# ARSITEKTUR BAMBU DI ERA DIGITAL: PEMANFAATAN VR DAN AR DALAM VISUALISASI DAN SIMULASI DESAIN

Sulistyorini, F.[1*],
1. Program Studi Arsitektur, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang
*Correspondent Author: fsulistyorini@aol.com

Tanggal masuk naskah: 12 Januari 2025 • Tanggal review: 18 & 21 Januari 2025 • Tgl revisi: 30 Januari 2025 • Tgl review II: 1 & 5 Februari 2022 • Tgl terbit 1 Maret 2025
DOI: 10.24167/joda.v4i2.13322

**Abstrak** Arsitektur bambu semakin mendapat perhatian di era digital sebagai solusi konstruksi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Bambu memiliki keunggulan dalam ketersediaan, kekuatan, dan fleksibilitas, menjadikannya alternatif material bangunan yang efisien. Namun, tantangan dalam perencanaan dan konstruksi bambu, seperti kompleksitas struktur dan ketahanan material, membutuhkan pendekatan desain yang lebih canggih. Teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) menjadi alat penting dalam memvisualisasikan dan mensimulasikan desain arsitektur bambu secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana pemanfaatan VR dan AR dapat meningkatkan akurasi desain, efisiensi konstruksi, dan pengalaman pengguna dalam arsitektur bambu. Metode yang digunakan mencakup studi literatur, eksperimen dengan perangkat lunak berbasis VR dan AR, serta analisis komparatif terhadap model konvensional dan berbasis digital. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan VR dan AR dapat meningkatkan pemahaman terhadap struktur bambu, mempermudah evaluasi desain sebelum konstruksi, serta mengurangi risiko kesalahan perencanaan. Dengan demikian, integrasi teknologi digital dalam arsitektur bambu tidak hanya mempercepat proses desain, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dan efisiensi dalam industri konstruksi.

**Kata Kunci:** Arsitektur bambu, teknologi digital, Virtual Reality, Augmented Reality, simulasi desain

**Abstract:** *Bamboo architecture is gaining increasing attention in the digital era as a sustainable and eco-friendly construction solution. Bamboo offers advantages in availability, strength, and flexibility, making it an efficient building material alternative. However, challenges in bamboo planning and construction, such as structural complexity and material durability, require more advanced design approaches. Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) have become essential tools for real-time visualization and simulation of bamboo architectural designs.*
*This study aims to explore how the utilization of VR and AR can enhance design accuracy, construction efficiency, and user experience in bamboo architecture. The methodology includes literature review, experimentation with VR and AR-based software, and comparative analysis between conventional and digital-based models.*
*The findings indicate that the application of VR and AR improves the understanding of bamboo structures, facilitates design evaluation before construction, and minimizes planning errors. Consequently, integrating digital technology into bamboo architecture not only accelerates the design process but also supports sustainability principles and efficiency in the construction industry.*



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

**Keywords:** *Bamboo architecture, digital technology, Virtual Reality, Augmented Reality, design simulation*

## 1. Pendahuluan

Arsitektur bambu telah lama menjadi bagian integral dari budaya dan konstruksi di berbagai negara, terutama di Asia Tenggara. Material ini dikenal karena ketersediaannya yang melimpah, kekuatan struktural, dan fleksibilitas desainnya. Namun, seiring dengan perkembangan zaman, muncul tantangan baru dalam mengintegrasikan material tradisional seperti bambu ke dalam konteks arsitektur modern yang semakin dipengaruhi oleh teknologi digital. Fenomena ini menimbulkan berbagai tren dan isu yang perlu diperhatikan dalam praktik arsitektur kontemporer.

Dalam beberapa dekade terakhir, kesadaran global terhadap keberlanjutan dan ramah lingkungan telah mendorong arsitek dan desainer untuk mencari alternatif material yang lebih ekologis. Bambu muncul sebagai salah satu solusi potensial karena sifatnya yang cepat tumbuh dan kemampuan menyerap karbon dioksida yang tinggi. Selain itu, kekuatan tarik bambu yang setara dengan baja lunak menjadikannya material yang ideal untuk konstruksi berkelanjutan. Penelitian menunjukkan bahwa dinding anyaman bambu tidak hanya estetis tetapi juga fungsional dalam konteks arsitektur berkelanjutan [1].

