

KAJIAN PERKEMBANGAN PENERAPAN I-CONSTRUCTION DI INDONESIA

STUDY OF I-CONSTRUCTION IMPLEMENTATION DEVELOPMENT IN INDONESIA

Amalia Rizka Sugiarto

Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

amalia.rizkasugiarto@ft.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima: Agustus 2023

Direvisi: Oktober 2023

Disetujui: Februari 2024

Kata Kunci:

i-Construction, industri 4.0

ABSTRAK

Pembangunan tidak akan pernah ada hentinya, terus tumbuh dan berkembang sesuai dengan tuntutan kebutuhan manusia dan zaman. Semakin pesatnya pertumbuhan pembangunan di Indonesia perlu didukung dengan perkembangan inovasi di dunia konstruksi yang dirasa jauh lebih mempunyai dampak positif bagi pelaku kerja. Pekerjaan di sektor konstruksi selalu dibatasi dengan adanya tenggang waktu dan biaya namun harus menghasilkan pekerjaan dengan kualitas baik. Salah satu inovasi baru yaitu penerapan teknologi di dunia konstruksi menuju era revolusi industri 4.0 yaitu i-Construction. I-Construction yaitu suatu metode yang dapat meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan IT, IoT, teknologi pemrosesan informasi spasial, teknologi robotisasi, dll [4]. Dengan adanya i-Construction dapat memungkinkan lebih banyak kesiapan dan efisiensi sehingga meningkatkan produktivitas. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode bibliometrik dalam jurnal nasional, internasional dan artikel ilmiah, serta pengamatan terhadap industri konstruksi di Indonesia. Dari penelitian didapati bahwa i-Construction di industri konstruksi di Indonesia baru dimulai dalam beberapa tahun terakhir, yang ditandai dengan masih sedikitnya penerapan i-Construction. Pemerintah Indonesia juga masih kurang dalam berinvestasi pada sektor penelitian dan pengembangan teknologi. Temuan ini diharapkan mampu menjadi basis dalam menginisiasi penerapan i-Construction di industri konstruksi Indonesia.

ABSTRACT

Development will never stop, continue to grow and develop in accordance with the demands of human needs and the times. The rapid development growth in Indonesia needs to be supported by the development of innovation in the world of construction which is felt to have a far more positive impact on workers. Work in the construction sector is always limited by deadlines and costs but must produce work of good quality. One of the new innovations is the application of technology in the world of construction towards the era of the industrial revolution 4.0, namely i-Construction. I-Construction is a method that can increase productivity by utilizing IT, IoT, spatial information processing technology, robotization technology, etc. [4]. With i-Construction it can enable more readiness and efficiency thereby increasing productivity. This research was conducted using the bibliometric method in national and international journals and scientific articles, observing the construction industry in Indonesia. From the research it was found that i-Construction in the construction industry in Indonesia had only started in the last few years, which was marked by the limited application of i-Construction. The Indonesian government is also still lacking in investing in the research and development sector in terms of construction technology. These findings are expected to be the basis for initiating the application of i-Construction in the Indonesian construction industry.

Keywords:

i-Construction, industry 4.0

*Corresponding author: amalia.rizkasugiarto@ft.unsika.ac.id

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah mengubah lanskap industri konstruksi di seluruh dunia. Salah satu inovasi terkini yang muncul dalam konteks ini adalah i-Construction, yang merujuk pada penggunaan teknologi digital, termasuk Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT), dan berbagai solusi digital lainnya, untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan pengelolaan proyek konstruksi. Indonesia, sebagai negara dengan sektor

konstruksi yang terus berkembang, tidak terkecuali dari dampak perubahan ini.

Salah satu inovasi baru dalam penerapan teknologi di dunia konstruksi menuju era revolusi industri 4.0 yaitu i-Construction. I-Construction yaitu suatu metode yang dapat meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan IT, IoT, teknologi pemrosesan informasi spasial, teknologi robotisasi dll[4]. Dengan adanya i-Construction dapat memungkinkan lebih banyak kesiapan dan efisiensi sehingga meningkatkan produktivitas. Dalam proses dari tahap perencanaan atau

DOI: <https://doi.org/10.35261/barometer.v9i2.8680>

ISSN: 1979-889X (cetak), ISSN: 2549-9041 (online)

<http://www.journal.unsika.ac.id>

investigasi konstruksi hingga tahap pemeliharaan atau pengoperasian infrastruktur, sehingga akan bermanfaat untuk stakeholder seperti Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Pelaksana, Pengawas dan pihak-pihak lainnya yang terkait. Dengan adanya i-Construction dapat memungkinkan lebih banyak kesiapan dan efisiensi sehingga meningkatkan produktivitas. I-Construction dapat mengurangi beban pekerja dan sebaliknya mereka mengalokasikan lebih banyak waktu untuk berinteraksi dengan pemilik proyek dan di antara mereka sendiri, menghasilkan ide-ide baru untuk meningkatkan kualitas hasil kerja dan kepuasan pelanggan.

Pengembangan i-Construction di luar negeri telah menjadi tren global yang signifikan dalam industri konstruksi. i-Construction, atau konstruksi berbasis informasi, melibatkan penerapan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi, kolaborasi, dan manajemen proyek konstruksi. Beberapa negara telah mengadopsi i-Construction dengan cepat dan berhasil mengintegrasikannya ke dalam praktik konstruksi mereka.

