



**INOVASI PEMODELAN 3D DAN ANALISIS SEMIOTIKA
PADA KONSERVASI HERITAGE INDUSTRI GULA DI JAWA TENGAH**

3D Modelling Innovation & Semiotic Analysis in Conservation of Sugar Industry Heritage in Central Java

| Received November 5, 2024 | Accepted January 23, 2025 | Available online January 31, 2025 |

| DOI 10.56444/sarga.v19i1.2373 | Page 94 - 101 |

Bambang Setyohadi Kuswarna Putra^{1*}

bams.setyohadi@gmail.com; Program Studi Teknik Arsitektur; Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Program Studi Doktor Konsentrasi Arsitektur Digital; Universitas Katolik Soegijapranata; Semarang, Indonesia^{1*}

ABSTRAK

Penelitian dengan pendekatan inovatif melalui integrasi permodelan 3D dan analisa semiotika untuk dokumentasi dan pelestarian heritage industri gula di Jawa Tengah. Tema Konservasi menjadi hal penting karena pada dasarnya kehadiran Pabrik Gula di era kolonial tidak hanya sekedar memiliki nilai historis dan arsitektur saja, namun merupakan simbol identitas budaya lokal yang terancam kerusakan fisik dan kurangnya pendekatan pelestarian yang holistik. Penelitian dengan pendekatan kualitatif deskriptif ini dilakukan melalui pengumpulan data berupa observasi lapangan, wawancara semi terstruktur, dan pemodelan digital dengan perangkat lunak Autodesk Revit. Analisis tematik digunakan untuk memahami terhadap nilai-nilai semantik, sedang analisis visual untuk evaluasi elemen arsitektural pada model 3D. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan melalui pemodelan 3D dapat merepresentasikan elemen arsitektural pabrik: struktur atap, dinding, dan ornamen khas kolonial, dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sedangkan melalui analisis semiotika dapat diidentifikasi terhadap tiga hal utama, yaitu budaya, sejarah, dan identitas, yang melekat pada arsitektur industri tersebut. Dalam hal ini menekankan arti pentingnya nilai-nilai semantik pada pelestarian dan konservasi bangunan. Penelitian ini berkontribusi secara signifikan dalam pengembangan metoda pelestarian bangunan heritage di Indonesia. Hasil dari penelitian dapat diadaptasi guna mendukung kebijakan konservasi dan pendidikan. Penelitian lanjutan dengan mengeksplorasi teknologi yang terjangkau dan melibatkan komunitas sangat disarankan, guna memastikan keberlanjutan pelestarian heritage dimasa depan.

Kata kunci: Pemodelan 3D, semiotika, heritage industri, konservasi digital, pelestarian budaya.

ABSTRACT

Research with an innovative approach through the integration of 3D modeling and semiotic analysis for documentation and preservation of sugar industry heritage in Central Java. The theme of Conservation is important because basically the presence of the Sugar Factory in the colonial era does not only have historical and architectural value, but is a symbol of local cultural identity that is threatened with physical damage and a lack of a holistic preservation approach. This research with a descriptive qualitative approach was carried out through data collection in the form of field observations, semi-structured interviews, and digital modeling with Autodesk Revit software. Thematic analysis is used to understand semantic values, while visual analysis is used to evaluate architectural elements in 3D models. The results in this study show that through 3D modeling it can represent the architectural elements of the factory: roof structures, walls, and typical colonial ornaments, with a high degree of accuracy. Meanwhile, through semiotic analysis, three main things, namely culture, history, and identity, can be identified as inherent in the architecture of the industry. In this case, it emphasizes the importance of semantic values in the preservation and conservation of buildings. This research contributes significantly to the development of heritage building preservation methods in Indonesia. The results of the research can be adapted to support conservation and education policies. Further research by exploring affordable technologies and involving the community is highly recommended, to ensure the sustainability of heritage preservation in the future.

Keywords: 3D modeling, semiotics, industrial heritage, digital conservation, cultural preservation.

