

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Industri konstruksi global telah memasuki era transformasi digital yang dikenal dengan istilah *Construction 4.0*, yang ditandai dengan integrasi teknologi *Building Information Modeling (BIM)*, *Internet of Thing (IoT)*, dan *Digital twin* dalam seluruh siklus hidup proyek konstruksi mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga pemeliharaan (Sacks et al., 2020). Di antara beberapa teknologi tersebut, *digital twin* menjadi salah satu yang menarik perhatian, karena kemampuannya yang dapat menghadirkan representasi visual dari sebuah asset fisik yang terus diperbarui secara *real time* sesuai kondisi nyata yang ada di lapangan. Sehingga teknologi ini memungkinkan para pengambil keputusan untuk melakukan simulasi, pemantauan, hingga analisis data tanpa harus hadir secara langsung di lokasi proyek (Grieves & Vickers, 2017).

Penerapan teknologi *digital twin* dalam proyek konstruksi dinilai dapat meningkatkan efisiensi manajemen proyek, mengurangi risiko kesalahan desain, dan mempercepat kolaborasi (Opoku et al., 2021). Keuntungan ini menjadi alasan mengapa banyak perusahaan konstruksi mengadopsi *digital twin*. Namun, di lingkungan pendidikan tinggi, khususnya pada Program Studi Teknik Sipil dan Vokasi Konstruksi, penerapan teknologi *digital twin* masih relatif tertinggal dibandingkan dengan praktik di dunia industry (Omrany et al., 2025).

Di sisi lain, pembelajaran berbasis proyek (Project Based Learning/ PjBL) telah lama dikenal sebagai metode pengajaran yang efektif untuk membekali mahasiswa dengan kompetensi praktis melalui pengerjaan proyek yang menyerupai kondisi nyata. Dalam penerapan pembelajaran berbasis proyek (PjBL) permasalahan yang sering muncul adalah terbatasnya akses terhadap proyek riil, risiko keselamatan kerja, keterbatasan biaya dan waktu kunjungan lapangan, sehingga mahasiswa sulit memperoleh pengalaman yang menyeluruh tentang siklus hidup sebuah proyek konstruksi (Sepasgozar, 2020).

Digital twin dapat menjadi solusi atas keterbatasan tersebut dengan menggunakan simulasi. *Digital twin* menciptakan peluang bagi proyek konstruksi

untuk disimulasikan dalam lingkungan yang aman, bebas risiko ataupun biaya sebagaimana proyek yang nyata (Dai & Brell-Çokcan, 2022). Selain itu, banyak simulasi yang memungkinkan untuk dilakukan. *Digital twin* memungkinkan mahasiswa untuk secara kolaboratif untuk merencanakan, memantau dan mengambil keputusan terhadap “proyek virtual” layaknya tim proyek sesungguhnya, sehingga *digital twin* menciptakan aktivitas pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja (Ning et al., 2024). transformasi

Meskipun terdapat potensi besar dalam penggunaan *digital twin* dan PjBL di masa depan dalam pendidikan konstruksi (Omrany et al., 2025). Namun, penelitian mengenai topik ini masih tersebar dalam berbagai bidang kajian dan belum dipetakan secara sistematis. Oleh karena itu, diperlukan tinjauan literatur sistematis (Systematic Literature Review) untuk mengidentifikasi, mengkaji, dan mensintesis temuan-temuan penelitian terdahulu mengenai penerapan *digital twin* sebagai strategi pembelajaran berbasis proyek pada industri konstruksi, sehingga diperoleh gambaran yang komprehensif *state of the art*, manfaat, tantangan, serta potensi untuk penelitian lanjutan pada bidang ini (Kitchenham & Charters, 2007).