Jepang adalah salah satu pemimpin dalam penerapan i-Construction. Mereka telah mengembangkan berbagai inisiatif, termasuk i-Construction, yang mencakup penggunaan BIM, IoT, dan teknologi terkini lainnya. Selain itu, Inggris telah mengambil langkah-langkah besar dalam menerapkan BIM sebagai standar untuk proyek konstruksi. Pemerintah Inggris telah mengeluarkan mandat BIM untuk proyek-proyek infrastruktur besar. Penggunaan teknologi sensor untuk pemantauan proyek dan manajemen aset telah berkembang pesat. Sistem pemantauan proyek secara real-time menggunakan sensor untuk mengoptimalkan progres dan efisiensi konstruksi, dan masih banyak negara-negara lainnya terutama negara maju yang telah menerapkan i-Construction.

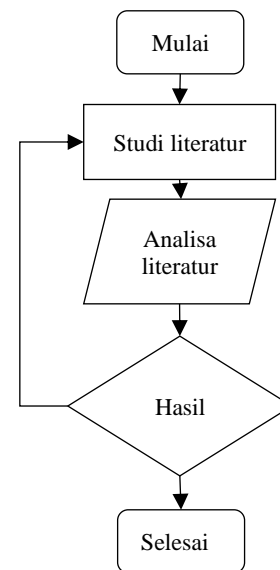
Penerapan i-Construction di Indonesia menjadi semakin signifikan seiring dengan peningkatan kesadaran industri terhadap manfaat teknologi digital dalam memajukan sektor konstruksi. Kajian ini bertujuan untuk mendalami pemahaman terhadap perkembangan penerapan i-Construction di Indonesia, serta merinci dampaknya terhadap efisiensi, keberlanjutan, dan inovasi dalam pembangunan infrastruktur.

Melalui tinjauan yang komprehensif, penelitian ini akan menggambarkan evolusi penerapan i-Construction di Indonesia, mengidentifikasi kebijakan dan regulasi yang mendukungnya, serta menganalisis proyek-proyek dan inisiatif spesifik yang mengintegrasikan teknologi tersebut. Dengan pemahaman yang lebih mendalam, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan berharga kepada para praktisi industri, pembuat kebijakan, dan peneliti yang berkontribusi pada pengembangan konstruksi berkelanjutan di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode bibliometrik dalam jurnal nasional, internasional dan artikel ilmiah, serta pengamatan terhadap industri konstruksi di Indonesia. Beberapa konsep yang diambil dari berbagai literatur terkait di analisa keselarasannya terhadap topik yang dibahas.

Tahapan penelitian menggunakan tahapan sederhana dimana setelah literatur didapat, maka dilakukan analisa terhadap hasil literatur yang diperoleh. Penyebaran questionare tidak dilakukan dan akan dilakukan pada saat pengembangan penelitian terhadap penelitian ini. Tahapan proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Revolusi Industri 4.0

Pengertian Industri 4.0 Hermann et al. (2016) menambahkan bahwa industri 4.0 adalah istilah untuk menyebut sekumpulan teknologi dan organisasi rantai nilai berupa *smart factory* dan *Internet of Things*. Terdapat enam prinsip desain industri 4.0 yaitu *interoperability*, virtualisasi, desentralisasi, kemampuan *real time*, berorientasi layanan dan bersifat modular. Berdasarkan beberapa penjelasan di atas, industri 4.0 dapat diartikan sebagai era industri di mana seluruh entitas yang ada di dalamnya dapat saling berkomunikasi secara *real time* kapan saja dengan berlandaskan pemanfaatan teknologi internet guna mencapai tujuan tercapainya kreasi nilai baru ataupun optimasi nilai yang sudah ada dari setiap proses di industri.

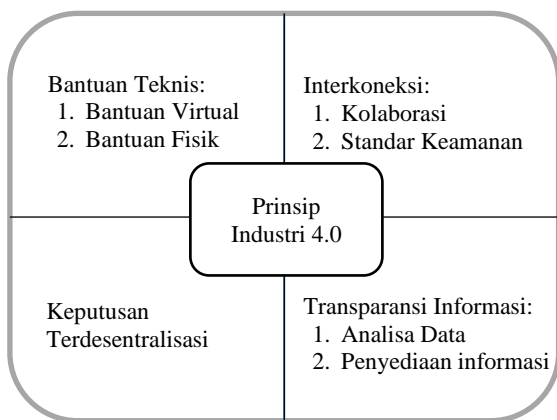
Hermann et al (2016) menambahkan, ada empat desain prinsip industri 4.0. Pertama, interkoneksi (sambungan) yaitu kemampuan mesin, perangkat, sensor, dan orang untuk terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui *Internet of Things (IoT)* atau *Internet of People (IoP)*. Salah satu contoh penerapannya yaitu dalam penelitian sebelumnya mengenai "Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur untuk Pemetaan Kontur Poket Dalam dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik". Tahapan penelitian yaitu perancangan alat ukur dimulai dari merancang elektrik dan perangkat keras, kemudian dilanjutkan dengan pemrograman mikrokontroler dan aplikasi Matlab [8].