PENDAHULUAN

Kehadiran pabrik gula kolonial di Jawa Tengah sebagai warisan budaya industri peninggalan bersejarah yang memiliki nilai signifikansi dalam konteks sejarah, budaya, dan ekonomi. Pada abad ke-19 hingga awal abad ke-20 keberadaan pabrik gula menandai awal era-industrialisasi di Jawa dan mencapai masa kejayaannya sebagai produsen gula terbesar di dunia (Nugroho, 2020). Seiring dengan krisis Malaise dan adanya agresi perang kemerdekaan keberadaan pabrik gula ini banyak mengalami kemerosotan dan ditinggalkan. Warisan ini pada akhirnya menghadapi tantangan yang serius, karena kerusakan fisik lapuk dimakan usia, alih fungsi dan minimnya perhatian terhadap nilai-nilai semantik dan budaya yang terkandung didalamnya (Abdian et al., 2024; Nugroho, 2020). Masih minim dan rendahnya pemanfaatan pendekatan modern dalam pelestarian menjadi pabrik-pabrik gula ini kehilangan fungsi dan terlantar, potensi arsitektur industri sebagai sumber edukasi dan identitas budaya menjadi terabaikan (Abdian et al., 2024).

Upaya pelestarian melalui kemajuan teknologi digital menjadi solusi yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah melalui teknologi Pemodelan 3D yang terbukti efektif dapat melakukan pendokumentasian dan merekonstruksi berbagai elemen-elemen arsitektur yang kompleks. Sebagai contoh dalam studi tentang monumen Greco-Roman (Al Saad, 2024). Teknologi ini disamping dapat melakukan dokumentasi yang detail terhadap ornamen elemen arsitektur, juga menunjang dalam promosi konservasi heritage kepada masyarakat luas. Disamping itu dalam pendekatan semiotika yang dilakukan akan memberikan manfaat dalam memahami nilai-nilai budaya dan semantik bangunan heritage (Barthes, 1964). Melalui penggabungan kedua pendekatan tersebut pelestarian heritage di lakukan secara holistik, dengan melihat aspek fisik dan non fisik yang ada pada bangunan.

Penelitian ini mengisi gap research dalam literature yang sudah ada, terutama masih minimnya integrasi pemodelan 3D dan analisis semiotika dipakai dalam pelestarian heritage industri di Indonesia. Beberapa penelitian sebelumnya lebih menekankan pada nilai semantik dalam pelestarian Barthes (1964) dan potensi teknologi digital dalam mendukung konservasi (Al Saad, 2024; Siliutina et al., 2024). Namun belum ada yang secara eksplisit mengkombinasikan kedua pendekatan tersebut dalam penelitian heritage pabrik gula di Jawa Tengah.

Penelitian ini ditinjau secara perspektif praktisnya memiliki tujuan menghasilkan model pelestarian yang dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya warisan industri, dan memperkuat identitas budaya lokal melalui edukasi berbasis digital, serta tentunya dapat diterapkan secara luas. Fokus utama dalam penelitian ini adalah bagaimana pemodelan 3D dan Analisis Semiotika dapat diintegrasikan secara efektif dalam pendokumentasian dan pelestarian bangunan heritage industri gula di Jawa Tengah. Dalam penelitian ini juga mampu menjawab pertanyaan kunci terkait identifikasi nilai semantik dan teknis pada bangunan, tentang tantangan implementasi teknologi digital, serta strategi guna mendukung pelestarian arsitektur industri heritage dimasa depan.

METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian ini secara kualitatif dengan desain deskriptif analitis, guna menggali pemodelan 3D dan analisis semiotika untuk diterapkan pada pendokumentasian pelestarian arsitektur industri heritage di Jawa Tengah. Pendekatan kualitatif ini relevan untuk

mengeksplorasi nilai-nilai budaya, sejarah dan semantik bangunan heritage yang tidak dapat diukur secara kuantitatif (Nugroho, 2020; Taher Tolou Del et al., 2020). Melalui deesain penelitian ini memungkinkan seorang peneliti mudah memahami konteks sosial budaya secara lebih mendalam, serta jawaban pertanyaan penelitian yang lebih terkonsentrasi pada pelestarian heritage melalui penggabungan teknologi digital dan analisis nilai semantik (Sui & Fan, 2015). Disamping itu pada penelitian ini juga memiliki tujuan untuk mengungkap elemen arsitektur juga nilai-nilai budaya yang melekat pada bangunan pabrik gula peninggalan kolonial, sebagai pendekatan holistik dalam pelestarian (Barthes, 1964).

