

**Produktivitas Tenaga Kerja pada Industri Konstruksi di Indonesia dengan
Penguasaan *Intelligent Construction Project*
*Labor Productivity in Construction Industry in Indonesia with Intelligent
Construction Project***

Septiono Eko Bawono^{1*}, Muhammad Rykho Alhamdani², Imam Asri Ranivan³

^{1,2,3}) Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunung Kidul.

Email: septiono.ekobawono@ugk.ac.id

*Correspondensi: Email: septiono.ekobawono@ugk.ac.id

Received: 06/05/25; Revised: 08/06/25; Accepted: 29/06/25

Abstrak

Teknologi *Building Information Modeling* (BIM) telah menjadi alat penting dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Teknologi aplikasi digital, sebagai salah satu perangkat lunak CAD, mendukung penerapan BIM dengan menyediakan fitur-fitur desain 2D dan 3D yang akurat. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kemampuan insinyur Teknik Sipil dalam menggambar dan mendesain proyek berbasis BIM. Metode penelitian merupakan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi teknologi digital mempermudah proses desain, meningkatkan efisiensi waktu, dan mengurangi kesalahan dalam pengolahan data. Integrasi dengan perangkat lunak lain, juga meningkatkan fleksibilitas dan fungsi dalam desain proyek. BIM menjadi alat yang signifikan dalam pendidikan teknik untuk membangun kompetensi SDM dalam menghadapi kebutuhan industri konstruksi modern.

Kata kunci : *Building Information Modelling*, CAD, Desain Teknis, Insinyur Teknik Sipil, Produktivitas Proyek Konstruksi.

Abstract

Building Information Modeling (BIM) technology has become an important tool in the planning and implementation of construction projects. Digital technology application, as one of the CAD software, supports the implementation of BIM by providing accurate 2D and 3D design features. This study aims to improve the ability of Civil Engineering Engineers in drawing and designing BIM-based projects with app. The research method involves literature studies. The results of the study show that the use of application simplifies the design process, increases time efficiency, and reduces errors in data processing. Integration with other software, such as Microsoft Excel, also increases flexibility and functionality in project design. BIM is a significant tool in engineering education to build human resources competencies in facing the needs of the modern construction industry.

Keywords: *Building Information Modelling, CAD, Technical Design, Civil Engineer, Project Productivity.*

1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi mengubah berbagai sumber daya menjadi infrastruktur sosial, ekonomi, dan lingkungan (Hermawan, et al., 2017; ILO, 2019; Chen, et al., 2024; Jayawardana, et al., 2025). Industri ini merupakan salah satu sektor paling

berpengaruh baik secara global maupun di masing-masing negara. Sektor konstruksi akan terus berkembang dan memberikan kontribusi bagi perekonomian nasional (Soemardi & Pribadi, 2018). Mengingat signifikansinya, konsep pembangunan berkelanjutan telah berkembang untuk

mencakup konstruksi berkelanjutan. Kerangka kerja ini didasarkan pada tiga prinsip dasar, yaitu pengelolaan sumber daya, desain berdasarkan siklus hidup, dan desain untuk manusia serta lingkungan (Sev, 2009). Namun, industri konstruksi menyumbang limbah material dalam jumlah besar, sekitar 40% dari penggunaan material dan energi, 80% dari pencemaran udara, pencemaran kebisingan, dan 40% dari pencemaran air. Berbagai pencemar lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas konstruksi ini mengancam ekosistem, para pekerja konstruksi, pemangku kepentingan, dan masyarakat (Ojo, et al., 2024).

Setelah menentukan siklus konstruksi proyek, teknologi *Building Information Modelling* (BIM) digunakan untuk membangun model rekayasa infrastruktur perkotaan. Kesalahan dalam model disaring melalui pemeriksaan tabrakan (*collision detection*) dan inspeksi roaming, serta modul Aplikasi Interaktif *Lean Manufacturing Digital Enterprise* dari perangkat lunak BIM digunakan untuk mewujudkan manajemen visual terhadap kemajuan konstruksi infrastruktur perkotaan. Sebuah program perangkat lunak konversi BIM-*virtual reality* (VR) dipilih untuk mengubah model tiga dimensi dari infrastruktur perkotaan menjadi model VR, dan lokasi konstruksi proyek dapat dilihat secara imersif menggunakan perangkat VR, sehingga memungkinkan manajemen digital yang dinamis terhadap pelaksanaan konstruksi infrastruktur perkotaan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode ini dapat mewujudkan manajemen digital dalam konstruksi rekayasa infrastruktur perkotaan, secara akurat memprediksi siklus proyek, serta memastikan kelancaran pelaksanaan konstruksi infrastruktur perkotaan (Yang, 2025)..