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat diidentifikasi beberapa poin permasalahan sebagai berikut:

1. Kesenjangan antara perkembangan teknologi *digital twin* di industri konstruksi dan penerapannya dalam dunia Pendidikan. Industri dinilai telah lebih maju dibandingkan kurikulum Pendidikan konstruksi yang belum mengikuti kecepatan transformasi tersebut.
2. Keterbatasan metode Project Based Learning (PjBL) konvensional dalam memberikan pengalaman proyek konstruksi yang sesuai.
3. Belum terdapat panduan yang jelas mengenai cara mengintegrasikan ke dalam tahapan-tahapan Project Based Learning (PjBL) pada Pendidikan konstruksi.
4. Minimnya pemahaman tentang manfaat, tantangan dan kondisi yang mendukung keberhasilan penerapan *digital twin* dalam pembelajaran berbasis proyek.

5. Belum tersedianya sintesis literatur yang komprehensif dan sistematis tentang topik ini dalam rentang tahun 2020-2026.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Literatur yang dikaji dibatasi pada publikasi dalam rentang waktu 2020-2026.
2. Sumber literatur berasal dari database bereputasi, yaitu Scopus.
3. Karakteristik aksesibilitas dokumen dibatasi hanya pada artikel yang bersifat akses terbuka (*open access*).
4. Fokus kajian dibatasi pada penerapan *digital twin* dalam Pendidikan dan pembelajaran berbasis proyek.
5. Literatur yang digunakan dibatasi pada yang ditulis dalam dan Bahasa Inggris.
6. Penelitian menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR)

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan Batasan masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah utama dalam penelitian ini adalah:

Bagaimana penerapan *digital twin* sebagai strategi pembelajaran berbasis proyek (PjBL) pada industri konstruksi berdasarkan kajian literatur yang dipublikasikan pada tahun 2020-2026?

Rumusan masalah tersebut diuraikan ke dalam lima pertanyaan penelitian berikut:

1. Bagaimana tren dan perkembangan publikasi penelitian mengenai penerapan *digital twin* dalam PjBL pada industry konstruksi selama periode 2020-2026?
2. Metode penelitian dan teknologi digital apa saja yang digunakan dalam konteks PjBL di bidang konstruksi?
3. Bagaimana *digital twin* diterapkan ke dalam tahapan-tahapan PjBL pada Pendidikan konstruksi?

4. Apa manfaat dan tantangan yang ditemukan dari penerapan *digital twin* dalam PjBL pada industry konstruksi?
5. Apa kesenjangan penelitian yang dapat ditemukan sebagai rekomendasi penelitian selanjutnya?

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi tren dan perkembangan publikasi penelitian mengenai penerapan *digital twin* dalam PjBL pada industry konstruksi selama periode 2020-2026.
2. Mengidentifikasi penelitian dan teknologi digital apa saja yang digunakan dalam konteks PjBL di bidang konstruksi.
3. Menganalisis pola penerapan *digital twin* ke dalam tahapan-tahapan PjBL pada pendidikan konstruksi.
4. Mengidentifikasi manfaat dan tantangan yang ditemukan dari penerapan *digital twin* dalam PjBL pada industry konstruksi.
5. Merumuskan kesenjangan penelitian yang dapat ditemukan sebagai rekomendasi penelitian selanjutnya?

1.6. Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis

- a. Penelitian ini dapat dijadikan dasar pengembangan literatur review dimasa mendatang
- b. Penelitian ini dapat dijadikan referensi baru dalam kepenulisan ilmiah tentang *digital twin* dan pembelajaran berbasis proyek

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi akademisi: penelitian ini dapat menjadi panduan praktis dalam merancang PjBL yang menerapkan *digital twin*.
- b. Bagi Program Studi: menjadi bahan evaluasi dalam pengembangan kurikulum, pemilihan teknologi dalam pembelajaran, serta penyediaan fasilitas berbasis *digital twin* yang sesuai dengan kebutuhan industry konstruksi masa kini.

- c. Bagi peneliti selanjutnya: Menjadi sumber rujukan dalam pengembangan penelitian yang berkaitan dengan digital twin dan pembelajaran berbasis proyek.

