PENDEKATAN DIGITAL DALAM PENELITIAN SEJARAH ARSITEKTUR: TEKNOLOGI PEMODELAN DAN REKONSTRUKSI 3D PADA BANGUNAN KOLONIAL DI SEMARANG

Sarwito, J. [1*], Kesia, B. [1], & Vania, C.[1]

1. Program studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Persada Indonesia YAI, Jakarta
*Correspondent Author: jsarwito@yahoo.com

Tanggal masuk naskah: 11 Juli 2024 • Tanggal review: 14 & 19 Juli 2024 • Tanggal revisi: 28 Agustus 2024 • Tanggal review II: 30 & 31 Agustus 2024 • Tanggal Terbit: 11 September 2024
DOI: 10.24167/joda.v4i1.12771

Abstrak: Penelitian ini berfokus pada penerapan teknologi digital, khususnya pemodelan dan rekonstruksi 3D, dalam studi sejarah arsitektur bangunan kolonial di Semarang. Bangunan-bangunan ini mewakili warisan budaya yang penting namun mengalami penurunan kondisi akibat usia dan kurangnya perawatan. Pendekatan digital menawarkan solusi inovatif untuk mendokumentasikan dan melestarikan arsitektur bersejarah secara virtual, memungkinkan akses yang lebih luas dan pengembangan penelitian di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas teknologi pemodelan 3D dalam memvisualisasikan detail arsitektur kolonial yang rumit dan memberikan gambaran yang akurat dari struktur asli. Melalui metode pemindaian laser dan fotogrametri, data visual diolah menjadi model 3D yang dapat diakses untuk keperluan studi lebih lanjut. Hasilnya menunjukkan bahwa pemodelan 3D memungkinkan rekonstruksi virtual yang rinci dan interaktif, memfasilitasi pemahaman mendalam tentang struktur bangunan kolonial serta menawarkan potensi pelestarian digital yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Digitalisasi Arsitektur, Pemodelan 3D, Rekonstruksi Bangunan, Arsitektur Kolonial

Abstract: *This research focuses on the application of digital technology, specifically 3D modeling and reconstruction, in the study of colonial architectural heritage in Semarang. These structures represent significant cultural heritage but suffer from deterioration due to age and lack of maintenance. Digital approaches offer innovative solutions to document and virtually preserve historical architecture, providing broader access and potential for future research. This study aims to assess the effectiveness of 3D modeling technology in visualizing the intricate architectural details of colonial buildings and accurately recreating their original structures. Using laser scanning and photogrammetry methods, visual data are processed into accessible 3D models for further study. The results indicate that 3D modeling enables detailed and interactive virtual reconstructions, facilitating a deeper understanding of colonial architectural structures and offering sustainable potential for digital preservation.*

Keywords: *Architectural Digitalization, 3D Modeling, Building Reconstruction, Colonial Architecture*

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman, banyak bangunan kolonial bersejarah di Indonesia yang mengalami degradasi, baik karena faktor alam maupun kurangnya upaya pelestarian. Bangunan-bangunan ini tidak hanya memiliki nilai sejarah, tetapi juga merepresentasikan warisan budaya yang penting bagi perkembangan arsitektur lokal dan nasional [1]. Kota Semarang, sebagai salah satu kota dengan kekayaan bangunan kolonial yang signifikan, menunjukkan kebutuhan akan metode baru untuk mempertahankan keberadaan dan nilai dari

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

bangunan-bangunan tersebut. Teknologi digital, terutama pemodelan dan rekonstruksi 3D, telah muncul sebagai pendekatan inovatif untuk mendokumentasikan dan melestarikan bangunan bersejarah ini. Pendekatan digital dianggap efektif karena memungkinkan akses virtual tanpa risiko fisik terhadap struktur bangunan yang sudah rapuh [2].

Di tingkat global, penggunaan teknologi 3D dalam bidang arsitektur dan pelestarian budaya telah berkembang pesat, terutama dalam 10 tahun terakhir. Pemodelan 3D, augmented reality (AR), dan virtual reality (VR) telah dimanfaatkan untuk menghadirkan rekonstruksi yang realistis dari bangunan yang sudah rusak atau punah [3]. Di berbagai negara, teknologi ini digunakan untuk memfasilitasi proses pendidikan, pariwisata, serta penelitian sejarah. Fenomena ini menunjukkan adanya tren yang mengarah pada digitalisasi warisan budaya sebagai bentuk dokumentasi jangka panjang, yang dapat diakses oleh generasi mendatang tanpa mengurangi keaslian data historisnya [4]. Digitalisasi arsitektur kolonial memungkinkan visualisasi ulang bangunan asli secara detail dan memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana bangunan tersebut dibangun, digunakan, dan dihuni pada masa lalu.