Sumber daya manusia merupakan salah satu faktor kunci dalam keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi. Tenaga kerja konstruksi mencakup berbagai lapisan mulai dari pekerja lapangan, teknisi, supervisor, manajer proyek, hingga tenaga ahli di bidang perencanaan dan pengawasan. Tingginya ketergantungan terhadap tenaga kerja menjadikan pengelolaan SDM sebagai aspek krusial dalam mencapai produktivitas, efisiensi, keselamatan kerja, serta mutu hasil konstruksi. Namun pada kenyataannya, mayoritas tenaga kerja konstruksi di Indonesia masih didominasi oleh tenaga kerja tidak terampil, minim pelatihan, dan tidak memiliki sertifikasi kompetensi. Dalam konteks Indonesia, terdapat sedikitnya empat strategi yang dapat diambil pemerintah untuk memaksimalkan investasi pada sumber daya manusia (Arifin, 2022). Pertama, menyusun rencana investasi jangka panjang melalui penyusunan peta jalan (*roadmap*) pengembangan human capital. Kedua, menetapkan sektor investasi sumber daya manusia sebagai salah satu prioritas utama dalam kebijakan investasi nasional. Ketiga, mengoptimalkan pemanfaatan anggaran pendidikan guna memperluas akses serta meningkatkan mutu sistem pendidikan. Keempat, memperluas akses terhadap teknologi luar negeri dan memastikan tersedianya infrastruktur pendukung bagi pengembangan dan transfer teknologi.

Berdasarkan data LPJK (Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi), per tahun 2024, dari sekitar 8 juta tenaga kerja konstruksi di Indonesia, hanya sekitar 25% yang telah memiliki sertifikat keahlian dan keterampilan. Sisanya masih bekerja tanpa kejelasan kompetensi, yang berpotensi menurunkan mutu pekerjaan

dan meningkatkan risiko keselamatan kerja. Selain itu, distribusi tenaga kerja terampil juga tidak merata, lebih terkonsentrasi di wilayah perkotaan dan pulau Jawa. Meskipun terdapat tren positif dalam jumlah pekerjaan di sektor konstruksi, penyerapan tenaga kerja yang sebenarnya di sektor ini terus mengalami penurunan (Soemardi, 2018). Badan Pusat Statistik mencatat penyerapan tenaga kerja yang lebih rendah pada kuartal pertama tahun 2018 (7,06 juta orang atau 5,55%) dibandingkan dengan 8,14 juta orang atau 6,72% pada Agustus 2017. Minimnya investasi dalam pengembangan SDM di sektor konstruksi telah menyebabkan berbagai permasalahan sistemik, antara lain rendahnya produktivitas tenaga kerja, tingginya angka kecelakaan kerja, mutu pekerjaan yang tidak konsisten, serta ketidakmampuan dalam mengadopsi teknologi baru seperti *Building Information Modeling* (BIM), *Internet of Things* (IoT), dan digitalisasi manajemen proyek. Padahal, dalam era revolusi industri 4.0 dan menuju industri 5.0, penguasaan teknologi dan kemampuan adaptif menjadi kunci utama dalam meningkatkan daya saing sektor konstruksi nasional. Di sisi lain, perkembangan industri ini memberi peluang penggunaan robot pada jenis pekerjaan tertentu (Dou, et al., 2025).

Penelitian ini dilaksanakan untuk melihat perkembangan industri konstruksi yang ditinjau dari tingkat produktivitasnya.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam kajian ini adalah pendekatan studi literatur, yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan cara menelaah berbagai sumber pustaka yang relevan untuk memperoleh pemahaman

teoritis dan konseptual mengenai topik yang dikaji. Pendekatan ini sesuai digunakan dalam penelitian kuantitatif eksploratif yang bertujuan untuk menggali pemahaman mendalam terhadap fenomena, teori, konsep, maupun praktik yang telah didokumentasikan dalam berbagai referensi ilmiah sebelumnya.

Sumber utama dalam studi literatur ini adalah jurnal ilmiah nasional dan internasional yang bereputasi, baik yang telah terindeks dalam database seperti SINTA, DOAJ, Google Scholar, Scopus, maupun Web of Science. Pemilihan jurnal dilakukan secara selektif berdasarkan kriteria tertentu, di antaranya: relevansi dengan topik penelitian, tingkat kebaruan informasi, validitas metodologis, dan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan.

Langkah-langkah yang ditempuh dalam studi literatur ini mencakup:

1. Identifikasi Topik dan Kata Kunci
Peneliti terlebih dahulu menetapkan topik kajian dan menyusun daftar kata kunci (*keywords*) yang digunakan untuk mencari literatur yang relevan. Kata kunci ini disesuaikan dengan terminologi yang umum digunakan dalam artikel-artikel ilmiah untuk memastikan ketercakupannya yang luas.
2. Pencarian Literatur
Literatur dicari melalui berbagai portal ilmiah, seperti Google Scholar, *ScienceDirect*, *ProQuest*, *Springer Link*, Taylor & Francis, serta Garuda dan SINTA untuk sumber-sumber dari dalam negeri. Pencarian dilakukan dengan mempertimbangkan kurun waktu publikasi (misalnya dalam 10 tahun terakhir) agar informasi yang diperoleh bersifat mutakhir dan relevan.

