

Perkembangan Teknologi Alat Berat di Era Konstruksi 4.0

Amalia Rizka Sugiarto^{1*}; Dicki Dian Purnama¹; Mochamad Malik Abdulah Saripudin¹

1. Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa, Karawang, Jawa Barat 41361 Indonesia

^{*)}Email: amalia.rizkasugiarto@ft.unsika.ac.id

Received: 27 Mei 2023 | Accepted: 30 Mei 2023 | Published: 31 Mei 2023

ABSTRACT

The development of construction 4.0 is now increasing, the challenges that must be faced are increasingly diverse and complex. One of the significant challenges is the problem of increasing productivity, this problem occurs because of the increasing demand for infrastructure. The use of machine construction technology provides new opportunities for more efficient, smart and connected work. Several previous studies have discussed heavy equipment technology in the construction industry, such as analysis of the productivity of heavy equipment working time, implementation of construction automation, comparison of the productivity of manual and automated construction projects. The purpose of this study is to find out whether the development of heavy equipment adapts to the need for technological developments in the construction era 4.0. This study uses simple stages where after the literature is obtained, an analysis of the results of the literature obtained is carried out and validation is carried out by observing the object of research. Based on the analysis, it was concluded that 50% of the development of heavy equipment had matched the need for technological developments in the construction era 4.0. So this is a positive signal in increasing productivity which is the main problem in construction projects. Then the hope for the future is that all providers and users in the construction industry will always make continuous improvements to achieve an integrated infrastructure in the future.

Keywords: Construction Technology, Heavy Equipment, Construction 4.0

ABSTRAK

Perkembangan industri konstruksi 4.0 kini semakin pesat, tantangan yang harus dihadapi semakin beragam dan kompleks. Salah satu tantangan yang signifikan adalah masalah peningkatan produktivitas, masalah ini terjadi karena peningkatan permintaan akan infrastruktur. Penggunaan teknologi konstruksi alat berat memberikan peluang baru untuk pengerjaan yang lebih efisien, cerdas, dan terhubung. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas tentang teknologi alat berat dalam industri konstruksi, seperti analisis produktivitas waktu kerja alat berat, implementasi otomatisasi konstruksi, perbandingan produktivitas proyek konstruksi yang dikerjakan secara manual dan otomatis. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui apakah perkembangan alat berat menyesuaikan kebutuhan akan perkembangan teknologi di era konstruksi 4.0. Penelitian ini menggunakan tahapan sederhana dimana setelah literatur didapat, maka dilakukan analisis terhadap hasil literatur yang diperoleh dan dilakukan validasi dengan observasi terhadap objek penelitian. Berdasarkan analisa disimpulkan bahwa 50% perkembangan alat berat telah menyesuaikan kebutuhan akan perkembangan teknologi di era konstruksi 4.0. Sehingga hal ini menjadi sinyal positif dalam peningkatan produktivitas yang menjadi masalah utama dalam proyek konstruksi. Kemudian yang menjadi harapan kedepannya bahwa seluruh penyedia dan pengguna di dalam industri konstruksi senantiasa melakukan perbaikan secara kontinyu untuk mencapai infrastruktur yang saling terintegrasi di masa depan.

Kata kunci: Teknologi Konstruksi, Alat Berat, Konstruksi 4.0

1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan kegiatan ataupun usaha yang memiliki kaitan dengan penyiapan lahan, proses produksi, perubahan dan perbaikan bangunan ataupun fasilitas lainnya [1]. Industri konstruksi menjadi sektor utama dalam perekonomian nasional di berbagai negara, karena industri konstruksi memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi suatu negara, seperti penciptaan lapangan kerja, pembangunan infrastruktur dan fasilitas publik, investasi, hingga inovasi teknologi dan penelitian [2]. Nilai tambah hasil konstruksi juga menjadi pemasukan yang besar, biasanya mencapai angka 3-7% dari Produk Domestik Bruto di negara berkembang, dan 5-9% di negara maju. Estimasi dari berbagai sumber menempatkan efek 'pengganda' dari aktivitas konstruksi di tempat pada dua atau dua setengah kali nilai bersih hasil konstruksi. Jadi, 'output kotor' konstruksi di negara-negara berkembang sebanyak 14% dari PDB [3].

