

PERAN TEKNOLOGI DIGITAL DALAM MENINGKATKAN STRATEGI EKONOMI SIRKULAR PADA LEAN CONSTRUCTION (STUDI KASUS PT. XYZ)

¹Ernawan, ²Franciskus Antonius Alijoyo

^{1,2}Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer LIKMI Bandung

wawanmei@yahoo.com, antonius.alijoyo@gmail.com

ABSTRACT

Digital technology has an important role in improving circular economy strategies in Lean Construction. Blockchain technology, robotics, and artificial intelligence (AI) can be used to manage and monitor materials used and analyze data to increase production efficiency and reduce waste. Internet of Things (IoT) and digital fabrication technology can help reduce energy consumption by monitoring and managing resources and reducing costs and production time. IoT for more effective resource monitoring with real-time sensors and data, while digital fabrication enables more precise and efficient material production, thereby reducing energy waste. Data management systems and process improvements are also significant contributions of digital technology. This system can manage and monitor the materials used and reduce waste by tracking material use from start to finish, ensuring there is no waste or misuse. Process improvements can be made by using digital technology to identify and eliminate inefficient steps in production, thereby increasing the value of the final product.

Keywords: *Digital Technology, Lean Construction, Fabrication Technology, Circular Economy, Data Management*

ABSTRAK

Teknologi digital mempunyai peran penting dalam meningkatkan strategi ekonomi sirkular pada *Lean Construction*. Teknologi *blockchain*, *robotics*, dan *artificial intelligence* (AI) dapat digunakan untuk mengelola dan memantau material yang digunakan serta menganalisis data guna meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi *waste*. Teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *digital fabrication* dapat membantu mengurangi konsumsi energi dengan cara mengawasi dan mengelola sumber daya serta mengurangi biaya dan waktu produksi. IoT untuk pengawasan sumber daya yang lebih efektif dengan sensor dan data *real-time*, sedangkan *digital fabrication*, memungkinkan produksi material yang lebih presisi dan efisien sehingga dapat mengurangi pemborosan energi. Sistem manajemen data dan peningkatan proses juga merupakan kontribusi signifikan dari teknologi digital. Sistem ini dapat mengelola dan memantau material yang digunakan serta mengurangi *waste* dengan cara melacak penggunaan material dari awal hingga akhir, memastikan tidak ada pemborosan atau penyalahgunaan. Peningkatan proses dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi digital untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi langkah-langkah yang tidak efisien dalam produksi, sehingga meningkatkan nilai produk akhir.

Kata kunci: *Digital Technology, Lean Construction, Fabrication Technology, Circular Economy, Data Management*

PENDAHULUAN

Lean Construction adalah pendekatan yang diperkenalkan oleh Lauri J. Koskela pada tahun 1992. Koskela berusaha memperbaiki kinerja industri konstruksi dengan mengacu pada kinerja yang dapat dicapai oleh industri manufaktur melalui pendekatan *Lean Production*. Tujuan dari *Lean Construction* adalah memaksimalkan nilai yang ingin dicapai dan meminimalkan pemborosan.

Saat ini, kondisi aktual PT. XYZ menunjukkan bahwa 30% proyek mengalami kerugian, 30% proyek terlambat, dan 48% proyek mengalami kerugian serta keterlambatan. Perusahaan belum memiliki dan mengimplementasikan sistem yang terintegrasi dan terstruktur untuk menciptakan efisiensi. Selain itu, budaya dan kesadaran untuk

menciptakan efisiensi di semua kegiatan masih rendah, serta kompetensi pegawai dalam mengelola proyek dengan efisien masih kurang.

Target yang diharapkan adalah semua proyek PT. XYZ dapat mencapai target laba, waktu, dan mutu serta target efisiensi. Perusahaan juga diharapkan memiliki dan menerapkan sistem untuk menciptakan efisiensi dan menghilangkan pemborosan dengan efektif dan konsisten. Seluruh tim proyek perlu memiliki kemampuan dan kemauan yang tinggi untuk menyelesaikan proyek dengan efisien.

Parameter-parameter yang perlu dipertimbangkan dalam *Lean Construction* meliputi: 1) cacat, 2) overproduksi, 3) menunggu, 4) kapabilitas yang tidak dimanfaatkan, 5) transportasi, 6) inventaris, 7) gerakan, dan 8) pemrosesan ekstra.

Untuk memenuhi target yang telah ditetapkan perusahaan, maka diperlukan langkah-langkah konkret dalam pelaksanaan *Lean Construction* ini yang dituangkan dalam Inisiatif Transformasi Perusahaan. Inisiatif Transformasi ini diinisiasi oleh Transformation Department dan dilaksanakan oleh *Quality, Health, Safety, Environment & Engineering Division*.