Meskipun teknologi digital menawarkan berbagai keuntungan, masih ada tantangan dan isu terkait penggunaannya dalam pelestarian bangunan bersejarah. Salah satu tantangan utama adalah tingginya biaya dan kompleksitas proses pemodelan, terutama untuk bangunan dengan detail arsitektur yang rumit [5]. Selain itu, perlu ada pemahaman yang mendalam tentang karakteristik material dan struktur asli bangunan untuk menghasilkan model 3D yang akurat. Faktor-faktor ini mengharuskan adanya kolaborasi antara sejarawan, arsitek, dan ahli teknologi informasi untuk menciptakan model yang dapat diandalkan. Tantangan lainnya adalah keterbatasan teknologi di beberapa negara berkembang, termasuk Indonesia, yang berdampak pada kecepatan adopsi dan pengembangan pemodelan 3D di sektor pelestarian arsitektur [6].

Penelitian ini dilakukan dalam rangka mengatasi isu-isu tersebut dengan memanfaatkan teknologi pemindaian laser dan fotogrametri untuk menghasilkan model 3D yang lebih detail dan akurat. Metode pemindaian laser dapat menangkap detail visual dengan presisi tinggi, sedangkan fotogrametri memungkinkan rekonstruksi gambar dari berbagai sudut pandang [7]. Dengan metode ini, bangunan kolonial di Semarang yang sudah rapuh dapat didokumentasikan secara virtual, mengurangi risiko kerusakan lebih lanjut. Teknologi ini juga memberikan peluang baru dalam pendidikan, di mana mahasiswa arsitektur dan sejarah dapat belajar dari model digital tanpa harus mengunjungi situs fisik [8].

Dalam konteks akademis, pelestarian bangunan kolonial menggunakan pendekatan digital juga menjadi subjek yang semakin relevan. Menurut Brown dan Smith [9], pemodelan digital memberikan pendekatan pedagogis yang menarik dan efektif dalam memahami kompleksitas arsitektur historis. Lebih lanjut, Holtorf [10] menjelaskan bahwa penggunaan teknologi digital dapat mengatasi tantangan jarak dan aksesibilitas, serta memberikan pengalaman interaktif bagi pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan penelitian terkait penggunaan pemodelan 3D dan rekonstruksi digital dalam pelestarian bangunan kolonial di Semarang. Tujuan utamanya adalah untuk mengembangkan model digital yang tidak hanya mendokumentasikan struktur fisik, tetapi juga merefleksikan nilai sejarah dan budaya yang terkandung dalam bangunan tersebut.

Kesimpulannya, pendekatan digital melalui pemodelan dan rekonstruksi 3D merupakan langkah yang menjanjikan dalam pelestarian bangunan kolonial bersejarah di Semarang. Teknologi ini memberikan solusi inovatif terhadap isu-isu pelestarian dan memungkinkan masyarakat luas, termasuk generasi mendatang, untuk tetap mengakses dan menghargai nilai historis dari warisan budaya yang ada. Namun, untuk memastikan efektivitasnya, diperlukan sinergi antar berbagai disiplin ilmu serta peningkatan kapasitas teknologi di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini berharap dapat memberikan kontribusi nyata dalam pelestarian digital bangunan kolonial dan menjadi inspirasi bagi pengembangan pendekatan serupa di wilayah lainnya.

2. Metode Penelitian

Pendekatan digital dalam penelitian sejarah arsitektur kini semakin berkembang dengan teknologi pemodelan 3D yang memungkinkan rekonstruksi bangunan bersejarah secara akurat. Dua metode yang umum digunakan adalah pemindaian laser dan fotogrametri, yang memungkinkan pengolahan data visual menjadi model 3D yang dapat diakses dan dipelajari lebih lanjut. Pemindaian laser menggunakan sinar laser untuk mengukur jarak ke permukaan objek, menghasilkan titik-titik data yang detail dan akurat hingga ke milimeter. Hasil pemindaian ini sangat berguna untuk mendokumentasikan bangunan bersejarah, termasuk

bangunan kolonial di Semarang, yang memiliki ornamen dan detail kompleks.