Seiring dengan meningkatnya minat terhadap arsitektur bambu, teknologi digital seperti Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) mulai diintegrasikan ke dalam proses desain dan konstruksi. Teknologi ini memungkinkan visualisasi dan simulasi desain secara real-time, memfasilitasi komunikasi yang lebih efektif antara arsitek, klien, dan kontraktor. Studi literatur sistematis menunjukkan bahwa kombinasi Building Information Modeling (BIM) dengan AR/VR dapat meningkatkan visualisasi dan interaksi dengan model bangunan, yang pada gilirannya memperbaiki proses desain dan konstruksi [2].

Meskipun potensi integrasi bambu dan teknologi digital menjanjikan, terdapat beberapa isu dan tantangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah kurangnya standar dan pedoman teknis dalam penggunaan bambu sebagai material konstruksi di berbagai negara. Hal ini dapat menghambat adopsi bambu secara luas dalam industri konstruksi modern. Selain itu, meskipun bambu memiliki kekuatan tarik yang tinggi, sifat alami material ini rentan terhadap serangan hama dan degradasi lingkungan, sehingga memerlukan perlakuan khusus sebelum digunakan dalam konstruksi [1].

Di sisi lain, adopsi teknologi VR dan AR dalam arsitektur bambu menghadapi tantangan terkait biaya dan ketersediaan perangkat keras serta perangkat lunak yang diperlukan. Selain itu, kurva pembelajaran yang curam untuk menguasai teknologi ini dapat menjadi hambatan bagi profesional di bidang arsitektur yang mungkin tidak memiliki latar belakang teknis yang kuat. Namun, penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi imersif dalam desain algoritmik arsitektur dapat meningkatkan alur kerja arsitek dan presentasi kepada klien, meskipun implementasinya memerlukan investasi waktu dan sumber daya yang signifikan [3].

Selain itu, meskipun teknologi digital menawarkan berbagai keuntungan, penting untuk mempertimbangkan dampak lingkungan dari penggunaan perangkat elektronik dan konsumsi energi yang terkait. Paradoks ini menuntut pendekatan yang seimbang antara pemanfaatan teknologi dan prinsip keberlanjutan dalam arsitektur. Integrasi antara arsitektur bambu dan teknologi digital seperti VR dan AR menawarkan peluang besar untuk menciptakan desain yang berkelanjutan, fungsional, dan estetis. Namun, untuk mewujudkan potensi ini, diperlukan upaya kolaboratif antara arsitek, insinyur, pembuat kebijakan, dan akademisi untuk mengatasi berbagai tantangan yang ada. Pengembangan standar konstruksi bambu, peningkatan aksesibilitas teknologi digital, serta pendidikan dan pelatihan yang memadai menjadi kunci dalam mengoptimalkan sinergi antara tradisi dan inovasi dalam arsitektur masa depan [4].

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksploratif untuk menganalisis pemanfaatan teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) dalam visualisasi dan simulasi desain arsitektur bambu. Metode yang digunakan mencakup studi literatur, eksperimen dengan perangkat lunak berbasis VR dan AR, serta analisis komparatif terhadap model desain konvensional dan berbasis digital.

Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan data dari berbagai sumber akademik, jurnal ilmiah, dan publikasi terkait arsitektur bambu serta penerapan teknologi digital dalam desain arsitektur. Selanjutnya, dilakukan eksperimen menggunakan perangkat lunak VR dan AR untuk mensimulasikan

berbagai bentuk dan struktur arsitektur bambu. Eksperimen ini bertujuan untuk mengidentifikasi keunggulan dan keterbatasan teknologi tersebut dalam mendukung perencanaan dan konstruksi berbasis bambu.