Tujuan utama dari transformasi ini adalah menciptakan efisiensi dan menghilangkan pemborosan pada setiap tahap proyek. Hal ini termasuk mengidentifikasi dan menghilangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, meningkatkan koordinasi antar tim, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Dengan demikian, proyek dapat diselesaikan lebih cepat, dengan biaya yang lebih rendah, dan kualitas yang lebih baik.

Sedangkan manfaat dari inisiatif ini sangat beragam. Pertama, inisiatif ini dapat meningkatkan efisiensi, kualitas, dan keuntungan dalam proyek konstruksi. Dengan mengurangi pemborosan, perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya dengan lebih efektif dan mengurangi biaya operasional. Kedua, inisiatif ini juga meminimalkan waktu, biaya, dan risiko yang terkait dengan proyek konstruksi. Ketiga, dengan meningkatkan efisiensi dan kualitas, perusahaan dapat meningkatkan daya saing di pasar konstruksi. Terakhir, penerapan *Lean Construction* memberikan nilai tambah bagi seluruh pemangku kepentingan, termasuk pelanggan dan mitra kerja.

Analisis biaya menunjukkan bahwa penerapan inisiatif ini memerlukan investasi sebesar Rp. 500.000.000,-. Biaya ini mencakup pelatihan, perubahan sistem dan proses, serta pengadaan alat dan teknologi yang diperlukan untuk mendukung implementasi *Lean Construction*. Meskipun biaya awal cukup besar, manfaat jangka panjang yang dihasilkan diharapkan dapat melebihi investasi awal.

Dalam analisis peluang, inisiatif ini berpotensi meningkatkan produktivitas, mengurangi waktu penyelesaian proyek, meningkatkan kualitas, mengurangi biaya, meningkatkan kepuasan pelanggan, meningkatkan keamanan, dan meningkatkan keberlanjutan. Dengan penerapan *Lean Construction*, perusahaan dapat menyelesaikan proyek lebih cepat dan dengan biaya yang lebih rendah, sehingga dapat menangani lebih banyak proyek dalam waktu yang sama dan meningkatkan profitabilitas.

Namun, terdapat juga beberapa risiko yang harus dihadapi. Risiko tersebut antara lain keterbatasan sumber daya, perubahan budaya perusahaan, kesulitan dalam pengukuran kinerja, risiko kepemimpinan yang tidak efektif, dan kesulitan dalam mengubah praktik konstruksi yang sudah mapan. Untuk mengatasi risiko ini, perusahaan perlu melakukan perencanaan yang matang, memberikan pelatihan yang cukup kepada karyawan, dan memastikan dukungan penuh dari manajemen puncak.

Pelaksanaan inisiatif ini direncanakan melalui beberapa tahap. Tahap persiapan akan berlangsung selama 4 bulan, di mana perusahaan akan melakukan perencanaan, pelatihan, dan pengadaan sumber daya yang diperlukan. Selanjutnya, tahap pilot project akan berlangsung selama 6 bulan, di mana inisiatif ini akan diuji coba pada beberapa proyek terpilih untuk mengidentifikasi dan mengatasi potensi masalah. Tahap penerapan penuh akan dimulai pada awal Januari 2024, di mana *Lean Construction* akan diterapkan secara luas di seluruh proyek perusahaan.

Dengan perencanaan dan pelaksanaan yang tepat, penerapan *Lean Construction* diharapkan dapat membawa perubahan positif yang signifikan dalam efisiensi dan efektivitas proyek konstruksi perusahaan.

LANDASAN TEORI

Dalam lima tahun terakhir, penelitian tentang peran teknologi digital dalam meningkatkan strategi ekonomi sirkular pada *Lean Construction* menunjukkan perkembangan yang signifikan. Sebuah studi oleh Dikhanbayeva et al. (2023) mengembangkan kerangka kerja yang menginvestigasi bagaimana alat digital dapat digunakan untuk meningkatkan implementasi ekonomi sirkular di sektor konstruksi. Studi ini menggunakan pendekatan tiga langkah, dimulai dari tinjauan literatur, diikuti dengan wawancara semi-terstruktur dengan para ahli, dan validasi melalui studi kasus. Penelitian ini menyoroti integrasi konsep digitalisasi dan ekonomi sirkular, serta mengidentifikasi hambatan kritis yang menawarkan wawasan bagi praktisi konstruksi (Dikhanbayeva et al., 2023).