3. Seleksi dan Evaluasi Literatur Artikel yang ditemukan diseleksi lebih lanjut berdasarkan relevansi topik, abstrak, dan kualitas isi. Literatur yang terpilih kemudian dievaluasi dari segi metodologi, temuan utama, dan kontribusi keilmuan. Peneliti juga mempertimbangkan faktor dampak jurnal sebagai indikator kredibilitas.
4. Analisis dan Sintesis Literatur Setelah seleksi, dilakukan analisis isi untuk menemukan benang merah antara berbagai temuan penelitian yang ada. Sintesis dilakukan untuk menggabungkan dan merangkum informasi yang diperoleh menjadi sebuah narasi konseptual yang utuh dan mendalam. Pendekatan ini juga memungkinkan untuk mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) yang belum banyak dijelajahi sebelumnya.
5. Penyusunan Kerangka Teori dan Konseptual Hasil sintesis dari berbagai jurnal dijadikan dasar dalam menyusun kerangka teori dan kerangka konseptual penelitian. Kerangka ini menjadi pijakan dalam merumuskan masalah penelitian dan mendesain arah kajian selanjutnya.

Dengan menggunakan pendekatan studi literatur terhadap jurnal nasional dan internasional, penelitian ini memperoleh landasan teoritis yang kuat dan bersifat komprehensif. Pendekatan ini juga membantu dalam membangun pemahaman yang luas terhadap dinamika topik yang dikaji, termasuk tren global, pendekatan metodologis, dan temuan-temuan terbaru yang dapat dibandingkan dengan konteks lokal Indonesia.

Sebagai metode yang mengandalkan sumber sekunder, studi literatur memiliki keunggulan dalam

efisiensi waktu dan sumber daya, serta memungkinkan untuk memperoleh cakupan informasi yang luas tanpa harus melakukan pengumpulan data primer. Namun, keterbatasannya terletak pada ketergantungan terhadap ketersediaan dan kualitas sumber pustaka yang ada. Oleh karena itu, ketelitian dalam memilih dan menganalisis referensi menjadi hal yang sangat krusial untuk menjaga validitas hasil penelitian.

Pendekatan dalam penelitian ini merupakan jenis penelitian yang bersumber literatur atau kepustakaan. Studi literatur dapat ditempuh dengan jalan mengumpulkan referensi yang terdiri beberapa penelitian terdahulu yang kemudian dikompilasi untuk menarik kesimpulan (Atmajayani, 2018).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Di banyak negara maju, seperti Jepang, Singapura, dan Jerman, investasi SDM menjadi bagian integral dari strategi nasional di sektor konstruksi. Singapura, misalnya, secara aktif mendorong penggunaan teknologi konstruksi melalui program *Skills Future* dan *Building and Construction Authority (BCA) Academy*, yang menyelaraskan pendidikan vokasi dengan kebutuhan industri. Di Indonesia, pendekatan seperti ini masih belum optimal. Kolaborasi antara dunia pendidikan, industri, dan pemerintah masih berjalan parsial dan tidak saling melengkapi.

Salah satu tantangan utama dalam pengembangan sumber daya manusia di sektor konstruksi di Indonesia adalah rendahnya tingkat sertifikasi tenaga kerja. Berdasarkan data Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK), lebih dari 75% tenaga kerja di sektor ini belum memiliki sertifikasi resmi. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar

pekerja belum mendapatkan pengakuan formal atas kompetensi mereka, yang berimplikasi pada rendahnya standar mutu dan profesionalisme di lapangan. Selain itu, penyebaran kompetensi tenaga kerja konstruksi masih belum merata, baik dari segi geografis maupun sektor keahlian. Di wilayah perkotaan dan proyek besar, akses terhadap pelatihan dan sertifikasi relatif lebih baik dibandingkan dengan daerah-daerah terpencil atau proyek kecil. Ketimpangan ini menciptakan kesenjangan kualitas tenaga kerja, yang pada gilirannya mempengaruhi efisiensi, produktivitas, dan keselamatan kerja secara keseluruhan.