Tahapan pengumpulan data dilakukan mulai dari pemilihan lokasi pabrik yang memenuhi kriteria arsitektural dan historisnya. Kemudian observasi lapangan untuk mendokumentasikan elemen fisik bangunan, mulai dari struktur utama, detail arsitektur, dan ornamennya yang mencerminkan khas era kolonialnya (Nugroho, 2020). Selanjutnya dilakukan wawancara semi-terstruktur dengan melibatkan mulai dari pengelola bangunan heritage, pakar arsitektur heritage, budayawan dan masyarakat lokal, guna menggali pemahaman terhadap nilai-nilai budaya, sejarah, serta makna semantik yang termuat dalam bangunan heritage (Sui & Fan, 2015). Pada dokumentasi visual ini melalui pemodelan 3D dilakukan melalui perangkat lunak Autodesk-Revit untuk menghasilkan representasi digital yang akurat dari elemen arsitektural (Al Saad, 2024). Seluruh rangkaian proses kegiatan penelitian ini dilakukan dan didokumentasikan secara rinci guna memastikan transparansi dalam proses replikasinya.

Kemudian data yang terkumpul akan dilakukan analisis, data yang sifatnya kualitatif akan dianalisis menggunakan analisis tematik. Sedangkan hasil wawancara dianalisis untuk mengidentifikasi tema-tema utama seperti nilai semantik, adaptasi budaya, dan tantangan pelestarian (Taher Tolou Del et al., 2020). Disamping itu analisis visual diterapkan pada model 3D untuk mengevaluasi detail arsitektural dan mengidentifikasi potensi adaptasi bangunan (Al Saad, 2024). Pemilihan analisis tematik karena mampu mengorganisasi data menjadi kategori bermakna yang relevan terhadap tujuan penelitian. Sedangkan, analisis visual digunakan untuk mendukung evaluasi integrasi arsitektural yang penting dalam pelestarian heritage (Barthes, 1964; Sui & Fan, 2015). Melalui Kombinasi metoda analisis akan memberikan pemahaman yang komprehensif, sehingga hasil dari penelitian ini akan memberikan manfaat bagi pelestarian bangunan heritage ditempat lain.

HASIL PENELITIAN

Pada penelitaian ini menghasilkan beberapa temuan utama yang mendukung dari tujuan integrasi pemodelan 3D dan analisis semiotika pada dokumentasi dan pelestarian arsitektur heritage industri gula di Jawa Tengah. Hasil temuan yang didapat dirangkum dalam tiga elemen kunci, yaitu: dokumentasi elemen fisik melalui pemodelan 3D, identifikasi nilai-nilai semantik, serta tantangan pelestarian heritage.

Dokumentasi Elemen Fisik dengan Pemodelan 3D

Melalui proses pemodelan 3D ini menghasilkan representasi digital yang detail mulai dari struktur arsitektural bangunan pabrik gula yang menjadi obyek dalam melakukan penelitian. Hasil pemodelan tersebut meliputi: elemen-elemen utama arsitektural, seperti konstruksi atap, dari pemodelan 3D dihasilkan representasi bentuk, dimensi, dan detail

konstruksi atap dengan akurat, elemen kemiringan, adanya ventilasi atap dan material atap dapat terekam dengan baik, namun ada sedikit deviasai karena faktor kondisi lapangan. Elemen dinding eksterior, menunjukkan detail ketinggian dinding, material (bata/plester) dan ornamental dinding dapat terekam dengan baik, deviasi karena dinding kondisi sebagian rusak dan area yang sulit. Untuk elemen jendela dan pintu, mengindikasikan seperti dimensi, bentuk, dan ornamen ragam hias, dapat didokumentasikan, deviasi terjadi karena kecilnya ornamen ukiran dan sebagian lapuk karena alam menghambat dalam representasi digital.

Secara rata-rata tingkat representasi akurasi mencapai 95%. Presentase ini dihitung berdasarkan perbandingan antara hasil model 3D dengan kondisi nyata baik melalui verifikasi visual langsung di lapangan maupun perbandingan dengan dokumentasi historis (foto). Model digital tersebut secara visual menonjolkan ciri-ciri yang memiliki kesamaan dengan gaya arsitektur kolonial, seperti kolom bergaya Yunani dan bentukan atap limasan yang dirancang menyesuaikan adaptasi terhadap iklim tropis. Karakteristik pabrik gula yang dijadikan sampel dalam penelitian tersebut didokumentasikan dan memiliki keunikan dari sisi arsitekturnya. Sebagai contoh, salah satu bangunan pada pabrik menunjukkan denah simetris dengan ruang tengah yang berfungsi sebagai ruang penghubung antara teras depan dan ruang belakang yang mencerminkan gaya arsitektur Indische Empire (Al Saad, 2024; Sholih et al., 2021). Hasil pemodelan terhadap akurasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Akurasi Dokumentasi Elemen Fisik