Penelitian lain oleh dos Santos Gonçalves dan Campos (2022) di Ghana menggunakan pendekatan hibrida *Best-Worst Method* (BWM) dan *Grey Relational Analysis* (GRA) untuk mengukur praktik dan strategi ekonomi sirkular di industri konstruksi dan pembongkaran. Penelitian ini mengidentifikasi empat tahapan siklus hidup dan 34 praktik ekonomi sirkular berdasarkan prinsip 6R (*reduce, reuse, recycle, recover, redesign, remanufacture*), dan menyusun strategi implementasi yang relevan (dos Santos Gonçalves & Campos, 2022).

Studi oleh Di Maria et al. (2022) juga menyoroti bagaimana digitalisasi dan konsep Industri 4.0 dapat mendukung adopsi ekonomi sirkular di sektor konstruksi. Penelitian ini mengidentifikasi teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), analitik data besar, dan model digital kembar sebagai alat penting yang memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efisien, pengurangan limbah, dan peningkatan keberlanjutan (Di Maria et al., 2022).

Perbedaan utama dengan penelitian sebelumnya adalah peningkatan fokus pada integrasi alat digital dengan strategi ekonomi sirkular dan pengembangan kerangka kerja yang lebih komprehensif untuk implementasinya di sektor konstruksi. Penelitian terbaru lebih menekankan pada penggunaan teknologi maju untuk mengatasi hambatan implementasi ekonomi sirkular dan menawarkan panduan praktis untuk penerapan di lapangan.

METODOLOGI

1. Kualitatif

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif untuk mengeksplorasi pengalaman, persepsi, dan penerapan teknologi digital dalam ekonomi sirkular pada *Lean Construction*. Metode ini melibatkan wawancara nara sumber, observasi langsung, dan analisis studi kasus.

Pemilihan metode kualitatif ini memungkinkan eksplorasi mendalam terhadap bagaimana teknologi diterapkan dan dampaknya pada strategi ekonomi sirkular. Metode penelitian ini juga melakukan pengumpulan data yang kaya dan kontekstual dari wawancara, observasi, dan studi kasus serta memberikan gambaran holistik yang bermanfaat. Data ini bisa mengungkap insight yang mendalam tentang praktik-praktek terbaik dan tantangan yang dihadapi dalam penerapan teknologi digital di sektor konstruksi.

2. Kuantitatif

Selain kualitatif, penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk perhitungan dampak yang berkaitan dengan omzet kontrak, penjualan, biaya, laba, dan kinerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan *Lean Construction* memiliki berbagai dampak signifikan terhadap aspek bisnis atau organisasi, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Berikut adalah analisis rinci dampak-dampak tersebut:

1. Dampak terhadap Omzet Kontrak: Secara kualitatif, penerapan *Lean Construction* memberikan dampak yang tinggi (T) terhadap omzet kontrak. *Lean Construction* berfokus pada pengurangan pemborosan, optimalisasi penggunaan sumber daya, dan peningkatan efisiensi operasional. Hal ini memungkinkan perusahaan konstruksi untuk menyelesaikan proyek dengan biaya lebih rendah dan waktu yang lebih cepat. Efisiensi yang tercipta dapat diterjemahkan ke dalam penawaran harga yang lebih kompetitif, yang pada akhirnya meningkatkan peluang perusahaan untuk memenangkan lebih banyak kontrak. Dengan demikian, omzet kontrak perusahaan dapat meningkat secara signifikan.
2. Dampak terhadap Penjualan: Secara kualitatif, dampak *Lean Construction* terhadap penjualan juga tinggi (T). Efisiensi operasional yang dihasilkan dari penerapan *Lean Construction* memungkinkan perusahaan untuk menawarkan harga yang lebih kompetitif dan meningkatkan kualitas hasil akhir proyek. Hal ini dapat meningkatkan daya tarik perusahaan di mata klien potensial dan meningkatkan kepercayaan serta kepuasan pelanggan yang ada. Sebagai hasilnya, volume penjualan dan jumlah proyek yang diperoleh perusahaan cenderung meningkat.
3. Dampak terhadap Biaya (HPP/BTL/BLL): Secara kuantitatif, penerapan *Lean Construction* berdampak pada penurunan biaya sekitar 11.6%. Sumber dari Prof. Ballard dari Berkeley University, yang juga merupakan pendiri *Lean Construction* Institute, serta penelitian oleh Ana Reinbold (2017) dan penelitian dari Salford University, UK, mendukung klaim ini. *Lean Construction* mengidentifikasi dan mengeliminasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan koordinasi antara tim proyek. Semua ini berkontribusi pada penurunan biaya operasional secara keseluruhan, termasuk harga pokok penjualan (HPP), biaya tidak langsung (BTL), dan biaya langsung lainnya (BLL).
4. Dampak terhadap Laba: Secara kualitatif, dampak *Lean Construction* terhadap laba perusahaan sangat tinggi (T). Dengan mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efisiensi, *Lean Construction* secara langsung berkontribusi pada peningkatan margin keuntungan. Selain itu, kemampuan untuk menyelesaikan proyek lebih cepat memungkinkan perusahaan untuk mengambil lebih banyak proyek dalam waktu yang sama, yang juga berkontribusi pada peningkatan laba. Peningkatan kualitas dan kepuasan pelanggan juga dapat menyebabkan peningkatan proyek berulang dan referensi, yang pada akhirnya meningkatkan laba perusahaan.
5. Dampak terhadap Waktu: Secara kuantitatif, *Lean Construction* berdampak pada pengurangan waktu penyelesaian proyek sekitar 18.5%, menurut sumber yang sama dengan dampak biaya. *Lean Construction* menekankan pada perencanaan yang lebih baik, komunikasi yang efektif, dan kolaborasi antar tim proyek. Dengan mengurangi pemborosan waktu, meningkatkan koordinasi, dan mengoptimalkan alur kerja, proyek dapat diselesaikan lebih cepat. Pengurangan waktu ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga memungkinkan perusahaan untuk memenuhi atau bahkan melampaui ekspektasi klien terkait jadwal penyelesaian.
6. Dampak terhadap Kinerja: Secara kualitatif, dampak *Lean Construction* terhadap kinerja perusahaan sangat tinggi (T). Penerapan *Lean Construction* meningkatkan kinerja operasional melalui pengurangan pemborosan, peningkatan efisiensi, dan optimalisasi sumber daya. Hal ini menghasilkan peningkatan produktivitas dan kualitas kerja. Selain itu, fokus pada perbaikan berkelanjutan memungkinkan perusahaan untuk terus meningkatkan proses kerja dan hasil akhir proyek, yang berkontribusi pada kinerja keseluruhan yang lebih baik.
7. Dampak terhadap Reputasi: Secara kualitatif, dampak *Lean Construction* terhadap reputasi perusahaan juga tinggi (T). Dengan menciptakan efisiensi yang signifikan, meningkatkan kualitas hasil akhir, dan memenuhi atau melampaui jadwal proyek, perusahaan dapat membangun reputasi sebagai penyedia jasa konstruksi yang andal dan berkualitas tinggi. Kepuasan pelanggan yang meningkat akan membawa referensi positif dan meningkatkan kepercayaan klien baru dan yang sudah ada.

Selain itu, kemampuan perusahaan untuk menyelesaikan proyek dengan biaya yang lebih rendah dan waktu yang lebih cepat dapat meningkatkan daya saing dan memperkuat posisi di pasar.

Tabel 1 Analisa Dampak Terhadap Aspek Bisnis

No	Deskripsi	Dampak											
		Kuantitatif						Kualitatif					
1	Dampak terhadap Omzet Kontrak	-										T	
2	Damak terhadap penjualan	-										T	
3	Dampak terhadap biaya (HPP/BTL/BLL)	~ 11.6%										-	
4	Dampak terhadap laba											T	
5	Dampak terhadap waktu	~ 18.5%										-	
6	Dampak terhadap kinerja	-										T	
7	Dampak terhadap reputasi	-										T	

T = Tinggi

No	Deskripsi	R	A	S	C	I	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	Pembentukan Tim dan Sosial Tugas	IBC	MHC	Tim TO	SMHC	CTO											
2	Benchmarking ke PT. PP	Tim Konseptor	MTO	Tim Eng	SMHC	CTO											
3	Benchmarking ke PT. HK	Tim Konseptor	MTO	Tim Eng	SMHC	CTO											
4	Survey Pengaruh Lean Construction	Tim KM	SMEng	Tim TO	SMHC	CTO											
5	Survei LC dan Sosialisasi Village (konseling)	Tim TO	MTO	Tim Eng	SMHC	CTO											
6	Sosialisasi LC dan Sosialisasi Village (transparasi)	Tim TO	MTO	Tim Eng	SMHC	CTO											
7	Pengembangan KAK	Tim Konseptor	MTO	Tim Eng	SMHC	SVPSMTD											
8	Penerapan Tim COP LC (transparansi)	IBC	MHC	Tim TO	SMHC	SVPSMTD											
9	Klasifikasi Catatan Konseling/Vesitor	Tim Konseptor & AP	SMEng	Tim TO	SMHC	SVPSMTD											
10	Pengiriman KAK dan Revisi Peraturan	Tim Konseptor & AP	MHC	Tim TO	SMHC	SVPSMTD											
11	Penerapan KAK dan Revisi Peraturan	Tim Konseptor & AP	SMEng	Tim TO	SMHC	SVPSMTD											
12	Penerapan Konsultasi	Tim Konseptor & AP	SMEng	Tim TO	SMHC	SVPSMTD											
13	Penerapan Konsultasi	Tim Konseptor & AP	SMEng	Tim TO	SMHC	SVPSMTD											
14	Penerapan Pilot Project	Tim QBSIEE	SMEng	Tim TO	SMHC	SVPSMTD											
15	Benchmarking ke PT. PP III	Tim Konseptor & AP	SMEng	Tim TO	SMHC	SVPSMTD											