Tabel 1. Strategi Pengembangan SDM

Negara	Strategi Investasi SDM	Dampak yang Dihasilkan
Singapura	<i>SkillsFuture</i> , BCA Academy, subsidi pelatihan	Peningkatan sertifikasi, adopsi teknologi tinggi
Jerman	<i>Dual Vocational Training</i>	Keterpaduan teori-praktik, loyalitas tinggi
Jepang	Sistem karier berjenjang, keselamatan kerja	Produktivitas tinggi, tingkat kecelakaan rendah
Indonesia	Sertifikasi LPJK, pelatihan BLK	Sertifikasi rendah, distribusi kompetensi belum merata

Menurut McKinsey (2021), perusahaan konstruksi yang mengalokasikan minimal 2% dari nilai proyek untuk pengembangan SDM mengalami kenaikan produktivitas

hingga 30%. Investasi SDM dalam konteks industri konstruksi bukan sekadar memberikan pelatihan teknis jangka pendek, melainkan mencakup pengembangan kompetensi jangka panjang yang berorientasi pada peningkatan nilai tambah individu dan organisasi. Investasi ini meliputi pendidikan dan pelatihan vokasi, program sertifikasi keahlian, peningkatan kesejahteraan dan perlindungan tenaga kerja, hingga pengembangan karir berbasis kompetensi. Di samping itu, sinergi antara pemerintah, industri, dan lembaga pendidikan perlu diperkuat agar tercipta ekosistem pengembangan SDM konstruksi yang terstruktur dan berkelanjutan.

Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah untuk meningkatkan kualitas SDM konstruksi, seperti pembentukan Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK), program sertifikasi tenaga kerja konstruksi, pelatihan vokasi melalui Balai Latihan Kerja (BLK), dan kerja sama dengan industri. Namun, upaya-upaya tersebut masih menghadapi tantangan implementasi, seperti kurangnya koordinasi antar lembaga, keterbatasan anggaran, rendahnya minat masyarakat terhadap pendidikan vokasi konstruksi, serta lemahnya monitoring dan evaluasi program pelatihan. Selain itu, dalam dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN), isu peningkatan kualitas SDM di sektor konstruksi telah disebutkan sebagai prioritas, namun pelaksanaannya masih belum menyentuh akar permasalahan. Di sisi lain, perusahaan konstruksi swasta juga sering kali masih melihat pelatihan sebagai beban biaya, bukan sebagai investasi jangka panjang. Pola perencanaan sumber daya manusia di perusahaan

konstruksi Indonesia lebih banyak berfokus pada perencanaan operasional, yang berarti bahwa perencanaan ini masih berorientasi pada proyek atau jangka pendek (Susilawati, et. al., 2021). Hal ini mengindikasikan bahwa masih banyak proyek yang bergantung pada model tradisional untuk manajemen mutu dan keselamatan karena kesulitan mereka dalam hal modal, teknologi, atau tenaga ahli yang terkait dengan konstruksi cerdas (Dou, et. al., 2025).

Kondisi ini menunjukkan bahwa investasi pada SDM di sektor konstruksi belum menjadi prioritas yang sepadan dengan kontribusi dan kompleksitas sektor ini. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mendalam untuk mengkaji bentuk-bentuk investasi SDM yang efektif, dampaknya terhadap produktivitas dan mutu proyek, serta strategi kebijakan yang dapat mendorong peningkatan kualitas tenaga kerja konstruksi secara sistemik. Penelitian ini juga penting dalam konteks bonus demografi Indonesia yang akan mencapai puncaknya pada dekade 2030-an. Tanpa kesiapan SDM sektor konstruksi yang kompeten, Indonesia berisiko kehilangan momentum pertumbuhan. Dalam tantangan global, setidaknya SDM mampu mengelola: 1) *integrated design management*, 2) *production material management*, 3) *construction process management*, 4) *intelligent technology application*, dan 5) *operation monitoring management* (Dou, et. al., 2025).

Secara teoritis, investasi SDM dapat dipahami melalui pendekatan *Human Capital Theory* yang dikembangkan oleh Becker (1975) dan diperbarui Becker dan Schultz (1993). Teori ini menekankan bahwa pendidikan dan pelatihan merupakan bentuk investasi yang akan meningkatkan

produktivitas individu dan memberikan pengembalian dalam bentuk pendapatan yang lebih tinggi serta kontribusi ekonomi yang lebih besar. Dalam konteks industri konstruksi, hal ini berarti bahwa setiap rupiah yang dikeluarkan untuk meningkatkan kompetensi tenaga kerja akan berdampak langsung terhadap efisiensi proyek, kualitas hasil bangunan, serta keselamatan dan keberlangsungan pekerjaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok faktor yang memberikan pengaruh besar adalah: faktor pengawasan, faktor material, faktor rencana pelaksanaan, dan faktor desain (Soekiman, et. al., 2011). Selain faktor-faktor tersebut, pada perusahaan besar, faktor peralatan juga memiliki pengaruh yang tinggi. Sementara itu, pada perusahaan kecil dan menengah, faktor pemilik/konsultan juga perlu mendapat perhatian khusus karena memiliki pengaruh yang besar. Temuan penelitian juga menunjukkan bahwa faktor kesehatan dan keselamatan belum menjadi perhatian utama bagi perusahaan kecil dan menengah dan hanya memberikan pengaruh yang terbatas, sedangkan pada perusahaan besar kondisinya lebih baik, meskipun belum menjadi perhatian utama dan hanya memberikan pengaruh rata-rata.