Kedua, transparansi informasi merupakan kemampuan sistem informasi untuk menciptakan salinan virtual dunia fisik dengan memperkaya model digital dengan data sensor termasuk analisa data dan penyediaan informasi. Ketiga,

bantuan teknis yang meliputi;

- a. Kemampuan sistem bantuan untuk mendukung manusia dengan menggabungkan dan mengevaluasi informasi secara sadar untuk membuat keputusan yang tepat dan memecahkan masalah mendesak dalam waktu singkat;
- b. Kemampuan sistem untuk mendukung manusia dengan melakukan berbagai tugas yang tidak menyenangkan, terlalu melelahkan, atau tidak aman;
- c. Meliputi bantuan visual dan fisik

Keempat yaitu keputusan terdesentralisasi yang merupakan kemampuan sistem fisik maya untuk membuat keputusan sendiri dan menjalankan tugas seefektif mungkin. Secara sederhana, prinsip industri 4.0 menurut Hermann et al [1] dapat digambarkan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2 Prinsip Industri 4.0

Dengan berkembangnya era industri 4.0, maka pada bidang konstruksi juga mengalami perkembangan menjadi era digitalisasi. Istilah ini berkembang menjadi konstruksi 4.0. Konstruksi 4.0 diciptakan dari konsep industri 4.0, yang merujuk pada revolusi industri ke-4 yang diciptakan oleh Pemerintah Federal Jerman sehubungan dengan sektor manufaktur. Konstruksi 4.0 memungkinkan koneksi antara manusia dan alat menuju terciptanya pabrik masa depan yang penuh dengan digitalisasi dalam sektor manufaktur. Konstruksi 4.0 adalah sebuah inovasi di sektor manufaktur yang memungkinkan penggabungan dunia fisik dan virtual menggunakan IoT, simulasi, dan virtualisasi [5]. Era industri 4.0 ditandai dengan perkembangan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi guna mencapai efisiensi yang tinggi dan kualitas produk yang lebih baik termasuk di bidang jasa konstruksi. Salah satu prinsip dasar teknologi konstruksi yang harus dilakukan adalah dengan menerapkan Building Information Modeling (BIM) atau teknologi konstruksi yang berbasis industri 4.0. BIM merupakan sebuah metode baru untuk konstruksi infrastruktur yang mengintegrasikan model virtual beserta data atau informasi teknisnya. (PUPR, <https://pu.go.id/>, 2020).

B. I-Construction

Pada bulan November 2015, Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata atau *Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism* (MLIT) di

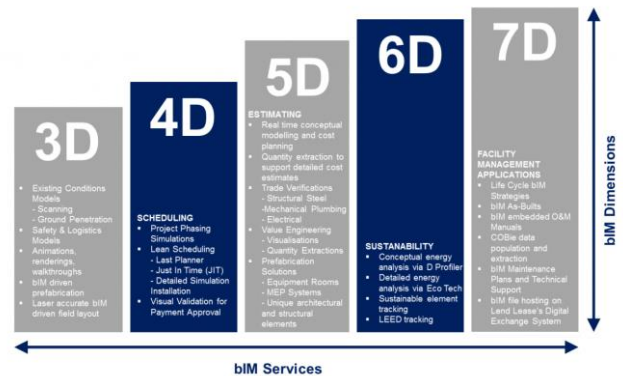
Negara Jepang mengumumkan inisiatif baru “i-Construction” untuk mengintegrasikan teknologi informasi komunikasi atau *Information and Communication Technology* (ICT) ke dalam lokasi konstruksi untuk meningkatkan produktivitas. Pada tanggal 30 Maret 2016, kebijakan implementasi “Pemanfaatan penuh ICT dalam teknik sipil” diumumkan, disertai dengan 15 standar baru dan standar perhitungan data 3D. Jadi istilah mengenai i-Construction diperkenalkan atau diinisiasi oleh Negara Jepang.

Pengertian dari I-Construction yaitu suatu metode yang dapat meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan IT, IoT, teknologi pemrosesan informasi spasial, teknologi robotisasi, dll [4]. Selain itu pengertian lain dari I-Construction yaitu sebuah inisiatif yang menggabungkan penggunaan ICT dan teknologi lainnya untuk secara drastis meningkatkan produktivitas di semua proses konstruksi dan manufaktur, mulai dari studi dan survei hingga perancangan, pelaksanaan pekerjaan konstruksi, inspeksi, pemeliharaan dan renovasi [7].

Berikut merupakan kategori pekerjaan telah menerapkan i-Construction:

1. Pemodelan Informasi Bangunan (BIM):

Penggunaan software BIM untuk merancang, mengelola, dan memvisualisasikan proyek konstruksi sebelum konstruksi fisik dimulai. Kolaborasi antar tim konstruksi menggunakan model digital yang terintegrasi. Terdapat beberapa dimensi dalam BIM yang dijelaskan pada Gambar 3 [9].



Gambar 3 Dimensi BIM

BIM 3D :

- Dimensi pertama mencakup model geometris tiga dimensi dari bangunan atau fasilitas.
- Representasi visual mencakup bentuk, ukuran, dan lokasi elemen konstruksi.