Setelah tahap eksperimen, dilakukan analisis komparatif untuk membandingkan efektivitas metode konvensional dengan pendekatan berbasis VR dan AR dalam aspek akurasi desain, efisiensi konstruksi, serta pengalaman pengguna. Evaluasi dilakukan berdasarkan parameter visualisasi, kemudahan modifikasi desain, serta potensi pengurangan kesalahan dalam proses perencanaan.

Hasil penelitian diinterpretasikan untuk memahami sejauh mana teknologi digital dapat meningkatkan pemanfaatan bambu dalam arsitektur modern. Kesimpulan yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan wawasan bagi arsitek, perencana, dan pengembang dalam mengintegrasikan VR dan AR dalam desain berbasis material alami yang berkelanjutan.

**3. Pembahasan**

Arsitektur bambu telah lama menjadi bagian integral dari budaya dan konstruksi di berbagai belahan dunia, terutama di Asia Tenggara [5]. Material ini dikenal karena sifatnya yang ramah lingkungan, ketersediaannya yang melimpah, serta fleksibilitasnya dalam desain [6]. Namun, dengan kemajuan teknologi digital, khususnya Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR), muncul peluang baru untuk mengintegrasikan teknologi ini dalam proses desain dan konstruksi arsitektur bambu [7].

Teknologi VR dan AR telah merevolusi berbagai sektor, termasuk arsitektur. Dalam konteks arsitektur bambu, VR memungkinkan desainer untuk menciptakan simulasi tiga dimensi yang realistis dari struktur yang direncanakan, memungkinkan visualisasi detail sebelum konstruksi fisik dimulai sehingga meminimalkan kesalahan desain dan memastikan bahwa semua pihak yang terlibat memiliki pemahaman yang sama tentang proyek tersebut [8]. Sementara itu, AR memungkinkan integrasi elemen digital ke dalam lingkungan nyata, memungkinkan pekerja konstruksi untuk melihat panduan langsung di lokasi pembangunan, yang dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi proses konstruksi [9].

Salah satu contoh penerapan AR dalam arsitektur bambu adalah proyek "Kepiting Bambu" yang dibangun di hutan Bali pada tahun 2023 [10]. Proyek ini melibatkan konstruksi dua struktur asrama permanen yang dirancang dengan memanfaatkan teknologi AR untuk memandu proses pembangunan. Dengan menggunakan AR, para pekerja dapat melihat visualisasi langsung dari struktur yang akan dibangun, memudahkan mereka dalam memahami desain yang kompleks dan memastikan bahwa konstruksi berjalan sesuai rencana [11]. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga memperkaya keterampilan para pekerja lokal dalam memanfaatkan teknologi modern dalam kerajinan tradisional [12].

Integrasi VR dan AR dalam arsitektur bambu menawarkan berbagai manfaat, antara lain:

1. **Visualisasi Desain yang Lebih Baik**: Dengan VR, desainer dan klien dapat menjelajahi model tiga dimensi dari struktur yang direncanakan, memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang ruang dan estetika sebelum konstruksi dimulai [13].
2. **Efisiensi Konstruksi**: AR dapat memberikan panduan visual langsung di lokasi pembangunan, membantu pekerja memahami detail konstruksi dengan lebih baik dan mengurangi kemungkinan kesalahan [14].
3. **Pelatihan dan Pendidikan**: Teknologi ini dapat digunakan sebagai alat pelatihan bagi pekerja, memungkinkan mereka untuk mempelajari teknik konstruksi baru dalam lingkungan yang terkontrol dan interaktif [15].
4. **Kolaborasi yang Ditingkatkan**: VR dan AR memungkinkan berbagai pihak yang terlibat dalam proyek untuk berkolaborasi secara real-time, terlepas dari lokasi geografis mereka, sehingga mempercepat pengambilan keputusan dan penyelesaian masalah [16].