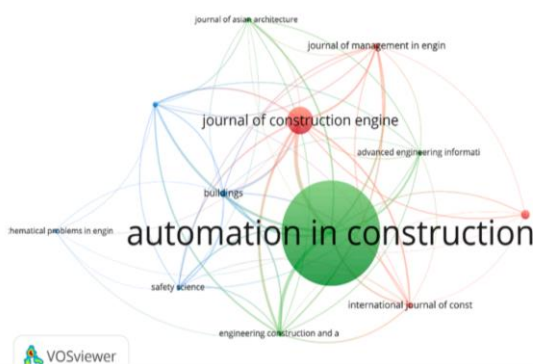
Namun investasi SDM tidak dapat berdiri sendiri. Ia harus terintegrasi dalam sistem kebijakan ketenagakerjaan dan industri konstruksi nasional. Ketersediaan data tenaga kerja berbasis kompetensi, sistem rekognisi dan sertifikasi nasional, kurikulum pendidikan vokasi yang responsif terhadap perubahan teknologi, serta insentif fiskal bagi perusahaan yang aktif melatih tenaga kerjanya menjadi bagian tak terpisahkan dari strategi nasional pembangunan SDM. Dengan kata lain,

ekosistem pengembangan SDM harus mencakup komponen pendidikan, industri, pemerintah, dan masyarakat sipil yang saling memperkuat. Hal ini merupakan strategi dalam pengembangan industri konstruksi di Indonesia (Pribadi, et al., 2022). Indonesia perlu meningkatkan pendekatan sistem dalam hal perancangan sistem penghargaan dan keberlanjutan bersama pihak eksternal (Martina, et al., 2016).

Dengan latar belakang tersebut, hal ini menjadi penting untuk merumuskan bagaimana investasi SDM di industri konstruksi dapat dioptimalkan secara terencana dan berkelanjutan demi mendorong sektor ini menjadi lebih adaptif, produktif, dan berdaya saing di tingkat nasional maupun internasional.

B. Analisa

Era automasi pada industri konstruksi tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Automasi pada Industri Konstruksi (Tian, et al., 2025)

Beberapa studi berfokus pada penerapan algoritma AI dalam menangani berbagai risiko di berbagai aspek konstruksi. Sejumlah besar studi dalam kelompok ini berfokus pada pengembangan dan penerapan algoritma pemantauan waktu nyata yang bertujuan untuk mendeteksi risiko keselamatan secara langsung selama tahap konstruksi. Bidang-bidang

ini memastikan pelaksanaan proyek konstruksi secara efisien dengan tetap mempertahankan standar anggaran, jadwal, dan kualitas. Kecerdasan buatan (AI) untuk rekayasa konstruksi, manajemen konstruksi, dan konstruksi berkelanjutan saling berkaitan erat dan saling melengkapi (Elmousalami, et al., 2025). AI dalam rekayasa konstruksi berfokus pada optimalisasi tugas-tugas teknis seperti desain struktur dan efisiensi material, yang secara langsung berkontribusi pada keberlanjutan dengan mendorong praktik hemat energi dan sumber daya. Dalam manajemen konstruksi, AI meningkatkan estimasi biaya proyek, perencanaan, penganggaran, dan alokasi sumber daya, sehingga mengurangi limbah dan keterlambatan, yang sejalan dengan tujuan keberlanjutan. Aplikasi-aplikasi yang terintegrasi dengan AI ini mendorong konstruksi berkelanjutan dengan meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi energi.

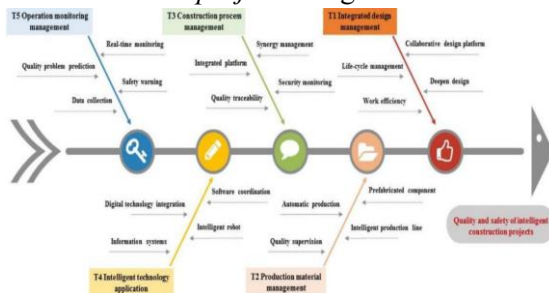
Industri konstruksi merupakan salah satu sektor ekonomi terbesar dan paling padat karya di banyak negara, termasuk Indonesia. Meskipun demikian, sektor ini sering dikritik karena pertumbuhan produktivitas tenaga kerjanya yang relatif stagnan dibandingkan dengan sektor lain seperti manufaktur. Dalam menghadapi tantangan tersebut, adopsi teknologi digital menjadi solusi strategis untuk menilai, memantau, dan meningkatkan produktivitas tenaga kerja secara sistematis dan real-time. Transformasi digital telah membuka jalan baru dalam pengelolaan proyek konstruksi, khususnya dalam mengukur performa kerja di lapangan secara lebih akurat. Teknologi seperti BIM, IoT, perangkat *wearable*, dan *platform* manajemen

proyek berbasis *cloud*, kini menjadi bagian penting dari ekosistem konstruksi modern yang produktif dan efisien.