BIM 4D:

- Menambahkan dimensi waktu ke model 3D.
- Integrasi jadwal konstruksi ke dalam model untuk memvisualisasikan perkembangan proyek sepanjang waktu.
- BIM 4D membantu dalam perencanaan dan pengelolaan waktu proyek.

BIM 5D:

- Menambahkan dimensi biaya ke model 3D dan 4D. integrasi data biaya konstruksi ke dalam model untuk memonitor dan mengelola anggaran proyek secara lebih efektif.

- BIM 5D membantu dalam estimasi biaya, perencanaan anggaran, dan pengendalian biaya proyek.

BIM 6D:

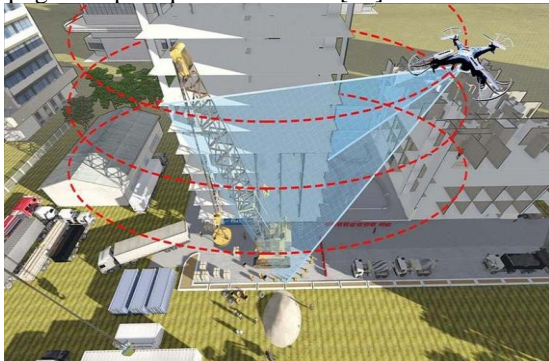
- Menambahkan dimensi keberlanjutan atau lingkungan ke model BIM.
- Integrasi data tentang kinerja energi dan dampak lingkungan ke dalam model.
- BIM 6D membantu dalam merencanakan dan mengelola dampak lingkungan serta efisiensi energi bangunan atau fasilitas.

BIM 7D:

- Menambahkan dimensi operasional atau manajemen fasilitas ke dalam model.
- Integrasi data operasional ke dalam model BIM untuk memfasilitasi pemeliharaan, pengelolaan, dan perawatan fasilitas setelah selesai dibangun.
- BIM 7D membantu dalam mengoptimalkan penggunaan dan pemeliharaan fasilitas selama siklus hidupnya.

2. Penggunaan Drones:

Pemantauan proyek konstruksi menggunakan drone untuk pemetaan dan pemantauan progres. Penggunaan drone untuk survei situs dan pengumpulan data topografi seperti pada Gambar 4 [10].



Gambar 4 Drone untuk Konstruksi

Penggunaan drone dalam industri konstruksi telah menjadi semakin umum dan bermanfaat diantaranya:

- Pemantauan progress konstruksi
- Pemetaan dan survei lapangan
- Inspeksi struktural
- Pemantauan kualitas pekerjaan
- Keamanan dan pengawasan
- Manajemen logistic dan pengiriman

3. Realitas Virtual (VR) dan Realitas Augmented (AR):

Penggunaan teknologi VR untuk memberikan tur virtual dari proyek konstruksi sebelum pembangunan dimulai. Penggunaan AR untuk membantu pekerja lapangan dalam memahami desain dan tata letak konstruksi. Penerapan VR dan AR seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 VR dan AR untuk Konstruksi

Penggunaan VR untuk konstruksi diantaranya:

- Tur virtual dan presentasi proyek
- Simulasi konstruksi
- Perencanaan dan kordinasi
- Pemantauan progres dan pengendalian proyek
- Desain konseptual
- Pelatihan keselamatan

Penggunaan AR untuk konstruksi diantaranya:

- Pemantauan konstruksi real-time
- Pemeliharaan dan perbaikan
- Pengaturan lokasi dan tata letak
- Pemetaan proyek 3D di lokasi proyek
- Pelatihan dan keselamatan

4. Pemantauan Sensor dan IoT:

Pemasangan sensor dan IoT pada pekerjaan konstruksi contohnya untuk mengambil data secara realtime dan akurat terhadap jam kerja alat berat dan penggunaan solar akan tercatat otomatis sehingga kantor pusat dan stakeholder proyek dapat melihat penggunaannya secara realtime dan transparan untuk supply chain management system seperti yang terlihat pada Gambar 6 [12].



Gambar 6 Sensor dan IoT untuk Konstruksi

Terdapat manfaat sensor dan IoT untuk konstruksi diantaranya:

- Pemantauan Kesehatan dan Keselamatan: Sensor Keselamatan Pekerja: Gunakan sensor untuk memantau kondisi keselamatan pekerja, seperti detektor asap, gas berbahaya, atau suhu ekstrim.

- Peralatan Keselamatan Pintar: Pasang sensor pada helm atau pakaian pekerja untuk memantau aktivitas dan mengidentifikasi situasi risiko.
- Manajemen Energi:

Sensor Konsumsi Energi: Pemantauan penggunaan energi pada peralatan konstruksi untuk mengidentifikasi peluang efisiensi dan mengurangi pemborosan energi.

Sistem Penerangan Otomatis: Penerapan sistem pencahayaan otomatis yang dapat mengatur pencahayaan di lokasi konstruksi sesuai dengan kebutuhan.
 - Pemantauan Keberlanjutan dan Lingkungan:

Sensor Kualitas Udara: Menerapkan sensor untuk memantau kualitas udara di sekitar area konstruksi.

Pemantauan Emisi Karbon: Pemantauan emisi karbon dari peralatan konstruksi untuk mendukung proyek berkelanjutan.
 - Manajemen Inventaris dan Material:

Sensor Pelacakan Material: Menggunakan RFID atau sensor lainnya untuk melacak dan mengelola persediaan material konstruksi.