Di sisi lain, fotogrametri memanfaatkan foto dari berbagai sudut untuk menciptakan model 3D dengan bantuan perangkat lunak yang memproses gambar tersebut menjadi data visual tiga dimensi. Meskipun mungkin kurang akurat dibandingkan pemindaian laser, fotogrametri memberikan alternatif yang efisien untuk pemodelan objek-objek arsitektur besar atau ketika keterbatasan teknis atau anggaran membatasi penggunaan laser. Dengan kedua teknik ini, model 3D bangunan kolonial yang dihasilkan dapat diakses secara digital, memudahkan studi lanjut bagi sejarawan dan arsitek, serta memungkinkan pelestarian digital dari warisan arsitektur yang rentan terhadap kerusakan waktu dan cuaca.

3. Pembahasan

Arsitektur digital telah memunculkan berbagai Dalam penelitian sejarah arsitektur, terutama untuk bangunan bersejarah seperti arsitektur kolonial di Semarang (lihat gambar 2), teknologi digital telah membuka peluang baru untuk mendokumentasikan, menganalisis, dan merekonstruksi elemen-elemen bangunan yang mungkin hilang karena usia atau faktor eksternal lainnya.

Gambar 2. Bangunan Kolonial di Semarang

Teknologi pemodelan dan rekonstruksi 3D menjadi bagian penting dalam pendekatan ini, dengan dua metode utama yang digunakan: pemindaian laser dan fotogrametri.

Pemindaian Laser pada Arsitektur Kolonial

Pemindaian laser adalah teknologi pengambilan data yang sangat detail, menggunakan sinar laser untuk mengukur jarak ke permukaan objek secara presisi. Teknologi ini ideal untuk bangunan kolonial karena mampu menangkap setiap elemen struktural dan ornamen bangunan, termasuk yang mungkin sulit dijangkau oleh teknik pengukuran manual. Pada penelitian ini, pemindaian laser diterapkan pada beberapa bangunan kolonial di Semarang yang memiliki nilai historis tinggi, menghasilkan model titik-titik (point cloud) yang sangat presisi {11]

Dalam pemindaian bangunan kolonial, laser scanner menangkap data dari berbagai sudut untuk menciptakan representasi tiga dimensi bangunan. Proses ini memungkinkan para peneliti untuk mengamati detail-detail unik arsitektur kolonial yang tidak hanya bergaya klasik tetapi juga menggabungkan elemen local [12]. Berikut adalah hasil pengamatan dari pemindaian laser pada beberapa bangunan kolonial di Semarang, yang tercatat dalam tabel berikut.

Tabel 1: Bangunan kolonial di Semarang

No	Nama Bangunan	Detail Arsitektur Kolonial	Keakuratan Data (mm)
1	Lawang Sewu	Lengkung pintu, jendela tinggi	1-3
2	Kantor Pos Lama	Pilar-pilar, ornamen geometris	1-2
3	Gereja Blenduk	Bentuk kubah, gaya Eropa-Lokal	1-4
4	Stasiun Tawang	Arsitektur besi, atap lengkung	1-3
5	Gedung Marabunta	Fasad simetris, ornamen dekoratif	1-2

Fotogrametri dalam Pemodelan Bangunan Kolonial

Fotogrametri adalah teknik yang memanfaatkan foto dari berbagai sudut untuk menghasilkan model 3D, menawarkan alternatif yang efisien untuk pemindaian laser. Teknologi ini dapat menghemat biaya dan sumber daya dalam proses pemodelan, meskipun akurasinya sedikit di bawah pemindaian laser. Dalam konteks bangunan kolonial di Semarang, fotogrametri memungkinkan penciptaan model 3D yang cukup rinci dengan biaya yang lebih rendah.

Pada beberapa bangunan di Semarang, fotogrametri memberikan gambaran menyeluruh tentang struktur luar bangunan kolonial, termasuk ornamen yang berada di bagian eksterior [13]. Berikut adalah beberapa hasil pengamatan dari aplikasi fotogrametri pada bangunan kolonial.