Teknologi digital berperan penting dalam mengubah cara perusahaan konstruksi menilai produktivitas tenaga kerja. Jika sebelumnya penilaian produktivitas hanya didasarkan pada observasi manual atau laporan tertulis yang bersifat statis dan lambat, kini teknologi memungkinkan:

1. Pengumpulan data *real-time* dari lokasi proyek.
2. Analisis otomatis atas jam kerja, *output*, dan *idle time*.
3. Pelacakan aktivitas tenaga kerja secara individual maupun tim. Pemantauan keterlambatan, kemajuan, dan efisiensi tugas.

Dengan demikian, manajer proyek dapat mengambil keputusan lebih cepat dan berdasarkan data faktual, bukan asumsi atau perkiraan. Dou, et al. (2025) merekomendasikan *intelligent construction project* sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram tulang ikan manajemen mutu dan keselamatan pada *intelligent construction project*
(Dou, et al., 2025)

Pada setiap tahap proyek konstruksi cerdas peran SDM cukup penting. Penguasaan teknologi berkontribusi besar pada kendali perencanaan, proses, serta evaluasi proyek. Beberapa teknologi digital yang saat ini telah digunakan secara luas untuk

menilai produktivitas tenaga kerja dalam proyek konstruksi:

a. *Building Information Modeling (BIM)*

BIM memungkinkan visualisasi 3D dari seluruh elemen proyek, termasuk penjadwalan dan estimasi waktu pelaksanaan (4D scheduling). Produktivitas tenaga kerja dapat dinilai berdasarkan perbandingan antara waktu aktual dan waktu rencana dari tiap elemen pekerjaan.

b. *Global Positioning System (GPS) dan RFID*

GPS dan RFID dapat digunakan untuk melacak kehadiran dan pergerakan pekerja di lokasi proyek. Teknologi ini memungkinkan penghitungan waktu efektif kerja, serta mengidentifikasi waktu tidak produktif yang terjadi karena pekerja meninggalkan zona kerja.

c. *Wearable Devices dan Sensor Biometrik*

Perangkat seperti *smart helmets*, jam tangan pintar, dan rompi sensor dapat memantau aktivitas fisik pekerja, mendeteksi kelelahan, dan menganalisis pola kerja harian. Data ini berguna untuk menilai produktivitas sekaligus menjaga kesehatan dan keselamatan kerja (K3).

d. *Camera Monitoring dan Computer Vision*

Penerapan kamera pengawas yang terintegrasi dengan algoritma computer vision dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis aktivitas konstruksi yang sedang dilakukan, menghitung jumlah pekerja aktif, dan mengukur output harian secara otomatis.

e. *Sistem Manajemen Proyek Digital (Project Management Software)*

Aplikasi seperti *Procore*, *Autodesk Construction Cloud*, dan *PlanGrid* memungkinkan pelaporan progres harian, pengukuran produktivitas berdasarkan volume pekerjaan yang diselesaikan, serta integrasi laporan dari berbagai tim secara terpadu.

f. Artificial Intelligence (AI) dan Machine Learning (ML)

AI dan ML digunakan untuk menganalisis data produktivitas dari berbagai sumber (BIM, kamera, sensor) dan menghasilkan prediksi produktivitas masa depan, identifikasi *bottleneck*, serta rekomendasi perbaikan proses kerja.

Adopsi teknologi digital dalam penilaian produktivitas tenaga kerja memberikan sejumlah manfaat strategis:

1. Objektivitas, penilaian berdasarkan data aktual, bukan persepsi subyektif.
2. Transparansi, semua pemangku kepentingan dapat mengakses data yang sama.
3. Efisiensi waktu, pengurangan waktu pelaporan manual dan perhitungan produktivitas.
4. Peningkatan keselamatan kerja, deteksi dini kelelahan dan risiko fisik.
5. Pengambilan keputusan berbasis data, mendukung strategi peningkatan kinerja tenaga kerja.

Salah satu studi oleh Huynh et al. (2025) mengembangkan *assessment tool* berbasis digital untuk mengukur tingkat manajemen produktivitas tenaga kerja. Alat ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan skoring terhadap faktor-faktor seperti material, peralatan, manajemen, dan skill tenaga kerja. Sistem ini memandu manajer proyek dalam mengevaluasi kondisi aktual proyek dan memberikan rekomendasi perbaikan berbasis data historis. Sementara itu, proyek infrastruktur di Jepang dan Korea Selatan telah

mengadopsi IoT dan AI secara penuh untuk memonitor tenaga kerja secara real-time. Data yang dihasilkan digunakan untuk membuat dashboard produktivitas harian dan mengukur *Return on Labor Efficiency* (ROLE) secara komprehensif.

Pemanfaatan teknologi digital dalam industri konstruksi, khususnya untuk menilai produktivitas tenaga kerja, telah mengalami perkembangan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Teknologi seperti BIM, IoT, wearable devices, dan AI bukan hanya membantu dalam mengumpulkan data, tetapi juga dalam mengubah paradigma manajemen tenaga kerja dari yang bersifat reaktif menjadi proaktif.