Pemantauan Persediaan: Memantau tingkat persediaan material dan alat untuk menghindari kekurangan atau pemborosan.
 - Pemantauan Peralatan:

Sensor Kesehatan Peralatan: Menerapkan sensor pada mesin dan peralatan konstruksi untuk memantau kondisi kesehatan dan memperkirakan waktu pemeliharaan.

Lokalisasi Peralatan: Penggunaan GPS atau teknologi lain untuk melacak lokasi peralatan konstruksi.
 - Pemantauan Progres Konstruksi:

Sensor Progres Konstruksi: Menggunakan sensor untuk memantau progres konstruksi dan memperoleh data real-time.

Sistem Pelaporan Otomatis: Sistem otomatis untuk menghasilkan laporan progres dan mengidentifikasi potensi keterlambatan.
 - Keselamatan dan Keamanan Situs:

Sistem Keamanan Cerdas: Penerapan kamera dan sensor keamanan pintar untuk mendeteksi aktivitas mencurigakan dan memberikan peringatan dini.

Pelacakan Kehadiran: Menggunakan sistem untuk melacak kehadiran pekerja di lapangan untuk meningkatkan keamanan dan manajemen personel.
 - Manajemen Limbah:

Sensor Pemantauan Limbah: Memantau dan mengelola limbah konstruksi dengan sensor yang memberikan informasi tentang jumlah dan jenis limbah yang dihasilkan.
 - Pemeliharaan Fasilitas:

Sensor Perawatan dan Pemeliharaan: Menggunakan sensor untuk memantau kondisi struktural bangunan dan fasilitas.

Sistem Prediktif: Menggunakan analisis data untuk memprediksi kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan lebih awal.

- Kontrol Otomatis:

Sistem Kontrol Otomatis: Implementasi kontrol otomatis untuk mematikan atau mengatur ulang peralatan secara otomatis saat tidak digunakan untuk menghemat energi.

5. Cetak 3D:

Penggunaan teknologi pencetakan 3D untuk membuat elemen struktural atau komponen bangunan. Pembangunan bangunan menggunakan metode cetak 3D untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan material, berikut merupakan penerapan 3D Printing untuk mencetak struktur bangunan oleh PUPR seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 PUPR melakukan pencetakan 3D

Penerapan teknologi pencetakan 3D di industri konstruksi terus berkembang, dan penelitian lebih lanjut dilakukan untuk mengoptimalkan keuntungan teknologi ini dan mengatasi beberapa tantangan, seperti skala produksi, sertifikasi, dan aspek-regulasi. Berikut beberapa kegunaan 3D Printing dalam konstruksi:

- Cetak Bangunan:

Penggunaan printer 3D besar untuk mencetak bangunan dan struktur konstruksi secara langsung di lapangan. Reduksi waktu dan biaya konstruksi dengan menggunakan metode ini.
- Cetak Komponen Konstruksi:

Mencetak komponen konstruksi seperti panel dinding, balok, kolom, dan elemen struktural lainnya secara terpisah untuk digunakan dalam konstruksi konvensional. Menyederhanakan proses konstruksi dan mengurangi jumlah pekerjaan tangan.
- Pemulihan dan Pemugaran:

Mencetak bagian yang diperlukan untuk pemulihan dan pemugaran bangunan bersejarah atau rusak. Membantu dalam mempertahankan warisan arsitektur dan memperpanjang umur bangunan.
- Pembuatan Prototipe dan Model:

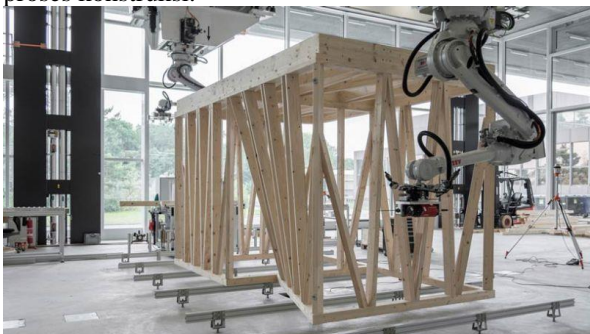
Mencetak model skala atau prototipe bangunan sebelum memulai konstruksi fisik. Memungkinkan arsitek dan insinyur untuk

memeriksa desain secara visual dan fungsional sebelum pembangunan sebenarnya.

- **Kustomisasi Desain:**
Memberikan kemungkinan untuk mencetak desain yang sangat khusus dan rumit yang sulit dicapai dengan metode konstruksi tradisional. Mendukung pendekatan desain yang lebih berfokus pada kustomisasi dan estetika.
- **Konstruksi Rumah Cepat:**
Penggunaan 3D printing untuk membangun rumah atau struktur kecil dengan cepat dan efisien.
Proses ini dapat menjadi solusi untuk kebutuhan perumahan mendesak atau untuk membangun struktur di lokasi yang sulit dijangkau.
- **Material Berkelanjutan:**
Eksplorasi material yang ramah lingkungan untuk pencetakan 3D, seperti beton daur ulang atau bahan ramah lingkungan lainnya. Memberikan alternatif untuk konstruksi berkelanjutan.
- **Pencetakan Infrastruktur:**
Eksperimen dalam mencetak elemen infrastruktur, seperti jembatan atau pagar, menggunakan teknologi 3D printing. Menyediakan cara inovatif untuk membangun dan memelihara infrastruktur.
- **Pemeliharaan dan Perbaikan:**
Mencetak suku cadang atau komponen yang diperlukan untuk pemeliharaan dan perbaikan bangunan dan infrastruktur. Mengurangi waktu penantian untuk mendapatkan suku cadang.