Elemen Fisik	Tingkat Akurasi %	Deskripsi
Struktur Atap	97%	Bentuk Limasan dengan Ventilasi luas
Dinding eksterior	92%	Kombinasi Material bata dan Plester
Jendela dan pintu	89%	Ornamen Kaca pada Beberapa Elemen

Sumber: Analisis Peneliti 2024

Identifikasi Nilai-Nilai Semantik

Melalui wawancara semi-terstruktur dan mendalam dapat diperoleh hasil yang menunjukkan tiga aspek nilai semantik yang utama yang melekat pada bangunan pabrik gula, yaitu nilai budaya, nilai sejarah, dan identitas. Adanya kecenderungan informan lebih menekankan bahwa pabrik gula dimasa jayanya tidaklah hanya menjadi bagian ekonomi kolonial saja, tetapi juga menjadi simbol kejayaan lokal. Salah satu informan menyampaikan bahwasanya kehadiran pabrik gula menjadi “bagian penting dari memori kolektif masyarakat setempat”. Sebagian responden menyatakan nilai budaya merupakan aspek penting dari arsitektur industri heritage yang diteliti. Nilai ini mencakup elemen-elemen seperti adaptasi arsitektur kolonial terhadap lingkungan lokal, pengaruhnya pada budaya masyarakat sekitar, dan bagaimana bangunan tersebut mencerminkan pencampuran budaya antara kolonial dan lokal. Nilai sejarah sebagai salah satu aspek peling penting dari heritage pabrik gula, yang mencakup peran bangunan dalam perjalanan sejarah kolonial, kontribusinya pada ekonomi lokal dimasa lalu dalam dinamika sosial politik masa kolonial (Nugroho, 2020; Sui & Fan, 2015). Kehadiran Pabrik gula menjadi simbol identitas lokal yang kuat, nilai ini terkait dengan bagaimana masyarakat melihat bangunan ini sebagai representasi masa lalu pembentuk karakter lingkungan dan kebanggaan komunitas lokal,

termasuk menjadi bagian dari memori kolektif bagi masyarakat setempat. Seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut

Tabel 2. Kategori Nilai Semantik

Kategori Nilai	Frekuensi (%)	Deskripsi
Budaya	70 %	Adaptasi Kolonial terhadap Budaya Lokal
Sejarah	85%	Peran dalam Sejarah Kolonial
Identitas	65%	Representasi Simbol Komunitas lokal

Sumber : Analisis Peneliti 2024

DISKUSI

Pada penelitian ini temuan utama mengungkap bagaimana integrasi pemodelan 3D dan analisis semiotika menjadi pendekatan yang efektif dalam perannya mendokumentasikan dan pelestarian arsitektur industri heritage gula di Jawa Tengah. Melalui pemodelan 3D dapat memberikan tingkat akurasi yang tinggi untuk merepresentasikan elemen arsitektural heritage, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian sebelumnya terhadap monumen Greco-Roman (Al Saad, 2024). Dokumentasi terhadap elemen-elemen seperti konstruksi atap, dan dinding eksterior bangunan, pintu dan jendela serta ornamennya dapat menghasilkan representasi yang akurat, dan tentunya dapat mendukung dalam konservasi bangunan heritage. Namun dalam penelitian ini juga integrasi analisis semiotika juga memberikan pemahaman tambahan yang belum banyak dibahas pada literatur sebelumnya. Contoh: analisis semiotika berhasil menganalisis nilai-nilai budaya dan sejarah yang melekat pada arsitektur heritage pabrik gula, serta memperluas penelitian sebelumnya peran tanda dan simbol dalam komunikasi budaya (Barthes, 1964; Sui & Fan, 2015). Kombinasi Integrasi ini dapat memberikan pendekatan pelestarian yang holistik yang menyangkut aspek fisik dan semantik pada bangunan heritage.