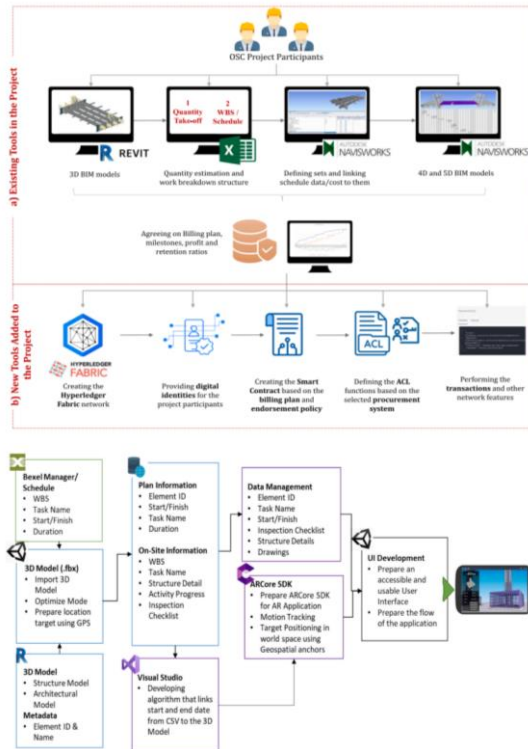
Ke depan, arah pengembangan akan meliputi:

1. Integrasi antar sistem (BIM, kamera, aplikasi mobile, AI).
2. Penggunaan *dashboard* manajemen produktivitas tenaga kerja berbasis *cloud*.
3. Kustomisasi teknologi untuk proyek berskala kecil dan menengah.
4. Penerapan konsep *smart construction site* secara menyeluruh.

Dengan pendekatan ini, industri konstruksi akan semakin adaptif, efisien, dan siap menghadapi tantangan produktivitas yang kompleks di era digital. Berikut ini integrasi sistem dalam pelaksanaan proyek (Assaf, 2025).

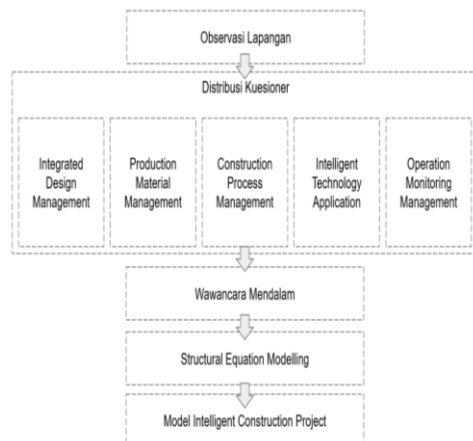
Gambar 3 menunjukkan integrasi sistem yang diusulkan dengan alat-alat yang ada dalam proyek. Pada bagian A, alat-alat yang saat ini digunakan, baik itu alat BIM maupun jenis lainnya, akan menghasilkan kumpulan informasi penting yang dibutuhkan oleh sistem yang diusulkan, seperti rencana penagihan. Selanjutnya bagian B, organisasi pemilik akan membentuk

jaringan *Hyperledger Fabric* (HLF) yang diusulkan.



Gambar 3. Model Integrasi Sistem dalam Proyek Konstruksi
(Assaf, 2025; Arvikar, 2025)

Berdasarkan analisis tersebut dapat dilanjutkan penelitian yang lebih komprehensif. Adapun kerangka penelitian tersebut dapat direkomendasikan sebagai berikut:



Gambar 4. Rekomendasi Kerangka Penelitian Proyek Konstruksi Cerdas

Data hasil penelitian dianalisis dengan pendekatan *Structural Equation Model* (SEM). SEM merupakan salah satu metode analisis statistik multivariat yang digunakan secara luas dalam penelitian ilmu sosial, perilaku, ekonomi, pendidikan, teknik, dan manajemen. SEM memungkinkan peneliti untuk menguji dan mengestimasi hubungan kausal antar variabel laten (konsep yang tidak dapat diukur secara langsung) melalui variabel indikator (yang dapat diukur secara langsung).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan BIM yang didukung oleh perangkat lunak aplikasi teknologi digital memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kualitas desain pada proyek konstruksi. Aplikasi teknologi digital mampu mendukung prinsip-prinsip BIM dengan menyediakan fitur desain 2D dan 3D yang terintegrasi dan mudah digunakan. Dalam konteks pendidikan, aplikasi ini membantu insinyur Teknik Sipil untuk memahami konsep desain teknis secara praktis, meningkatkan keterampilan, dan mempersiapkan SDM untuk menghadapi kebutuhan industri. BIM juga memungkinkan integrasi data dari berbagai sumber, seperti *Microsoft Excel*, sehingga mempermudah pengelolaan dan analisis data proyek. Dengan demikian, penggunaan BIM sebagai media dan alat desain profesional memberikan nilai tambah yang signifikan dalam pelaksanaan proyek konstruksi cerdas.