Pertumbuhan sektor konstruksi di Indonesia sudah menunjukkan peningkatan yang signifikan selama sepuluh tahun terakhir ini, hal tersebut memberikan indikasi bahwa sektor konstruksi merupakan salah satu sektor yang sangat penting dalam meningkatkan ekonomi Indonesia. Alasan utama pentingnya industri konstruksi dalam perekonomian nasional karena output yang dihasilkan selalu dalam bentuk fisik, seperti infrastruktur jalan, jembatan, pelabuhan, sarana dan prasarana pendukung aktivitas ekonomi lain [4].

Seiring dengan revolusi industri 4.0, teknologi konstruksi saat ini juga mengalami perkembangan menuju transformasi digital dengan revolusi konstruksi 4.0. Secara umum, teknologi industri merupakan segala hal yang mempunyai unsur kebaruan dalam dunia konstruksi, baik dalam bentuk produk, maupun proses yang bertujuan untuk menambah efisiensi, kualitas, dan daya saing [5]. Selain itu, teknologi konstruksi juga berperan dalam menunjang operasi dan pemeliharaan yang berkelanjutan [6]. Dengan menerapkan kolaborasi teknologi konstruksi pada konstruksi 4.0, peningkatan dapat terlihat pada efisiensi operasional, pengelolaan waktu proyek, dan minimalisasi limbah. Oleh karena itu, peran digital dalam industri konstruksi bukan lagi hanya sekedar alat, tapi juga mengubah metode dalam industri konstruksi [7].

Saat ini industri konstruksi sedang menghadapi sejumlah tantangan dan permasalahan yang dapat mempengaruhi kelancaran pengerjaannya. Salah satu tantangan yang signifikan adalah masalah peningkatan produktivitas. Salah satu alasan perlunya dilakukan peningkatan produktivitas adalah meningkatnya kompleksitas proyek konstruksi dan peningkatan permintaan akan infrastruktur [8]. Selain itu, kenaikan material bahan baku dan sumber daya juga menjadi tantangan yang serius. Masalah keselamatan dan masalah lingkungan juga harus menjadi pertimbangan, karena seringkali terjadi kecelakaan kerja yang dialami pekerja dan banyaknya limbah yang mencemari lingkungan sekitar [9]. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah dan tantangan tersebut, diperlukan adanya penggunaan teknologi alat berat secara maksimal.

Kemajuan teknologi alat berat memberikan dampak terhadap proyek konstruksi, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pengelolaan, hingga ke perawatan. Dengan menggunakan teknologi saat ini, alat berat menjadi opsi dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keselamatan industri konstruksi. Dalam perencanaan proyek konstruksi, penggunaan teknologi alat berat seperti *Building Information Modeling* (BIM) memungkinkan untuk merancang proyek secara virtual. Sehingga memungkinkan pengoptimalan desain, deteksi dini terhadap potensi konflik, dan simulasi proyek sebelum pembangunan. Selama pelaksanaan, penggunaan teknologi seperti alat berat otonom dan sistem kendali canggih menjadikan pekerjaan lebih akurat, efisien, dan aman. Dengan menggunakan sensor dan GPS, pengumpulan data dapat dilakukan secara *real-time*. Selain itu, teknologi alat berat yang sudah terhubung sistem berbasis *cloud* memungkinkan kolaborasi yang lebih baik. Data yang

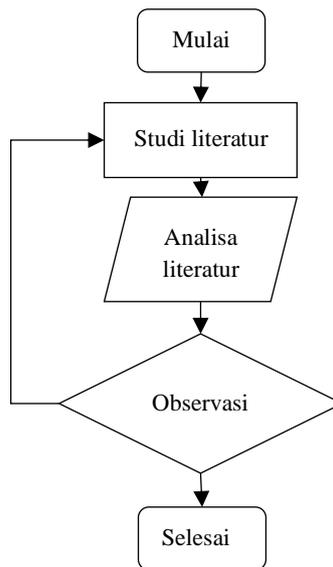
diperoleh dari alat berat dapat diakses secara *real-time*, sehingga mempercepat pertukaran informasi, koordinasi, dan pengambilan keputusan yang akurat. Dalam pengelolaan proyek konstruksi, penggunaan teknologi alat berat juga memberikan manfaat dengan sistem telematika, manajemen bisa memantau performa, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta mengurangi waktu henti dan kerusakan [10]. Secara keseluruhan, inovasi teknologi seperti otomatisasi, konektivitas, analitik data, kecerdasan buatan, robotika, dan keberlanjutan membawa peluang besar bagi industri konstruksi. Dengan menggunakan teknologi ini, industri konstruksi memiliki solusi dari tantangan dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, keselamatan, dan keberlanjutan, serta menciptakan peluang baru untuk pertumbuhan dan kemajuan di masa depan.