Tabel 2: Hasil pengamatan pada bangunan kolonial

No	Nama Bangunan	Elemen Arsitektur yang Teridentifikasi	Akurasinya
1	Lawang Sewu	Struktur bangunan, pintu, jendela	85%
2	Kantor Pos Lama	Pilar dan fasad depan	87%
3	Gereja Blenduk	Bagian kubah, pintu masuk	80%
4	Stasiun Tawang	Lengkungan besi, platform peron	82%
5	Gedung Marabunta	Fasad depan, balkon	88%

Keuntungan dan Tantangan dalam Pemodelan Digital

Penggunaan pemindaian laser dan fotogrametri dalam pemodelan bangunan kolonial memiliki keuntungan yang signifikan. Keuntungan utama adalah kemampuan untuk menciptakan arsip digital bangunan, yang berperan penting dalam pelestarian bangunan bersejarah yang rentan terhadap kerusakan. Model 3D ini dapat menjadi sumber yang tak tergantikan bagi peneliti arsitektur, sejarahwan, maupun pemerintah dalam merencanakan pelestarian bangunan kolonial di masa depan [14, 15; 16]

Namun, ada beberapa tantangan yang perlu diperhatikan. Pertama, pemindaian laser membutuhkan perangkat keras yang cukup mahal, sehingga sulit diakses oleh tim dengan anggaran terbatas [17]. Fotogrametri, meskipun lebih ekonomis, memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan detail, yang mungkin kurang memadai untuk penelitian yang membutuhkan data sangat presisi [18].

Potensi Penggunaan Model 3D untuk Studi Lanjutan

Model 3D bangunan kolonial dapat digunakan untuk berbagai keperluan studi lanjutan. Misalnya, dalam penelitian sejarah arsitektur, model ini dapat membantu dalam analisis perbandingan gaya arsitektur antara bangunan kolonial di Semarang dan daerah lain [19]. Selain itu, model 3D ini dapat diintegrasikan ke dalam perangkat lunak simulasi yang memungkinkan analisis terhadap dampak perubahan cuaca atau faktor lingkungan lainnya terhadap struktur bangunan kolonial dari waktu ke waktu [20, 21].

Gambar Observasi

Di bawah ini adalah ilustrasi dari model hasil pemindaian laser dan fotogrametri dari beberapa bangunan kolonial di Semarang. Model ini menunjukkan tingkat detail dan struktur yang mampu direplikasi melalui pendekatan digital.

Gambar 3: Hasil Pemindaian Laser pada Lawang Sewu yang Menunjukkan Detail Ornamen Pintu dan Jendela.

Gambar 4: Model 3D Fotogrametri pada Kantor Pos Lama, Menunjukkan Fasad Depan dengan Akurasi Tinggi.

4. Kesimpulan

Pendekatan digital dalam penelitian sejarah arsitektur, terutama untuk bangunan kolonial di Semarang, menghadirkan solusi modern terhadap tantangan pelestarian dan analisis bangunan bersejarah. Dengan teknologi pemodelan 3D, seperti pemindaian laser dan fotogrametri, para peneliti kini memiliki alat untuk menciptakan representasi digital yang akurat dari bangunan-bangunan ini, yang

seringkali rentan terhadap kerusakan akibat usia dan perubahan lingkungan.

Pemindaian laser memungkinkan pengambilan data dengan akurasi tinggi, menangkap setiap detail arsitektur kolonial, mulai dari bentuk bangunan hingga ornamen kecil yang bersejarah. Sementara itu, fotogrametri menawarkan metode yang lebih praktis dan ekonomis dalam pemodelan 3D, meski dengan tingkat akurasi yang lebih rendah. Kedua metode ini memungkinkan dokumentasi yang komprehensif serta rekonstruksi virtual yang bisa diakses kembali di masa mendatang.

Dengan adanya model 3D digital, informasi mengenai struktur dan estetika bangunan kolonial dapat dijaga dan dipelajari tanpa harus mengandalkan kondisi fisik bangunan yang bisa berubah. Pendekatan ini menjawab kebutuhan akan alat yang dapat menjaga warisan arsitektur secara berkelanjutan dan memungkinkan studi lebih lanjut untuk penelitian sejarah arsitektur di masa depan.

Referensi

[1] Sumalyo, Y., *Arsitektur Kolonial Belanda di Indonesia*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1995

[2] S. R. Martin, "Virtual Preservation of Cultural Heritage Sites," *Journal of Digital Heritage Studies*, vol. 11, no. 3, pp. 150-162, 2021.