6. Otomatisasi Konstruksi:

Penggunaan robot dan mesin otomatis untuk pekerjaan konstruksi tertentu, seperti pemasangan struktur kayu atau baja seperti pada Gambar 8. Sistem otomatisasi untuk mengoptimalkan alur kerja dan mempercepat proses konstruksi.



Gambar 8 Robot untuk konstruksi

Berikut merupakan beberapa penerapan robot dalam pekerjaan konstruksi:

- **Robot Penggalian dan Pindahan Material:**
Robot yang dilengkapi dengan manipulator atau alat gali untuk menggali tanah, batu, atau material konstruksi lainnya. Dapat membantu dalam pembersihan dan persiapan situs konstruksi.
- **Robot Pembangunan Struktur:**
Robot yang dapat memasang bata atau material bangunan lainnya secara otomatis. Meningkatkan

kecepatan dan konsistensi dalam proses konstruksi dinding dan struktur lainnya.

- **Robot Pengelasan Otomatis:**
Robot pengelasan yang dapat digunakan untuk menyatukan dan mengelas struktur logam atau baja secara otomatis. Meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam proses pengelasan.
- **Exoskeleton untuk Pekerja Konstruksi:**
Exoskeleton adalah perangkat yang dikenakan oleh pekerja untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan fisik mereka. Mengurangi risiko cedera dan kelelahan pada pekerja yang melakukan tugas fisik berat.
- **Robot Demolisi:**
Robot yang dirancang untuk merobohkan atau menghancurkan bangunan atau struktur secara terkendali. Mengurangi risiko kecelakaan dan memungkinkan pengontrolan yang lebih tepat dalam proses demolisi.
- **Robot Pembersih dan Pemeliharaan:**
Robot yang dapat membersihkan dan merawat situs konstruksi. Dapat bergerak secara otonom untuk membersihkan debu, material limbah, dan menjaga kebersihan di sekitar area konstruksi.
- **Robot Pemeliharaan Fasilitas:**
Robot yang dapat digunakan untuk pemeliharaan dan inspeksi fasilitas setelah konstruksi selesai. Memantau kondisi struktural dan melakukan tugas perawatan rutin.
- **Robot untuk Pemantauan Kualitas Konstruksi:**
Robot dengan sensor dan teknologi pemindaian untuk memeriksa kualitas pekerjaan konstruksi. Memastikan bahwa konstruksi sesuai dengan standar dan spesifikasi yang ditentukan.
- **Robot Konstruksi Modular:**
Penggunaan robot yang dapat membangun struktur modular atau unit bangunan yang lebih kecil. Meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas dalam pembangunan proyek.

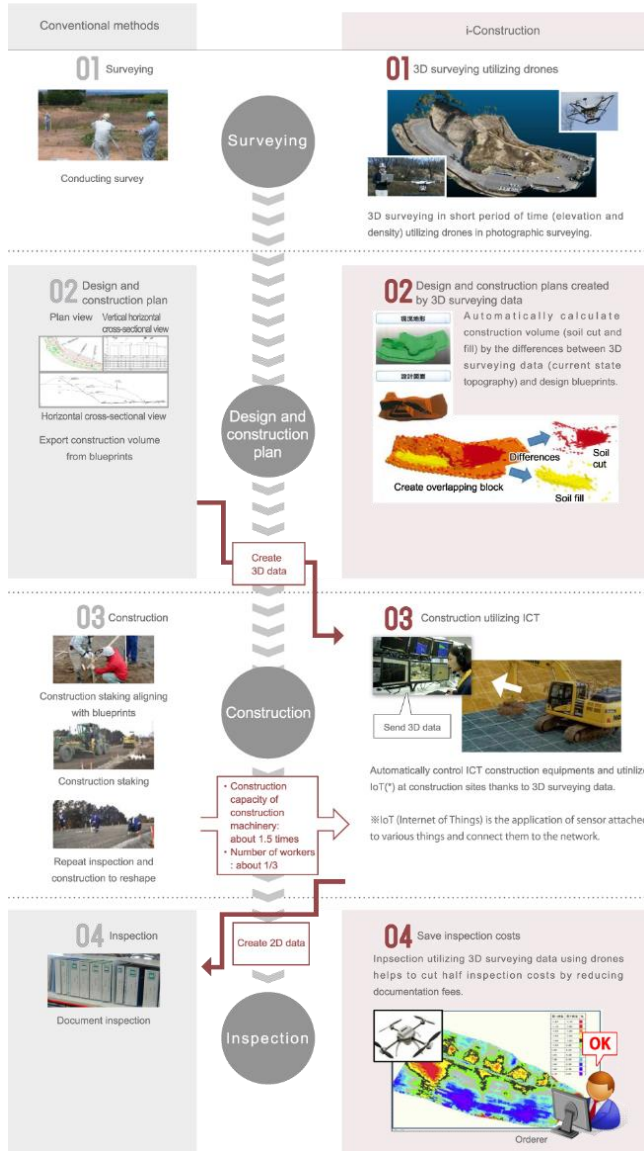
7. Penggunaan Teknologi AI (Artificial Intelligence):

Penggunaan teknologi AI dalam industri konstruksi dapat memberikan sejumlah manfaat, mulai dari perencanaan hingga manajemen proyek. Penggunaan algoritma kecerdasan buatan untuk meningkatkan perencanaan logistik dan manajemen risiko, pada saat ini AI sudah digunakan untuk membantu dalam rencana struktur bangunan seperti pada Gambar 9 [14].