Sudah ada beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang penggunaan teknologi alat berat dalam proyek pekerjaan. Salah satu studi yang relevan adalah studi oleh M. Irsan Sangadja 2021 [8] yang mengkaji analisis produktivitas waktu kerja alat berat pada pembangunan lanjutan reklamasi dan jalan kawasan kayu merah kalumut, hasil menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi waktu dengan menggunakan alat berat dari waktu yang ditargetkan. Selain itu, penelitian oleh Rangga Risnu N. P. 2016[11] mengkaji tentang implementasi otomatisasi konstruksi pada industri konstruksi di Surabaya. Hasil menunjukkan berdasarkan pandangan kontraktor, *Building Installation: Tower Crane* adalah jenis otomatisasi konstruksi paling banyak diimplementasikan. Sementara dalam pandangan konsultan perencana, otomatisasi konstruksi paling banyak diimplementasikan adalah CAD dan CAE: *Structural Modeling*. Selain itu, penelitian oleh Hoesan 2004 [12] berfokus pada perbandingan produktivitas dari berbagai macam proyek konstruksi yang dikerjakan secara manual di Indonesia dan di Amerika dengan produktivitas yang dihasilkan menggunakan robot. Meskipun penelitian-penelitian tersebut telah memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan teknologi alat berat di era konstruksi 4.0, masih ada beberapa area yang perlu diteliti lebih lanjut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah perkembangan alat berat menyesuaikan kebutuhan akan perkembangan teknologi di era konstruksi 4.0. Dengan menggabungkan penelitian sebelumnya dan kontribusi baru, diharapkan jurnal ini dapat memberikan panduan yang berguna bagi industri konstruksi dalam menghadapi tantangan dan peluang yang ditawarkan oleh perkembangan teknologi alat berat di era konstruksi 4.0 serta dapat memberikan kontribusi terhadap literatur akademik dalam bidang teknologi konstruksi dan alat berat.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian deskriptif yaitu menggambarkan dan menginterpretasikan objek dengan apa adanya. Penelitian deskriptif digunakan dengan tujuan yaitu menggambarkan secara sistematis fakta dan karakteristik objek dan subjek secara tepat [13]. Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data dengan studi kepustakaan yaitu peneliti mengumpulkan data-data yang diperoleh dari data yang relevan terhadap permasalahan yang akan diteliti dengan melakukan studi pustaka seperti, penelitian terdahulu, jurnal, buku, dan artikel [14]. Pengumpulan ini dilakukan peneliti untuk menambah dan mendukung data utama dari penelitian ini. Selain itu juga dilakukan observasi mendalam terhadap perkembangan teknologi konstruksi di Indonesia. Tahapan penelitian menggunakan tahapan sederhana dimana setelah literatur didapat, maka dilakukan analisis terhadap hasil literatur yang diperoleh dan dilakukan validasi dengan observasi terhadap objek penelitian. Penyebaran *questioner* tidak dilakukan dan akan dilakukan pada saat pengembangan penelitian terhadap penelitian ini.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu *literatur review* yang terdapat pada Tabel 1, dimana peneliti melakukan proses seleksi terhadap literatur bersifat relevan, mutakhir (tiga tahun terakhir), dan memadai yaitu terkait teknologi konstruksi, alat berat, dan konstruksi 4.0. Terdapat beberapa indikator yang digunakan dalam menilai penerapan teknologi di konstruksi, sehingga berdasarkan koherensi disetiap indikator, maka ditentukan 9 indikator yang digunakan sebagai petunjuk untuk peneliti dalam mengobservasi realitas yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Indikator dalam Penilaian Teknologi Konstruksi 4.0