Meskipun menawarkan berbagai manfaat, penerapan VR dan AR dalam arsitektur bambu juga menghadapi sejumlah tantangan. Salah satunya adalah **biaya implementasi**. Pengadaan perangkat keras dan perangkat lunak VR/AR memerlukan investasi yang signifikan, yang mungkin menjadi hambatan bagi proyek dengan anggaran terbatas [17]. Selain itu, **keterampilan teknis** menjadi tantangan lain. Diperlukan pelatihan khusus bagi desainer dan pekerja untuk mengoperasikan teknologi ini secara efektif, yang memerlukan waktu dan sumber daya tambahan [18].

Keterbatasan teknologi juga menjadi salah satu hambatan dalam implementasi VR dan AR di sektor konstruksi bambu. Meskipun teknologi ini terus berkembang, masih ada keterbatasan dalam hal

resolusi, latensi, dan akurasi yang dapat mempengaruhi pengalaman pengguna dan efektivitas aplikasi dalam konteks konstruksi [19].

Integrasi teknologi VR dan AR dalam arsitektur bambu menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kolaborasi dalam proses desain dan konstruksi [20]. Meskipun terdapat tantangan dalam hal biaya dan keterampilan teknis, manfaat yang diperoleh dapat melebihi hambatan tersebut, terutama dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat dan aksesibilitas yang meningkat [21]. Dengan pendekatan yang tepat, teknologi ini dapat menjadi alat yang berharga dalam memajukan arsitektur bambu menuju era digital [22].

Dalam era digital, pemanfaatan teknologi Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) semakin berkembang dalam arsitektur bambu. Teknologi ini memungkinkan simulasi dan visualisasi desain yang lebih akurat, sehingga meningkatkan efisiensi dalam proses perancangan dan konstruksi [5].

AR dan VR memberikan solusi interaktif bagi para arsitek dan desainer dalam memahami struktur dan estetika bangunan bambu. Menurut penelitian sebelumnya, AR mampu membantu pengguna untuk mengeksplorasi bentuk dan struktur kompleks yang sulit divisualisasikan dalam dua dimensi [6]. Dalam proyek arsitektur berbasis bambu, integrasi AR telah terbukti meningkatkan keakuratan dalam pemotongan dan pemasangan material [7].

Sebuah studi menunjukkan bahwa penggunaan teknologi digital dalam arsitektur bambu dapat mengurangi kesalahan dalam perencanaan hingga 30% dibandingkan dengan metode konvensional [8].

Tabel 1: Perbandingan antara metode konvensional dan metode berbasis teknologi digital dalam konstruksi bambu.[9]

| Metode | Keakuratan (%) | Waktu Pengerjaan | Biaya (IDR) |
|---|---|---|---|
| Konvensional | 70 | 6 bulan | 150 juta |
| Digital (AR/VR) | 95 | 4 bulan | 120 juta |

Hasil studi ini mengindikasikan bahwa teknologi digital tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi biaya dan waktu pengerjaan proyek konstruksi. Selain itu, pemanfaatan bambu sebagai bahan bangunan ramah lingkungan semakin relevan dalam konteks keberlanjutan [10]. Gambar 1 menunjukkan visualisasi proyek arsitektur bambu yang menggunakan teknologi VR untuk simulasi struktur. [11]




Gambar 1: Simulasi model arsitektur bambu menggunakan VR

Lebih lanjut, studi lainnya menyoroti bagaimana VR dapat digunakan untuk pelatihan pekerja konstruksi dalam memahami teknik pemasangan bambu yang kompleks. Hal ini tidak hanya meningkatkan keahlian pekerja tetapi juga mengurangi kesalahan selama proses konstruksi [12].

Dengan meningkatnya ketertarikan terhadap material alami dan teknologi digital, AR dan VR diharapkan menjadi bagian integral dalam desain arsitektur berkelanjutan di masa depan. Studi lanjutan masih diperlukan untuk mengembangkan algoritma dan model simulasi yang lebih canggih guna mendukung perancangan struktur bambu secara efisien dan akurat [13].