Gambar 1 Jadwal Penerapan *Lean Construction*

Pada saat awal implementasi, kondisi proyek di PT. XYZ menunjukkan tantangan besar dalam hal manajemen proyek. Data yang tersedia mengungkapkan bahwa sekitar 30% dari proyek yang sedang berjalan mengalami kerugian finansial, dan 30% proyek mengalami keterlambatan dari jadwal yang telah ditetapkan. Lebih mencemaskan lagi, 48% proyek mengalami kombinasi dari kerugian dan keterlambatan.

Penyebab utama dari permasalahan ini adalah jadwal proyek yang tidak memenuhi standar industri konstruksi. Jadwal proyek di PT. XYZ saat itu belum mengikuti pedoman dan praktik terbaik yang diakui secara internasional seperti yang tertera dalam AACE 37R-06, Mosaic, dan *Acumen Proven Project Analysis*. Standar-standar ini menetapkan cara-cara efektif untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengelola proyek agar dapat memenuhi tujuan waktu, biaya, dan kualitas.

Untuk mengatasi masalah ini, proyek-proyek PT. XYZ perlu menyusun jadwal yang menjadi tulang punggung perencanaan proyek. Penggunaan perangkat lunak seperti Ms Project atau Primavera dianggap penting untuk membangun jadwal yang lebih akurat dan efektif. Tim *Lean Construction* (LC) di PT. XYZ telah mengambil beberapa langkah untuk mengatasi masalah ini, antara lain:

1. Workshop dan Pelatihan Jadwal: Tim LC telah menyelenggarakan workshop dan pelatihan untuk tim proyek mengenai cara pembuatan jadwal yang efektif. Pelatihan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan tim dalam merancang dan mengelola jadwal proyek.
2. Penggunaan *Last Planner System* (LPS): *Last Planner System* (LPS) diperkenalkan sebagai alat bantu penjadwalan konstruksi yang bertujuan untuk meningkatkan keteraturan dan efisiensi dalam pelaksanaan proyek. LPS merupakan metode yang berfokus pada kolaborasi dan perencanaan detail untuk memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan sesuai dengan rencana.

Kondisi sistem pada awalnya, perusahaan tidak memiliki sistem yang terintegrasi dan terstruktur untuk menciptakan efisiensi. Tanpa sistem yang efektif, koordinasi antar proyek dan pengelolaan sumber daya menjadi tidak optimal, yang berujung pada pemborosan dan ketidakefisienan. Setelah penerapan *Lean Construction*, perusahaan berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem yang lebih terstruktur dan terintegrasi.

Sistem *Lean Construction* diatur dalam IK *Lean Construction* (PT. XYZ -PPP-IK-03.01) yang telah dipublikasikan secara online. Sistem ini mencakup:

1. Tata Cara Pelaporan dan Monitoring: Tim *Lean Construction* telah mengembangkan prosedur pelaporan dan monitoring yang memastikan bahwa penerapan *Lean Construction* dapat dipantau secara efektif. Ini termasuk sistem pelaporan yang terintegrasi dan dashboard yang menyediakan informasi real-time mengenai kinerja proyek.
2. Evaluasi Penerapan *Lean Construction*: Evaluasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa prinsip-prinsip *Lean Construction* diterapkan dengan konsisten dan efektif. Sistem evaluasi ini membantu dalam mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki dan memastikan pencapaian efisiensi yang diinginkan.