Penelitian ini hasilnya memiliki konsistensi terhadap temuan dalam literatur mengenai pentingnya nilai-nilai semantik dalam pelestarian heritage (Barthes, 1964; Taher Tolou Del et al., 2020). Aspek pada nilai budaya, nilai sejarah dan identitas diidentifikasi sebagai elemen semantik utama, hal ini mendukung pada pandangan bahwa pelestarian heritage tidak sekedar berkonsentrasi pada struktur fisik saja, tetapi juga pada makna yang melekat pada bangunan heritage tersebut. Sebagai contoh dalam hal ini pada aspek nilai sejarah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini menunjukkan peranan pabrik gula sebagai saksi industrialisasi dan kejayaan ekonomi pada era kolonial, yang sebelumnya juga dibahas dalam penelitian terkait pabrik gula sebagai warisan industri (Nugroho, 2020). Namun juga dalam penelitian ini menunjukkan kontribusibaru melalui integrasi analisis semiotika ke dalam pelestarian, yang dalam literatur sebelumnya tidak menunjukkan pembahasan secara eksplisit.

Temuan ini memberikan kontribusi yang penting dalam memperluas konsep pelestarian heritage melalui pentingnya penggunaan teknologi digital. Pendekatan ini melengkapi penelitian sebelumnya tentang pelestarian digital dengan menambahkan elemen analisis semantik yang mendalam (Al Saad, 2024; Jabeen et al., 2024). Pada studi sebelumnya teknologi pemodelan 3D hanyalah digunakan untuk dokumentasi dan rekonstruksi, namun dalam penelitian ini dapat ditunjukkan bahwa teknologi tersebut dapat mendukung analisis

naratif yang berpusat pada nilai budaya. Tentunya hal ini relevan untuk memperkuat teori bahwa pelestarian heritage harus mencakup pendekatan yang multidisiplin guna memperoleh hasil yang berkelanjutan dan relevan (Taher Tolou Del et al., 2020).

Perbedaan utama dari hasil temuan ini yaitu pada tantangan yang dihadapi pada pelestarian heritage, yang belum banguak disoroti dalam literatur. Tantangan utamanya yang ditemukan, seperti biaya tinggi, dan kurangnya sumber daya tenaga ahli lokal profesional, hal ini mencerminkan bahwa realitas pelaksanaan teknologi digital terkendala dalam konteks lokal. Sebagai contoh, terhadap tantangan biaya tinggi dalam pelestarian heritage yang dapat diidentifikasi oleh 40% responden menunjukkan bahwa implementasi teknologi permodelan 3D sering tidak terjangkau oleh komunitas lokal (Abdian et al., 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa diperlukannya pengembangan teknologi yang lebih murah dan malakukan edukasi terhadap tenaga kerja lokal, dapat menjadi rekomendasi penting untuk penelitian masa depan dan sekaligus juga berkaitan dengan pengembangan kebijakan.

Dari sisi teoritis temuan dalam penelitian ini menginformasikan ulang pentingnya integrasi teknologi digital dan analisis semiotik dalam pelestarian heritage. Hasilnya memperkuat argumen bahwa pelestarian heritage tidak hanya pendekatan berbasis teknologi saja tetapi juga perlunya pemahaman yang mendalam terhadap nilai budaya, dan sejarah yang melekat pada bangunan heritage (Barthes, 1964; Taher Tolou Del et al., 2020). Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi dasar bagi model penelitian yang lebih holistik dan multidisiplin, dan dapat diterapkan dan dikembangkan lagi dalam berbagai konteks heritage lainnya.

Implikasi praktis dalam penelitian, terutama dalam pemanfaatan arsitektur industri heritage untuk edukasi dan pariwisata. Melalui Pemodelan 3D yang dihasilkan dapat digunakan untuk rekonstruksi virtual dan pameran digital, yang berpotensi untuk mempengaruhi masyarakat melalui peningkatan kesadaran akan pentingnya pelestarian heritage dan mendukung pengembangan ekonomi lokal (Al Saad, 2024; Jabeen et al., 2024). Juga melalui identifikasi terhadap nilai-nilai semantik dapat digunakan untuk merancang program edukasi berbasis heritage yang lebih relevan, seperti yang dilakukan dalam studi kasus Pabrik Gula Ceper oleh Abdian et al. (2024).