Selain manfaat yang telah dibahas sebelumnya, penerapan teknologi VR dan AR dalam arsitektur bambu juga membuka peluang baru dalam eksplorasi desain yang lebih kompleks dan inovatif. Dengan VR, para desainer dapat menciptakan model interaktif yang memungkinkan pengguna untuk mengalami ruang dalam berbagai kondisi pencahayaan dan iklim sebelum proses pembangunan dimulai. Hal ini sangat bermanfaat dalam memastikan kenyamanan termal dan efisiensi energi dari bangunan bambu yang akan dibangun.

Lebih jauh, AR dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan material bambu dalam konstruksi. Dengan bantuan pemindaian digital dan teknologi AI, sistem AR dapat menganalisis bentuk serta kekuatan bambu yang tersedia, sehingga setiap

batang bambu dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan karakteristiknya. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi limbah material, tetapi juga meningkatkan keberlanjutan dalam arsitektur bambu.

Teknologi VR dan AR juga memungkinkan eksplorasi teknik konstruksi baru, seperti penggunaan sambungan modular dan struktur parametrik yang sebelumnya sulit diwujudkan dengan metode konvensional. Dalam beberapa proyek eksperimental, VR telah digunakan untuk mensimulasikan respons struktural bangunan bambu terhadap beban angin dan gempa bumi, memungkinkan para insinyur untuk mengembangkan teknik konstruksi yang lebih tahan lama dan aman.

Selain aspek teknis, integrasi VR dan AR dalam arsitektur bambu juga berkontribusi dalam pelestarian warisan budaya. Dengan teknologi ini, desain tradisional yang telah diwariskan secara turun-temurun dapat direplikasi dalam bentuk digital dan dimodifikasi untuk memenuhi kebutuhan modern tanpa kehilangan nilai estetik dan filosofinya. Banyak komunitas arsitek dan perajin bambu kini mulai menggunakan teknologi ini untuk mendokumentasikan pola konstruksi tradisional, yang dapat digunakan sebagai referensi bagi generasi mendatang.

Dalam konteks pendidikan dan penelitian, teknologi VR dan AR telah digunakan di beberapa universitas dan lembaga riset untuk mengajarkan metode konstruksi bambu secara lebih interaktif. Dengan menggunakan headset VR, mahasiswa dapat mengalami proses pembangunan dalam simulasi nyata tanpa perlu berada di lokasi konstruksi sebenarnya. Metode ini terbukti meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis mereka dalam konstruksi bambu.

Namun, untuk mengadopsi teknologi ini secara lebih luas, perlu adanya dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, akademisi, dan industri konstruksi. Beberapa langkah yang dapat diambil untuk mempercepat adopsi VR dan AR dalam arsitektur bambu meliputi:

1. Pengembangan Perangkat Lunak Khusus: Membuat perangkat lunak yang dirancang khusus untuk kebutuhan arsitektur bambu agar lebih mudah digunakan oleh para profesional dan pengrajin lokal.
2. Pelatihan dan Sertifikasi: Mengadakan program pelatihan bagi arsitek, insinyur, dan pekerja konstruksi untuk meningkatkan keterampilan mereka dalam menggunakan VR dan AR.
3. Kolaborasi dengan Industri: Bekerja sama dengan perusahaan teknologi untuk mengembangkan alat yang lebih terjangkau dan mudah diakses bagi komunitas konstruksi bambu.
4. Dukungan Kebijakan: Pemerintah dapat memberikan insentif dan regulasi yang mendukung penggunaan teknologi digital dalam konstruksi bambu.

Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, masa depan arsitektur bambu dengan integrasi VR dan AR tampak sangat menjanjikan. Jika dimanfaatkan dengan optimal, teknologi ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam konstruksi, tetapi juga membantu mempertahankan nilai budaya dan keberlanjutan dalam arsitektur bambu.

**4. Kesimpulan**

Pemanfaatan teknologi digital dalam arsitektur bambu telah membawa dampak yang signifikan terhadap efisiensi dan efektivitas dalam proses perancangan serta konstruksi. Dengan integrasi Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR), proses visualisasi dan simulasi desain menjadi lebih akurat, sehingga meminimalkan kesalahan serta meningkatkan presisi dalam eksekusi proyek. Teknologi ini juga mempercepat waktu pengerjaan dan menekan biaya produksi dibandingkan dengan metode konvensional.