Gambar 9 Perencanaan struktur dengan aplikasi AI

Terdapat perbedaan antara pekerjaan konvensional dan i-Construction yang terdapat pada Gambar 3 Skema Perbandingan Metode Konvensional dengan i-Construction [2].



Gambar 3 Skema Perbandingan Metode Konvensional dengan i-Construction

Metode konvensional biasanya merujuk pada pendekatan konstruksi tradisional yang telah digunakan selama bertahun-tahun. Metode ini mungkin melibatkan pekerjaan konstruksi yang lebih manual, seperti penggunaan bahan konstruksi konvensional seperti batu bata, beton, dan kayu. Proses konstruksi konvensional cenderung melibatkan langkah-langkah yang sudah mapan dan umum di industri konstruksi

I-Construction yaitu suatu metode yang dapat meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan teknologi. I-Construction bermula dari negara Jepang November 2015, Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata mengumumkan inisiatif baru “i-Construction”. Berdasarkan studi literatur diatas yang diperoleh dari penerapan i-Construction di negara Jepang

maka berikut merupakan hasil analisa literatur yaitu indikator suatu metode yang telah menerapkan i-Construction:

TABEL I
INDIKATOR PENERAPAN I-CONSTRUCTION

Indikator	Tingkat Penerapan
i.1 Belum memiliki sumberdaya dan pengetahuan tentang i-construction	Sangat Rendah
i.2 Sudah adanya inovasi teknologi meliputi: a. metodologi konstruksi; b. material konstruksi; c. peralatan konstruksi yang mencerminkan i-Construction yaitu IT, IoT, teknologi pemrosesan informasi spasial, teknologi robotisasi, dll	Rendah
i.3 Adanya integrasi ICT dalam metodologi, material dan peralatan konstruksi	Cukup Tinggi
i.4 Sudah adanya kebijakan tentang penerapan teknologi tentang i-Construction	Tinggi
i.5 Terbukti adanya peningkatan produktivitas, semua proses mulai dari studi dan survei, perancangan, pelaksanaan pekerjaan konstruksi, inspeksi, pemeliharaan hingga renovasi dari penerapan i-Construction yang telah dilakukan	Sangat Tinggi

C. Hasil Analisa

Pada kajian ini telah dilakukan analisa terhadap perusahaan konstruksi baik BUMN dan BUMS dengan Kualifikasi Besar (B1 dan B2) dengan pertimbangan bahwa kualifikasi perusahaan atau badan usaha jasa pelaksana konstruksi atau kontraktor tersebut mampu melaksanakan pekerjaan dengan risiko tinggi, berteknologi tinggi dan biaya yang besar.

- Risiko tinggi yaitu pekerjaan konstruksi yang pelaksanaannya dan pemanfaatan bangunan konstruksinya sangat membahayakan keselamatan umum, harta benda, jiwa manusia dan lingkungan.
- Teknologi tinggi yaitu pekerjaan konstruksi yang pelaksanaannya menggunakan banyak peralatan berat serta banyak memerlukan tenaga ahli dan tenaga terampil.

Perusahaan konstruksi di Indonesia yang termasuk kualifikasi besar diantaranya PT. Wijaya Karya, PT. Waskita Karya, PT. Pembangunan Perumahan, PT. Aset Indonusa tbk, PT.Jaya Konstruksi Manggala Pratama tbk.

Pada tahap studi literatur dilakukan dengan bibliometrik dalam jurnal nasional, internasional dan artikel ilmiah,serta pengamatan secara tidak langsung yaitu melalui website perusahaan, *company profile*, rekam jejak proyek yang telah diselesaikan dan penulisan di *media social* serta *search engine* yang sumbernya bersifat resmi dan dapat dipertanggungjawabkan. Berikut ini merupakan hasil

analisa terhadap indikator penerapan i-Construction terhadap lima perusahaan diatas:

TABEL II
Matriks Penerapan I-Construction Perusahaan Konstruksi

	i.1	i.2	i.3	i.4	i.5
PT. Wijaya Karya	Dibentuknya IT Strategy Committee	BIM, BEST, Docudo, OPIT, CCMS	-	-	-
PT. Waskita Karya	Dibentuknya System, Technology and Research Division	BIM, VR, AR, MR, Hololens	-	-	-
PT. Pembangunan Perumahan	Dibentuknya Divisi Perencanaan, Penelitian dan Teknologi	BIM, ERP, VR, AR, 3D Printing, Photogrammetry, Load Scanner	-	-	-
PT. Acset Indonusa tbk	Dibentuknya Business Process Improvement, IT & SCM Division	BIM, SAP Hana, CCMP, SHE Mobile, NCR Mobile, IMS, HIRe, E-COMSYS	-	-	-
PT. Jaya Konstruksi Manggala Pratama tbk	Dibentuknya Divisi BIM	BIM	-	-	-