Namun tentunya dalam penelitian ini memiliki keterbatasan, terutama adalah keterbatasan jumlah lokasi yang diteliti, sehingga hasilnya kemungkinan tidak dapat digeneralisasi untuk semua pabrik gula di Jawa. Selain itu, ketergantungan pada teknologi permodelan 3D yang cukup mahal dan tenaga ahli yang terbatas menciptakan kendala dalam pelaksanaan di daerah dengan sumber daya yang terbatas. Hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna mengeksplorasi solusi teknologi yang terjangkau dan pendekatan pelestarian yang melibatkan para pihak pemangku kepentingan.

Kedepannya penelitian disarankan memperluas cakupan lokasi, eksplorasi teknologi yang murah dalam pengembangan model pelestarian heritage berbasis partisipasi komunitas masyarakat. Dengan demikian penelitian tidak sekedar memberikan kontribusi teoritis namun juga menjadi dasar praktek pelestarian bangunan heritage yang lebih inklusif dan berkelanjutan. Temuan dalam penelitian ini semoga dapat menjadi acuan pengembangan kebijakan dalam mendukung pelestarian heritage di Indonesia.

KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan melalui integrasi pemodelan 3D dan analisis semiotika untuk dokumentasi pelestarian arsitektur heritage industri gula di Jawa Tengah. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa melalui pemodelan 3D yang memiliki kemampuan untuk merepresentasikan elemen-elemen arsitektural bangunan heritage dengan akurasi tinggi. Elemen-elemen arsitektur bangunan pabrik gula, seperti elemen konstruksi atap bangunan, dinding, dan pintu dan jendela, serta ornamen arsitektur dapat terdokumentasi secara detail, sehingga memberikan dasar yang kuat bagi upaya konservasi fisik maupun digital (Al Saad, 2024; Nugroho, 2020). Disisi lain melalui analisis semiotika dapat mengungkapkan nilai-nilai budaya, sejarah, dan identitas yang melekat pada bangunan tersebut, sehingga menegaskan pentingnya pelestarian semantik guna menjaga makna dan simbol yang terkandung dalam heritage (Barthes, 1964; Taher Tolou Del et al., 2020). Melalui integrasi kedua pendekatan tersebut akan menawarkan sebuah kerangka pendekatan holistik yang dapat menjawab pertanyaan penelitian sekaligus mencapai tujuan utama dalam penelitian ini.

Temuan dalam penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam ranah teoritis maupun praktis. Secara teoritis hasil dalam penelitian ini memperluas pemahaman pelestarian heritage melalui penambahan dimensi nilai semantik pada pendekatan berbasis teknologi digital, hal ini memperkuat literatur sebelumnya yang lebih menekankan pembahasan pada pentingnya pelestarian heritage sebagai simbol identitas budaya dan sejarah, disamping pelestarian fisiknya (Barthes, 1964; Sui & Fan, 2015). Secara aplikatif dalam penelitian yang menghasilkan model yang dapat diterapkan guna melakukan dokumentasi dan mempromosikan heritage industri lainnya melalui visualisasi digital yang memiliki potensi dalam mendukung edukasi dan pariwisata (Abdian et al., 2024).

Penelitian ini memberikan beberapa hal yang perlu digarisbawahi sebagai sebuah tantangan dalam implementasi pendekatan yang diusulkan. Pemodelan 3D memiliki keterbatasan dikarenakan berbiaya tinggi, juga keterbatasan tenaga ahli lokal yang mampu memahami teknologi, serta minimnya dukungan kebijakan menjadi hambatan signifikan dalam pelaksanaan (Al Saad, 2024; Nugroho, 2020). Disamping itu cakupan penelitian lebih luas dan lebih mendalam diperlukan dalam penerapan model pelestarian ini.

Berdasarkan hasil pada temuan penelitian ini, beberapa yang dapat dijadikan rekomendasi untuk penelitian lanjutan. Pengembangan teknologi pemodelan 3D yang murah dan mudah diakses menjadi prioritas dalam rekomendasi agar pendekatan ini dapat diterapkan diberbagai wilayah dengan dukungan sumber daya yang sudah tereduksi. Disamping hal tersebut pelibatan masyarakat lokal dalam pelestarian heritage perlu di eksplorasi lebih dalam untuk penimngkatan kesadaran dan partisipasi yang dapat memperkuat keberlanjutan pelestarian (Abdian et al., 2024; Taher Tolou Del et al., 2020). Studi komparatif antar lokasi yang berbeda secara geografis diperlukan untuk mengidentifikasi bagaimana pendekatan dalam penelitian ini dapat disesuaikan dengan konteks budaya dan geografis lokasi yang berbeda.

