Affecting Distribution Of Natural Lighting Inside Classrooms. *Inspired: Ipoh International Summit on Professionalism, Research, and Education*, 28–35.
- Scott, H., Griffin, C., Coggins, W., Elberson, B., Abdeldayem, M., Virmani, T., Larson-Prior, L. J., & Petersen, E. (2022). Virtual Reality in the Neurosciences: Current Practice and Future Directions. *Frontiers in Surgery*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.807195>

- Tokareva, J. (2018). *The Difference Between Virtual Reality, Augmented Reality And Mixed Reality*. Forbes.Com. <https://www.forbes.com/sites/quora/2018/02/02/the-difference-between-virtual-reality-augmented-reality-and-mixed-reality/?sh=3150f3572d07>
- Triandini, E., Jayanatha, S., Indrawan, A., Putra, G. W., Iswara, B., Studi, P., Informasi, S., Bali, S., Raya, J., & No, P. (n.d.). Metode Systematic Literature Review untuk Identifikasi Platform dan Metode Pengembangan Sistem Informasi di Indonesia. *Indonesian Journal of Information Systems (IJIS)*, 1(2). <https://www.google.com>
- Tuan, Y. F. (2001). *Space and Place: The Perspective of Experience*. University of Minnesota Press.
- Uppunda, S. (2023). *Virtual Reality, And How Are Architects Using It In Design?* Parametric Architecture. <https://parametric-architecture.com/virtual-reality-and-how-are-architects-using-it-in-design/>
- Yin, J., Yuan, J., Arfaei, N., Catalano, P. J., Allen, J. G., & Spengler, J. D. (2020). Effects of Biophilic Indoor Environment on Stress and Anxiety Recovery: A Between-subjects Experiment in Virtual Reality. *Environment International*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105427>
- Zhai, K., Dilawar, A., Yousef, M. S., Holroyd, S., El-Hammali, H., & Ab-Delmonem, M. (2021). *Virtual Reality Therapy for Depression and Mood in Long-Term Care Facilities*. <https://doi.org/10.20944/preprints202104.0280.v1>