- : belum diterapkan

Teknologi yang sedang menjadi trend dan berkembang saat ini yaitu penggunaan *Building Information Modelling*. Dimana hampir disetiap sektor perusahaan baik BUMN maupun BUMS diatas saat ini saing bersaing dalam penerapan dan pengembangan dari BIM disetiap proyek yang mereka laksanakan. BIM merupakan suatu metodologi digital yang memanfaatkan data kedalam sebuah model. Dengan memanfaatkan data digital sebagaimana kondisi fisik sebenarnya, proyek dapat mengidentifikasi risiko dengan optimal [15], sehingga untuk penerapan teknologi saat ini yaitu pada tingkat penggunaan atau pengembangan software dan aplikasi.

Sejauh ini, penggunaan IoT pada industri konstruksi di Indonesia yang berhasil ditemukan diinisiasi oleh PT Waskita Karya dalam penggunaan hololens sebagai media komunikasi dan koordinasi digital konstruksi yang dikaitkan dengan pendekatan BIM.

Kemudian untuk teknologi informasi spasial sudah mulai diterapkan yaitu dengan adanya Photogrammetry yang mulai diterapkan oleh PT. Pembangunan Perumahan yaitu dengan penggunaan drone atau pesawat tanpa awak Dimana pada metode Photogrammetry ini menggunakan

drone sebagai instrumen dalam kegiatan survey proyek. Sedangkan robotisasi pada saat ini masih belum ada yang menerapkan di industri konstruksi di Indonesia. Sehingga belum semua komponen dari i-Construction diterapkan.

Riset ini menggunakan sampel perusahaan konstruksi dengan kualifikasi Besar, belum tentu perusahaan konstruksi dengan kualifikasi dibawahnya telah menerapkan i-Construction dalam melaksanakan proyek. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa dengan seiringnya waktu dalam perkembangan industri 4.0 juga berpengaruh pada konstruksi 4.0 sehingga penerapan i-Construction dapat mencapai di tingkat sangat tinggi yaitu dengan Terbukti adanya peningkatan produktivitas, semua proses mulai dari studi dan survei, perancangan, pelaksanaan pekerjaan konstruksi, inspeksi, pemeliharaan hingga renovasi dari penerapan i-Construction yang telah dilakukan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa i-Construction sudah mulai diterapkan di Indonesia, digunakan untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan namun tingkat penerapannya masih "Rendah", hal ini disebabkan kurangnya integrasi antara instrumen, teknologi dan SDM yang ada. Beberapa alasan yang mendukung simpulan ini adalah karena IoT masih tergolong baru masuk ke Indonesia, dan alokasi anggaran biaya untuk sektor penelitian dan pengembangan relatif lebih kecil dibandingkan negara-negara lainnya, belum adanya kebijakan tentang penerapan i-Construction di Indonesia, dan penerapannya masih dalam lingkup pekerjaan konstruksi belum secara continue dari desain hingga pemeliharaan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B., *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. Available: <https://doi.org/10.1109/HICSS>, 2016.
- [2] Usami Kougyou Corporation, Available: https://usami-k.com/ict_english/, 2016.
- [3] Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F., *Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry 4.0: A Triangulation Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry*, *Computers in Industry*, 83(December), 121–139. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compind>, 2016.
- [4] *i-Construction Promotion Consortium 6th Planning Committee*, 2018.
- [5] Osunsanmi, T. . O., Aigbavboa, C., & Oke, A., *Construction 4.0: The Future of the Construction Industry in South Africa*. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 12(3), 206–212, 2018.
- [6] Maskuriy, R., Selamat, A., Ali, K. N., Maresova, P., & Krejcar, O., *Industry 4.0 for the Construction Industry—How Ready Is the Industry? Applied Sciences*, 9(14), 2819. Available: <https://doi.org/10.3390/app9142819>, 2019.

- [7] *Promoting i-Construction: Improving Construction Site Productivity, White Paper On Land, Infrastructure, Transport And Tourism in Japan 2019.*
- [8] O. A. Nugroho and E. Aditya, "DESIGN AND MANUFACTURE OF MEASURING INSTRUMENTS FOR INSIDE POCKET CONTOUR MAPPING USING ULTRASONIC SENSORS", *Barometer*, vol. 8, no. 2, pp. 78–86, Aug. 2023.
- [9] <https://depobeta.com/magazine/artikel/mengenal-teknologi-building-information-modeling-bim-pada-penerapan-proyek-infrastruktur/>
- [10] <https://www.fulldronesolutions.com/drone-untuk-konstruksi-inspeksi-proyek-dan-pendukung/>
- [11] <https://smarteye.id/blog/augmented-reality-data-construction/>
- [12] <https://manpro.id/blog/studi-kasus-internet-of-things-alat-berat-konstruksi/>
- [13] <https://nikifour.co.id/teknologi-robot-konstruksi/>
- [14] <https://www.artefuoco.com/>
- [15] <http://bim.pu.go.id/tentang.html>