Budaya dan kesadaran untuk menciptakan efisiensi di semua kegiatan perusahaan masih rendah. Banyak proses dan kegiatan yang belum sepenuhnya mengikuti prinsip *Lean Construction*. Untuk membangun budaya efisiensi, *Lean Construction* diterapkan secara bertahap:

1. Tahap Pertama (2023): *Lean Construction* diterapkan secara penuh di *Pilot Project* dan dipilih untuk diterapkan di 51 proyek lainnya dengan fokus pada pengenalan dan konsistensi pelaporan. Tujuan tahap ini adalah untuk memperkenalkan prinsip-prinsip *Lean* dan memastikan pelaporan yang konsisten.
2. Tahap Kedua (2024): *Lean Construction* akan diterapkan di semua proyek dengan fokus pada *Lean Maturity Level*. Level ini dibagi menjadi 6 level (Level 0 hingga Level 5) yang masing-masing mewakili tingkat kematangan penerapan *Lean Construction*. Dengan pendekatan bertahap ini, diharapkan budaya *Lean* akan terbentuk secara menyeluruh.

Kompetensi pegawai dalam mengelola proyek dengan efisien masih rendah. Kurangnya pelatihan dan pengembangan menyebabkan tim proyek tidak sepenuhnya siap untuk menerapkan teknik manajemen proyek yang efektif. Untuk meningkatkan kompetensi pegawai, beberapa langkah telah dilakukan:

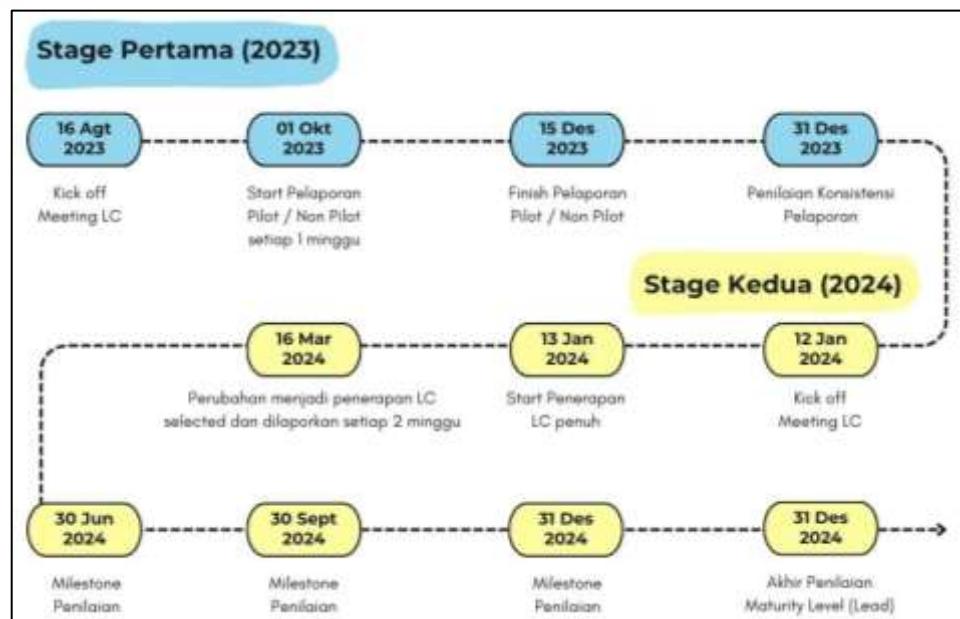
1. Pelatihan Ms Project: Human Capital (HC) telah menyelenggarakan pelatihan Ms Project berdasarkan evaluasi kompetensi tim proyek. Pelatihan ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan pegawai dalam menggunakan perangkat lunak manajemen proyek.
2. *Roadmap People Development*: *Roadmap* pengembangan SDM yang mencakup pelatihan dan pengembangan telah disusun untuk memastikan bahwa pegawai mendapatkan keterampilan yang dibutuhkan.
3. *Training to Trainers*: Pelatihan Training to Trainers dilakukan untuk PCP Divisi dan proyek untuk memastikan bahwa pengetahuan dan keterampilan dapat diteruskan ke seluruh tim.
4. *Workshop Jadwal dan Sosialisasi*: Workshop jadwal dan sosialisasi telah dilakukan untuk meningkatkan pemahaman tim proyek mengenai pentingnya jadwal dan bagaimana cara menyusunnya dengan baik.