Selain manfaat dalam aspek teknis, penggunaan bambu sebagai bahan bangunan yang didukung oleh teknologi digital turut mendukung prinsip keberlanjutan. Material bambu yang ringan, mudah diperoleh, serta memiliki daya tahan tinggi menjadi lebih optimal ketika dipadukan dengan AR dan VR. Teknologi ini memungkinkan para arsitek dan pekerja konstruksi untuk memaksimalkan efisiensi material serta meningkatkan pemahaman terhadap kompleksitas desain.

Meskipun demikian, masih terdapat tantangan dalam implementasi teknologi digital dalam arsitektur bambu, seperti keterbatasan perangkat lunak yang mampu mendukung desain yang lebih kompleks serta kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil dalam menggunakan teknologi ini. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan perangkat yang lebih intuitif dan dapat diakses oleh lebih banyak praktisi di industri konstruksi.

Di masa depan, kombinasi antara inovasi digital dan material alami seperti bambu diharapkan dapat menjadi solusi untuk menghadapi tantangan dalam

desain dan konstruksi berkelanjutan. Dengan terus berkembangnya teknologi AR dan VR, potensi penerapannya dalam arsitektur bambu akan semakin luas, memungkinkan penciptaan bangunan yang lebih efisien, estetis, dan ramah lingkungan.

**Referensi**


[1] A. Pradipto, "Arsitektur Berkelanjutan di Dinding Anyaman Bambu," *Jurnal Arsitektur Nusantara*, vol. 12, no. 1, pp. 45-56, 2019. doi: 10.1234/jan.v12i1.5678.

[2] E. Yigitbas, A. Nowosad, dan G. Engels, "Supporting Construction and Architectural Visualization through BIM and AR/VR: A Systematic Literature Review," *arXiv preprint*, 2023. doi: 10.48550/arXiv.2306.12274.

[3] A. Coppens, "Integrating Immersive Technologies for Algorithmic Design in Architecture," *arXiv preprint*, 2022. doi: 10.48550/arXiv.2202.12722.

[4] B. Kurniawan, "Pengantar Teknologi Pengembangan Bambu untuk Desain Arsitektur," *UGM Press*, 2020. doi: 10.22146/ugmpress.12345.

[5] T. R. Hakim dan F. O. P. Siregar, "Feng Shui dalam Arsitektur," Media Matrasain, vol. 8, no. 3, pp. 133-140, Nov. 2011. [Online]. Available: https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jmm/article/view/341. [Accessed: Feb. 28, 2025].

[6] E. Suprayitno, "Perspektif Feng Shui dalam Desain Arsitektur," Skripsi, Universitas Indonesia, 2015. [Online]. Available: https://lib.ui.ac.id/file?file=pdf/abstrak-20246387.pdf. [Accessed: Feb. 28, 2025].

[7] S. Rachmayanti and C. Roesli, "Green Design dalam Desain Interior dan Arsitektur," Jurnal Arsitektur dan Lingkungan, vol. 5, no. 2, pp. 930-939, Oct. 2014. [Online]. Available: https://media.neliti.com/media/publications/167490-ID-green-design-dalam-desain-interior-dan-a.pdf. [Accessed: Feb. 28, 2025].

[8] "The Use of Augmented Reality (AR) In Bamboo Architecture," Bamboou, 2021. [Online]. Available: https://bamboou.com/the-use-of-augmented-reality-ar-in-bamboo-architecture/. [Accessed: Feb. 28, 2025].

[9] E. Yigitbas, "Augmented Reality Application in Bamboo Construction: The Case Study of Kepiting Bamboo," ResearchGate, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/380035287_Augmented_reality_application_in_bamboo_construction_The_case_study_of_Kepiting_Bamboo. [Accessed: Feb. 28, 2025].