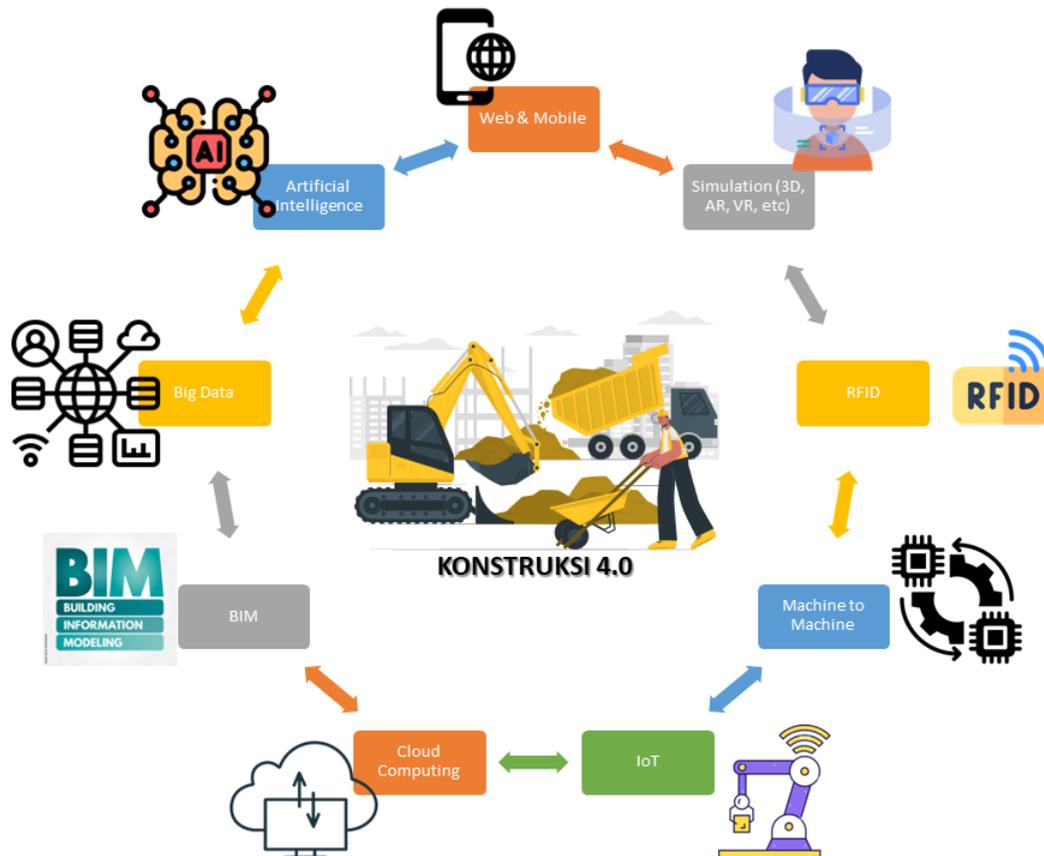
<i>Literatur Review</i>		Indikator yang digunakan
1. <i>Digital Construction Management</i>	<i>Advanced Site Management Tools and Methods</i> <i>Book:</i> <i>Construction 4.0 Advanced Technology, Tools and Materials for The Digital Transformation of The Construction Industry [15]</i>	1. <i>Web & Mobile (Application)</i>
2. <i>Drone in Construction</i>		2. <i>Simulation (3D Graphic, AR, VR, Digital Twins)</i>
3. <i>Wearable Devices in Construction</i>		3. <i>RFID Technologies (Radio Frequency Identification, Sensing, Chip)</i>
4. <i>Extended Reality in Construction</i>		4. <i>Machine to Machine</i>
5. <i>Connected Construction Site</i>		5. <i>Internet of Things</i>
6. <i>Artificial Intelligence in Construction</i>		6. <i>Cloud Computing</i>
		7. <i>Integration System (BIM)</i>
		8. <i>Big Data / Analytics</i>
		9. <i>Artificial Intelligence</i>

1. Computer	<i>Understand Intelligent Construction Technologies</i> <u>Book:</u> <i>Introduction to Intelligent Construction Technology of Transportation Infrastructure</i> [16]
2. Internet / Communication	
3. Sensing / Testing	
4. Automation / Control	
1. Machine Learning (ML)	<i>Future Tools Innovation and Technology Adoption</i> <u>Book:</u> <i>The Construction Technology Handbook</i> [17]
2. Artificial Intelligence (AI)	
3. Deep Learning (DL)	
5. Big Data	
6. Virtual Reality (VR)	
7. Augmented Reality (AR)	
8. 3D Graphic	
9. Internet of Thing (IoT)	
10. Building Information Models	
11. Digital Twins	

Dapat diindikasikan bahwa suatu alat, metode dan proses di dalam konstruksi mengalami perkembangan teknologi sesuai dengan konstruksi 4.0, jika terdapat adanya teknologi web dan mobile yaitu dengan adanya pengembangan software atau aplikasi yang dapat digunakan oleh pengguna dimanapun dan kapanpun. Kemudian adanya simulasi baik itu dengan teknologi *reality VR, AR, MR, 3D Design* maupun *Digital Twins*. Kemudian adanya otomasi mesin yang dilengkapi dengan RFID dan teknologi *Machine to Machine*, dimana digambarkan interaksi antar mesin tentunya hal ini juga terkait dengan adanya koneksi jaringan atau *Internet of Thing*.