Tabel 2 Hasil Analisa Penerapan *Lean Construction*

No	Deskripsi	Dampak		Uraian
		Kuantitatif	Kualitatif	
1	Dampak terhadap Omzet Kontrak	-	T	Penerapan <i>lean construction</i> akan menciptakan efisiensi, memberikan dampak yang tinggi pada penurunan biaya dan keunggulan bersaing.
2	Dampak terhadap penjualan	5%	T	Periode penjualan ditargetkan lebih cepat 5% pada tahun ke-2 penerapan <i>lean construction</i> (asumsi durasi proyek 20 buan)

3	Dampak terhadap biaya (HPP/BTL/BLL)	$\pm 0.5\%$ terhadap HPP	T	Tahun ke-2 penerapan <i>lean construction</i> ditargetkan dapat memberikan efisiensi waktu 1 bulan sehingga memberikan penghematan BTL sekitar 0.5% terhadap HPP
4	Dampak terhadap laba	Peningkatan laba $\pm 0.5\%$	T	Penerapan <i>lean construction</i> secara konsisten akan menciptakan efisiensi, memberikan dampak yang tinggi pada penurunan biaya dan pencapaian laba.
5	Dampak terhadap waktu	Proyek selesai lebih cepat 1 bulan	T	a. Target tahun 2024 (tahun pertama): Proyek selesai sesuai dengan durasi proyek b. Target tahun 2025 (tahun kedua): Mempercepat penyelesaian proyek 1 bulan dari rencana (untuk perolehan 2024)
6	Dampak terhadap kinerja	a. Risiko denda keterlambatan 5% b. Penghematan 1%-2% dari nilai konstruksi (biaya langsung)	ST	Penerapan <i>lean construction</i> akan menciptakan efisiensi, membeirkan dampak yang tinggi pada penurunan biaya dan penapaian kinerja, serta menghilangkan potnsiketerlambatan (denda keterlambatan) Rata-rata kontrak kontruksi: denda terlambat 5%
7	Dampak terhadap reputasi	Nilai CSI ≥ 4.2 (skala 5)	T	Penerapan <i>lean construction</i> akan menciptakan efisisensi, memberikan dampak yang tinggi pada penurunan biaya, pencapaian mutu, dan peningkatan kepuasan pelanggan.

Note untuk kualitatif: R = Redah, S = Sedang, T = Tinggi, ST = Sangat Tinggi,
Kualitati bisa berupa prosentase ataupun nominal



Gambar 2 Stage Penerapan *Lean Construction*

Sesuai dengan validasi inisiatif, penerapan *Lean Construction* terbagi dalam dua stage. Stage pertama di tahun 2023 adalah pengenalan. Stage kedua di tahun 2024 adalah penerapan penuh. Gambar 2 di atas menggambarkan timeline penerapan *Lean Construction*.

1. Stage pertama/pengenalan (konsistensi pelaporan)
 - a. 6 *pilot project* - konsistensi pelaporan.
 - b. 51 *non-pilot project* - konsistensi pelaporan.
2. Stage kedua (penerapan penuh).
 - a. 53 project.

Kriteria penilaian terbagi dalam Lead KPI dan Lag KPI sesuai Instruksi Kerja *Lean Construction*. Terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

No	Area	Description	Bobot (%)	Ket
A	Lean Planner System		40	
A.1	<i>Milestone Planning</i>	Membuat S-Curve	5	
A.2	<i>Pull Planning</i>	Membuat dan menerapkan <i>Schedule Interval</i>	5	
A.3	<i>Make Ready Planning</i>	Membuat 4 Weeks <i>Look Ahead Plan & Checklist Readiness</i>	5	
A.4	<i>Weekly Work Plan</i>	Membuat dan menempatkan <i>Weekly Work Plan</i>	5	
A.5	<i>Constraint Management</i>	Mencatatkan <i>Readblocks</i> pada <i>Constraint Log</i> serta merencanakan tindaklanjutnya	5	
A.6	<i>Daily Huddle</i>	Membuat <i>Daily Work Plan</i> dan melakukan <i>Daily Huddle</i>	5	
A.7	<i>Percent Plan Complete</i>	Menghitung <i>Percent Plan Complete</i> (PPC) mingguan	5	
A.8	<i>Reason for Variance</i>	Mencatatkan perubahan lingkup pada <i>Change Log</i> , mencatatkan <i>Reason for variance & Evidence</i>	5	
B	Waste		20	
B.1	Engineering		5	
B.1.1	<i>Design bar bending Schedule</i>	Mendesain <i>Bar Bending Schedule</i> menggunakan referensi BS 8666	2	
B.1.2	<i>Project Document & Drawing</i>	Melakukan proses approval menggunakan <i>Electronic Document Management</i> (EDM)	1	LEAD
B.1.3	<i>Building Information Modeling</i>	Penerapan BIM 3D, 4D dan 5D	2	
B.2	Pengadaan/Supply Chain Management		5	
B.2.1	<i>Rencana Logistik</i>	Proses pengiriman material dan <i>equipment</i> dari produsen ke lokasi proyek	2,5	
B.2.2	<i>Digital Inventory</i>	Integrasi perencanaan penggunaan material dan ketersediaan material di gudang	2,5	
B.3	Construction		10	
B.3.1	<i>Waste Concrete</i>	Proses evaluasi akurasi volumen pengecoran di proyek	2,5	
B.3.2	<i>Waste Rebar</i>	Evaluasi besar waste pada besi (rebar)	2,5	
B.3.3	<i>Site Labour Management (PLP)</i>	Perencanaan waktu kerja yang lebih efektif melalui <i>labour site management program</i>	2,5	
B.3.4	<i>Visualisasi Acceptance Criteria</i>	1. Menetapkan <i>acceptance criteria</i> berdasarkan kontrak dan visualisasi melalui <i>mockup</i> 2. Menetapkan <i>acceptance criteria</i> melalui visualisasi dan <i>mockup</i>	2,5	
C	Dashboard		10	
C.1	<i>Dashboard</i>	Melengkapi <i>Project Integrated Dashboard</i>	10	
D	Performance Proyek		30	
D.1	<i>SPI</i>	Tercapainya rata-rata <i>Schedule Performance Index</i> (SPI) > 1	7,5	
D.2	<i>CPI</i>	Tercapainya rata-rata <i>Cost Performance Index</i> (CPI) > 1	7,5	
D.3	<i>EAC</i>	Tercapainya rata-rata <i>Estimate at Completion</i> (EAC) <i>Budget at Completion</i> (BAC)	15	LAG