DAFTAR PUSTAKA

Aditiaman, N.M, Latief, R.U., Rahim, I.R., Arifudin, R. (2022). Productivity Model of Labour on Construction Projects in Indonesia. *International Journal of Engineering Trends and Technology*.

- Arifin, A. S. (2022). Human Capital Investment: Meningkatkan Daya Saing Global Melalui Investasi Pendidikan. Jurnal Education and development Institut Pendidikan Tapanuli Selatan.
- Arvikar, S., et al. (2025). Augmented Reality-based construction site management using optimized BIM and project schedule integration. Automation in Construction.
- Assaf, M., et al. (2025). Blockchain-enabled cash flow management system in offsite construction projects. Results in Engineering.
- Becker, G. (1975). Human capital: a theoretical and empirical analysis, with special reference to education. Columbia University Press.
- Becker, G. S. Gary S. (1993). Human capital: a theoretical and empirical analysis, with special reference to education. The University of Chicago Press.
- Chen, L et al. (2024) Conversion of waste into sustainable construction materials: A review of recent developments and prospects. Materials Today Sustainability.
- Creswell, J.W., Creswell, J.D. (2018). Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. SAGE Publications, Inc.
- Dettmer, W. H. (1997). Goldratt's Theory of Constraints A System Approach to Continuous Improvement. ASQ Quality Press: Wisconsin.
- Dou, Y., et al. (2025). Quality and safety management framework for intelligent construction: Cases study in China. KSCE Journal of Civil Engineering.
- Durdyev, S., & Mbachu, J. (2011). On-site labour productivity of New Zealand construction industry: Key constraints and improvement measures. Australasian Journal of Construction Economics and Building.
- Elmousalami, H, et al. (2025). AI in automated sustainable construction engineering management. Automation in Construction.
- Hermawan, et al. (2017). The Sustainable Infrastructure Through the Construction Supply Chain Carbon Footprint Approach. Sustainable Civil Engineering Structure and Construction Material.
- Huynh, N. M., Le-Hoai, L., Do, C.D. (2025). Assessing and Improving Labor Productivity Management in Construction: A Practical Framework and Measurement Tool. Construction Economics and Building.
- ILO. (2019). Guide: Developing the construction industry for employment-intensive infrastructure investments.
- Jayawardana, J. et al. (2025). Sustainable Drivers and Sustainable Development Goals-Based Indicator System for Prefabricated Construction Adoption-A Case of Development Economies. Sustainable Development.
- Latief, R.U., Anditiaman, N.M., Rahim, I.R., Arifudin, R., Tumpu, M. (2023). Labor Productivity Study in Construction Projects Viewed from Influence Factors. Civil Engineering Journal.
- Linhard, S.M., Sadeghi, S., Soltanmohammadlou, N., Wyke, S. (2025). A LITERATURE REVIEW OF COMMON FACTORS AFFECTING LABOR PRODUCTIVITY IN ASIA: 25 YEARS OF INSIGHT.
- Martina, A., Lupasteanu, R., Soemardi, B. W. (2016). Analyses Implementation ISO 9001 Quality Management System in Indonesian and Romanian Construction Company. World Applied Sciences Journal.
- McKensey. (2021). McKinsey Global Surveys, 2021: A year in review.
- Ojo, LD. et al. (2024). Understanding the fundamental barriers to environmental management system implementation in developing countries. Sustainable Development.
- Pribadi, K. S. et. (2022). Construction in Indonesia: Looking Back and Moving Forward. Taylor and Francis.
- Sev, Aysin. (2009). How Can the Construction Industry Contribute to Sustainable Development? A Conceptual Framework. Sustainable Development.
- Soekiman, A., Pribadi, K. S., Soemardi, B. W., Wirahadikusumah, R.D. (2011). Factors Relating to Labor Productivity Affecting the Project Schedule Performance in Indonesia. Procedia Engineering.
- Soemardi, B. W., Pribadi, K.S. (2018). THE CONSTRUCTION SECTOR OF

- INDONESIA. 23rd Conference in Malaysia, 2018. AsiaConstruct Conference.
- Susilawati, F., Prawenti, H., Puspitasari, E. (2021) HUMAN RESOURCE MANAGEMENT PATTERNS IN INDONESIA'S CONSTRUCTION COMPANIES. Journal of Applied Engineering Science.
- Tian, K., et al. (2025). Artificial intelligence in risk management within the realm of construction projects: A bibliometric analysis and systematic literature review. Journal of Innovation & Knowledge
- Waty, M., Sulistio, H. (2024). Impact of Change Orders on Decreasing Labor Productivity in Road Construction Projects (Approach using Structural Equation Modeling). Management and Production Engineering Review.
- Yang, Liu. (2025). Digital management method of municipal infrastructure engineering construction. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Smart Infrastructure and Construction.