Jika kita dalam lebih lanjut tentang teknologi yang ada pada konstruksi 4.0 ialah saling terkait. Contohnya jika suatu penyedia sudah mengembangkan suatu teknologi BIM atau sederhananya *web and mobile* dapat diindikasikan bahwa pengembangan teknologi di dalamnya juga diperlukan *cloud computing, big data and analytics* bahkan pengembangan lebih lanjutnya dapat berupa *artificial*

intelligence. Jika digambarkan keterkaitan antara pengembangan antar indikator yaitu seperti pada gambar dibawah.



Gambar 2. Konstruksi 4.0 Indikator

Teknik yang digunakan dalam penentuan objek penelitian yaitu *non-probability sampling*, hal ini ditujukan bahwa objek yang di observasi merupakan perusahaan penyedia alat berat baik berupa produsen dan distributor yang ada di Indonesia dari semua jenis alat berat yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

Tabel 2. Objek Penelitian

Nama Perusahaan		Sumber
PT. Trakindo Utama	CAT	https://trakindo.co.id/equipment https://trakindo.co.id/technology
PT. United Tractors	KOMATSU, UD TRUCKS, SCANIA, BOMAG, TADANO	https://products.unitedtractors.com/id/products/
PT. Hexindo Adiperkasa Tbk	HITACHI	https://www.hexindo-tbk.co.id/id/products/
PT. Kobexindo Tractors Tbk	DOOSAN, DEVELON, DYNAPAC, SHANTUI	https://kobexindo.com/products/

PT. Sany Perkasa	SANY	https://sanyperkasa.com/product/
PT. Daya Kobelco Construction Machinery Indonesia	KOBELCO	https://www.dayakobelco.com/products/index.html
PT. Traktor Nusantara	KUBOTA, HSC CRANE, LINK BELT CRANE, JLG	https://www.traknus.co.id/product/construction/kubota
PT. Pindad (Persero)	PINDAD	https://pindad.com/alat-berat

Analisis data dilakukan dalam upaya mengambil suatu kesimpulan, dimana pengambilan kesimpulan merupakan intisari dari hasil penelitian. Selain analisis data, peneliti juga melakukan verifikasi, yaitu suatu upaya untuk mempelajari kembali data-data yang sudah dikumpulkan dengan melakukan observasi. Hasil pada penelitian ini menggunakan tabel penilaian yang digunakan untuk mengevaluasi perkembangan teknologi alat berat pada era konstruksi 4.0. Tabel penilaian ini mencakup beberapa aspek penting dari inovasi teknologi alat berat yang saat ini sudah berkolaborasi dengan sistem digital matriks penerapan teknologi alat berat.

Tabel 3. Matriks Penerapan Teknologi Alat Berat

Indikator	CAT	KOMATSU	HITACHI	DYNAPAC	SANY	KOBELCO	KUBOTA	PINDAD
<i>Web & Mobile</i>								
<i>RFID Technologies</i>								
<i>Simulation</i>								
<i>Machine to Machine</i>								
<i>Internet of Things</i>								
<i>Cloud Computing</i>								
<i>Integration System</i>								
<i>Big Data / Analytics</i>								

<i>Advanced Robotic</i>								
Hasil Observasi yaitu mengenai teknologi yang dikembangkan	CAT SIS 2.0, Cat Product Link, my.cat.com, parts.cat.com, minestar, cat inspect, cat.s.o.ssm	UT Connect	ConSite		Sany EVI	KOME X		