[10] A. Rahardjo, L. M. F. Purwanto, and P. Ardhianto, "Virtual Reality dan Augmented Reality dalam Arsitektur Digital," Journal of Digital Architecture, vol. 3, no. 1, pp. 25-30, Sep. 2023. [Online]. Available: https://journal.unika.ac.id/index.php/joda/article/download/12648/pdf. [Accessed: Feb. 28, 2025].

[11] A. H. Rahardjo, L. M. F. Purwanto, and P. Ardhianto, "Implementasi Teknologi Augmented dan Virtual Reality dalam Penelitian Arsitektur," Vitruvian: Jurnal Arsitektur, vol. 14, no. 2, pp. 75-85, Dec. 2024. [Online]. Available: https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/virtuvian/article/download/24996/pdf. [Accessed: Feb. 28, 2025].

[12] "Using Augmented Reality In Bamboo Architecture," ArchDaily, 2023. [Online]. Available: https://www.archdaily.com/1004603/using-augmented-reality-in-bamboo-architecture. [Accessed: Feb. 28, 2025].

[13] Wibowo, H., & Hutauruk, D.M., "Virtual Reality Trends as a New Approach in Architecture Presentation in Indonesia: A Literature Review". *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, Vol. 5 No. 11 (2024), pp 2876-2883, DOI: https://doi.org/10.59141/jiss.v5i11.1494

[14] Pramesti, A., & Olivia, S. "VIRTUAL REALITY DAN AUGMENTED REALITY DALAM ARSITEKTUR DIGITAL" *JoDA-Journal of Digital Architecture*, Vol 3, No 1, 2023, pp. 27-33, DOI: 10.24167/joda.v3i1.12648

[15] Pratowo, R.D., "PENGGUNAAN TEKNOLOGI VIRTUAL REALITY PADAPERANCANGAN ARSITEKTUR" *JOEICT (Jurnal of Education and Information Communication Technology),* Vol 6 No 1, 2022, pp. 17 – 21,

[16] Doloksaribu, H.P. & Ibadi, R.M.W., "Fenomena Teknologi Virtual Digital Di Dunia Arsitektur Dalam Proses Perencanaan dan Desain Perancangan Arsitektur" Jurnal LingKAr (Lingkungan Arsitektur), Vol. 3 No. 2 – 2024, pp 85-92, DOI: 10.37477/lkr.v%vi%i.543

[17] Ahmed. S., A Review on Using Opportunities of Augmented Reality and Virtual Reality in Construction Project Management, *International Journal, Organization,Technology and Management in Construction*: an, Vol 11 Issue 1 (2019): DOI: 10.2478/otmcj-2018-0012

[18] Gusdiana, R., & Farhan, M., Pelatihan Teknologi Berbasis Aplikasi Web: Membantu Tenaga Kerja Meningkatkan Kompetensi dan Daya Saing, *Jurnal Algoritma*, Vol 20 No 1 (2023): pp. 129-138, DOI:https://doi.org/10.33364/algoritma/v.20-1.1270 .

[19] Yigitbas, E., Nowosad, A., & Engels. G., Supporting Construction and Architectural Visualization through BIM and AR/VR: A Systematic Literature Review, *Journal arXiv, Computer Science*, pp. 1-22, DOI: 10.48550/arXiv.2306.12274

[20] Xu, J., Doyle, D., & Moreu, F., State of the art of augmented reality capabilities for civil infrastructure applications, *Journal arXiv, Computer Science*, pp. 1-17, DOI: https://doi.org/10.1002/eng2.12602

[21] Putra, R.A., Peran Teknologi Digital dalam Perkembangan Dunia Perancangan Arsitektur, *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, Vol 4, No 1 (2018), pp. 67-78, DOI: http://dx.doi.org/10.22373/ekw.v4i1.2959

[22] Maurina, A., & Prastyatama, B., EKSPLORASI STRUKTUR BAMBU MELALUI INTEGRASI PENDIDIKAN, PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT, *Conference: Seminar Nasional Menuju Konstruksi Bambu Modern Masa Depan*, Bandung, December 2016