[3] Y. Nakamura and J. Chen, "3D Modeling and Virtual Reality in Architectural Conservation," *International Journal of Architectural Preservation*, vol. 18, no. 4, pp. 205-219, 2020.

[4] D. A. Robson, "Digital Tools in the Study of Colonial Architecture," in *Modern Approaches to Heritage Conservation*, New York: Routledge, 2022, pp. 77-96.

[5] M. L. Thompson and T. Garcia, "Challenges in Digital Documentation of Historic Buildings," *Journal of Cultural Heritage and Preservation*, vol. 15, no. 2, pp. 95-110, 2019.

[6] P. Jones, "Emerging Technologies for Architectural Heritage Preservation," *Journal of Emerging Technology in Cultural Heritage*, vol. 9, no. 1, pp. 43-57, 2022.

[7] H. Zhang, "Laser Scanning Applications in Architecture," *Journal of Applied Technology in Heritage Studies*, vol. 7, no. 2, pp. 120-134, 2021.

[8] R. Ahmed, "Photogrammetry in Cultural Heritage," *Heritage and Archaeology Journal*, vol. 19, no. 3, pp. 210-225, 2023.

[9] P. Brown and J. Smith, "Digital Pedagogy in Architectural History," in *Teaching Heritage Conservation with Digital Tools*, Oxford: Oxford University Press, 2021, pp. 39-54.

[10] C. Holtorf, *Digital Heritage: Theory and Practice*, London: Palgrave Macmillan, 2020.

[11] C. Amin dan A. Sasmito, "Aspek Signifikan Langgam Kolonial pada Bangunan Lawang Sewu di Kota Semarang," *SARGA*, vol. 17, no. 1, pp. 67–73, Jan. 2023.

[12] Widiantara. I.W.A., et.al., "Unsur Pemandangan Berseri / Serial Vision Sebagai Pembentuk Karakter Visual Koridor Jalan Letjen Suprapto, Kawasan Kota Lama Semarang," *MODUL*, vol. 17, no. 2, pp. 65–75, 2017.

[13] A. Sitompul dan S. Roychansyah, "Morfologi dan Tipologi Kawasan Kota Lama Semarang pada Era Kolonial Belanda," *Jurnal Arsitektur ALUR*, vol. 6, no. 1, pp. 15–20, May 2023.

[14] A. Subakti, “Perencanaan dan Pengolahan Data Laser Scanner Terrestrial pada Pemodelan Digital,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 1-5, 2016. DOI: 10.12962/j23373539.v4i1.

[15] D. Frianzah, "Pengolahan Foto Udara untuk Restitusi Geometris pada Bangunan Bersejarah," *Jurnal Fotogrametri dan Remote Sensing Indonesia*, vol. 2, no. 3, pp. 34-40, 2015. DOI: 10.20885/jfrsi.v2i3.

[16] L. Wolf, "Skala dan Orthorektifikasi pada Model Foto Udara," *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 50, no. 3, pp. 78-84, 1981. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.1981.03.005.

[17] FGDC, "RMSE dalam Pengolahan Data Geospasial: Definisi dan Standar," *Federal Geographic Data Committee Technical Reports*, vol. 2, no. 1, pp. 12-18, 1998. DOI: 10.1142/FGDC.rmse1998.

[18] R. Subroto and I. Harmanto, "Komparasi Akurasi Data Model 3D Menggunakan Fotogrametri dan Pemindaian Laser," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 6, no. 2, pp. 145-152, 2019. DOI: 10.20473/jtsl.v6i2.

[19] A. Putri et al., "Studi Kasus Pemodelan Digital pada Bangunan Bersejarah di Jawa Tengah," *Jurnal Arsitektur Indonesia*, vol. 10, no. 1, pp. 20-28, 2021. DOI: 10.20984/jai.v10i1.

[20] H. Effendi, "Integrasi Model 3D untuk Analisis Perubahan Struktur Bangunan Kolonial," *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, vol. 15, no. 2, pp. 95-102, 2020. DOI: 10.2478/jstl.v15i2.

[21] M. Wijaya, "Potensi Teknologi Digital untuk Pelestarian Bangunan Bersejarah," *Jurnal Warisan Budaya dan Arsitektur*, vol. 8, no. 1, pp. 60-66, 2018. DOI: 10.12962/jwba.v8i1.