Kesimpulan dalam penelitian ini tidaklah hanya memberikan masukan baru secara teori dalam upaya pelestarian arsitektur heritage industri gula saja, tetapi dalam hal ini juga menawarkan solusi praktis dalam menghadapi tantangan pelestarian di era teknologi digital. Melalui upaya integrasi teknologi digital dan analisis semiotika, dapat memberikan

kontribusi pendekatan yang lebih signifikan guna mendukung konsep pelestarian yang berkelanjutan, tidak hanya secara fisik tetapi juga secara budaya. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pelestarian heritage lainnya, serta membuka penelitian lanjutan yang lebih mendalam dan pengembangan kebijakan yang lebih inklusif serta efektif dalam kerangka pelestarian heritage di semua wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdian, R. C., Wijaya, T., & Agustina, F. D. (2024). Pemanfaatan pabrik gula Ceper sebagai sumber belajar sejarah lokal di era digital. *AGASTYA: Jurnal Sejarah dan Pembelajarannya*, 14(2), 195. <https://doi.org/10.25273/ajsp.v14i2.12376>
- Barthes, R. (1964). *Elements of Semiology* (p. 01). Hill and Wang, 1968.
- Bullen, P. A., & Love, P. E. D. (2011). Adaptive reuse of heritage buildings. *Structural Survey*, 29(5), 411-421. <https://doi.org/10.1108/02630801111182439>
- Eco, U. (1986). *Semiotics and the Philosophy of Language*. Bloomington: Indiana University Press.
- Harri Haapsalo (2000). Creative computer-aided architectural design: An internal approach to the design process. Departemen of Industrial Engineering OULU.
- Hoaxuan, F. (2024). The application of digital technology in the protection and inheritance of intangible cultural heritage. *Proceeding of the 11th Internasional Conference on Arts And Humanities*, 11(1), 01-13.
- Jabeen, A., Anbrine, S., Waqar, M., & Khalid, M. (2024). Digital Preservation and Adaptive Reuse of Barood Khana within Lahore Fort International Journal of Social Science Archives Digital Preservation and Adaptive Reuse of Barood Khana within Lahore Fort. *International Journal of Social Science Archives* |, 7(2), 511–523. <https://www.researchgate.net/publication/387352933>
- Krisprantono, D. (2020). Jejak budaya bangunan kolonial di Jawa di perkebunan Jawa. (2020). *Jurnal Arsitektur dan Budaya*, 18(2), 55-70.
- Nugroho, P. S. (2020). Identifikasi Pabrik Gula Sebagai Industrial Heritage Di Jawa. *ARSITEKTURA*, 18(1), 119. <https://doi.org/10.20961/arst.v18i1.37936>
- Nurul Lazmi, A. (2021). Elemen Arsitektur Pada Bangunan Bekas Industri Gula Colomadu Karanganyar Jawa Tengah, *Jurnal Arsitektur pendapa*, Vol 4 (2), 01-09.
- Sholih, M. N., Sardjono, A. B., & Harsritanto, B. I. R. (2021). Identifikasi Langgam dan Periodeasasi Arsitektur Kolonial Rumah 'MBESARAN' Pabrik Gula Jatibarang, Modul, 21(1). 63–73. <https://doi.org/10.14710/mdl.21.1.2021.63-73>.
- Siliutina, I., Tytar, O., Barbash, M., Petrenko, N., & Yepyk, L. (2024). Cultural preservation and digital heritage: challenges and opportunities. *Revista Amazonia Investiga*, 13(75), 262–273. <https://doi.org/10.34069/ai/2024.75.03.22>
- Sui, Y., & Fan, M. (2015). Reinterpreting some key concepts in Barthes theory. *Journal of Media and Communication Studies*, 7(3), 59–66. <https://doi.org/10.5897/jmcs2014.0412>
- Taher Tolou Del, M. S., Saleh Sedghpour, B., & Kamali Tabrizi, S. (2020). The semantic conservation of architectural heritage: the missing values. *Heritage Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00416-w>
- Al Saad, Z. (2024). 3D Documentation and Visualization of Greco-Roman Monuments from Jordan Through the Application of Digital Technologies. *Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies*, 14(2), 217–221. <https://doi.org/10.21608/ejars.2024.396688>