Pada tabel diatas, baris yang diberikan tanda merah menandakan bahwa alat berat yang ada pada penyedia tersebut belum memenuhi atau mengindikasikan perkembangan teknologi yang dimaksudkan. Sebaliknya baris warna hijau menunjukkan adanya pengembangan teknologi yang dimaksudkan pada kolom indikator. Kemudian untuk memvalidasi terhadap matriks diatas maka dilakukan observasi melalui website dan media sosial. Proses interview juga dilakukan, namun karena kendala perizinan di beberapa perusahaan sehingga penelitian ini akan menjadi dasar dalam penelitian lanjutan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dari beberapa penyedia alat berat telah melakukan pengembangan teknologi untuk memenuhi kebutuhan para pengguna yaitu kontraktor untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi lebih akurat, efisien, dan aman. Bahkan terdapat perusahaan yang sudah melakukan pengembangan 8 dari 9 indikator penerapan teknologi konstruksi 4.0. Jika melakukan perhitungan keseluruhan, maka diperoleh 36 dari 72 indikator terpenuhi. Sehingga disimpulkan bahwa 50% perkembangan alat berat telah menyesuaikan kebutuhan akan perkembangan teknologi di era konstruksi 4.0. Sehingga hal ini menjadi sinyal positif dalam peningkatan produktivitas yang menjadi masalah utama dalam proyek konstruksi. Kemudian yang menjadi harapan kedepannya bahwa seluruh penyedia dan pengguna di dalam industri konstruksi senantiasa melakukan perbaikan secara kontinyu untuk mencapai infrastruktur yang saling terintegrasi di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Singaperbangsa Karawang yang telah memberi dukungan dalam pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel. Terimakasih kepada Institut Teknologi PLN yang telah memberikan kesempatan dalam publikasi luaran penelitian yang disusun oleh peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. J. Santoso, K. Arianto Wijaya, H. P. Chandra, and S. Ratnawidjaja, "POTRET INDUSTRI KONSTRUKSI DI SURABAYA DALAM MASA PANDEMI COVID-19."
- [2] D. Menghadapi and M. Ekonomi, "Pengembangan Pasar dan Daya Saing Industri Konstruksi Nasional."
- [3] J. Wells, "The Construction Industry in the Context of Development: A New Perspective," 1984.
- [4] Suhartono, "NOMOR 18 TAHUN 1999 TENTANG JASA KONSTRUKSI (National Construction Sector and the Proposed Amendment of the Law No.," [Online]. Available: www.indopos.co.id/index.php/arsip-berita-nasional/34-berita-
- [5] M. Wimala and D. K. Imanuela, "Perkembangan Internet of Things di Industri Konstruksi," *Journal of Sustainable Construction*, vol. 1, no. 2, pp. 43–51, [Online]. Available: <https://journal.unpar.ac.id/index.php/josc>
- [6] S. Pusposutardjo, "PERNAN TEKNOLOGI KONSTRUKSI DALAM MENUNJANG PELAKSANAAN OPERASI DAN PEMELIHARAAN YANG BERKELANJUTAN,"
- [7] H. Shafei, A. R. Radzi, M. Algahtany, and R. A. Rahman, "Construction 4.0 Technologies and Decision-Making: A Systematic Review and Gap Analysis," *Buildings*, vol. 12, no. 12. MDPI, Dec. 01, 2022. doi: 10.3390/buildings12122206.
- [8] M. I. Sangadji, E. Rizky Ahadian, and M. Darwis, "Journal of Science and Engineering," 2021. [Online]. Available: <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/josae>
- [9] B. Trigunaryyah, "INDUSTRI KONSTRUKSI INDONESIA: MASA DEPAN DAN TANTANGANNYA Quality Management System for Construction Companies in the Kingdom of Saudi Arabia: Development and Implementation View project Construction Productivity influencing factors in KSA View project", doi: 10.13140/2.1.1801.8568.
- [10] I. Diana, M. Aripin, E. Marinie, A. Zawawi, and Z. Ismail, "Factors Influencing the Implementation of Technologies Behind Industry 4.0 in the Malaysian Construction Industry", doi: 10.1051/mateconf/2019.
- [11] R. Risnu, T. Supervisor, W. Joko, and S. T. Adi, "IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION AUTOMATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY OF SURABAYA MAGISTER PROGRAMME CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA 2016."
- [12] Hoesan, J. Natalius, and Wantigo, Yung, "Studi Tentang Inovasi Teknologi Alat Berat dalam Indutrsi Konstruksi," 2004. [Online]. Available : <https://repository.petra.ac.id/10378/>
- [13] Iwan Hermawan, *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Kuningan, 2019.
- [14] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, 1st ed. 2011.
- [15] M. Casini, "CONSTRUCTION 4.0 ADVANCED TECHNOLOGY, TOOLS AND MATERIALS FOR THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE CONSTRUCTION INDUTRY"
- [16] S.-H. Chen, "Introduction to Intelligent Construction Technology of Transportation Infrastructure."
- [17] H. (Tech entrepreneur) Seaton and Ltd. John Wiley & Sons, *The construction technology handbook*.