Gambar 3 Lead KPI dan Lag KPI *Lean Construction* Secara Penuh

No	Area	Description	Bobot (%)	Ket
A	Last Planner System		50	
A.1	Milestone Planning	Membuat S-Curve	10	
A.2	Pull Planning	Membuat dan menerapkan <i>Schedule Interval</i>	20	
A.3	Make Ready Planning	Membuat 4 Weeks Look Ahead Plan & Checklist Readiness	10	
A.5	Constraint Management	Mencantumkan <i>Readblocks</i> pada <i>Constrain Log</i> serta merencanakan tindaklanjutnya	10	
B	Waste		10	LEAD
B.1	Waste Concrete	Proses evaluasi akurasi volumen pengecoran di proyek	4	
B.2	Waste Rebar	Evaluasi besar waste pada besi (rebar)	4	
B.3	Site Labour Management (PLP)	Perencanaan waktu kerja yang lebih efektif melalui <i>labour site management program</i>	2	
C	Dashboard		10	
C.1	Dashboard	Melengkapi <i>Project Integrated Dashboard</i>	10	
D	Performance Proyek		30	
D.1	SPI	Tercapainya rata-rata <i>Schedule Performance Index</i> (SPI) > 1	7.5	
D.2	CPI	Tercapainya rata-rata <i>Cost Performance Index</i> (CPI) > 1	7.5	LAG

Gambar 4 Lead KPI dan Lag KPI Lean Construction Selected

Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Tidak Peduli	Peduli	Tahap Belajar	Kompeten	Pengajar	Berinovasi
Tidak ada pengetahuan atau pemahaman tentang elemen Lean.	Pengetahuan tentang elemen Lean di demonstrasikan tetapi tidak diterapkan.	Sebagian besar elemen tidak diterapkan atau diterapkan terpisah-pisah (adhoc).	Sebagian besar elemen diterapkan pada tingkat yang kompeten.	Elemen berhasil diterapkan secara kuat dan pimpinan proyek secara aktif melatih penerapan.	Elemen sepenuhnya diterapkan dan proyek menyumbangkan praktik terbaik ke industri untuk elemen ini.

Gambar 5 Lean Maturity Asesmen Tahapan Level Proyek



No	Deskripsi	Dampak Rencana		Dampak Realisasi		Uraian Terhadap Kondisi Saat Ini
		Kuantitatif	Kualitatif	Kuantitatif	Kualitatif	
1	Dampak terhadap Omzet Kontrak	-	T	Rp. 24.742.586.503,- "Potensi Denda Pada Proyek RSUP Persahabatan sebesar 5%.	S	Dampak penerapan <i>Lean Construction</i> terhadap peningkatan Omzet Kontrak (OK) proyek masih berada di level "Sedang". $T \geq 10\%$ $S > 2,5\% \text{ sd } < 7,5\%$ $R < 2,5\%$
2	Dampak terhadap Penjualan	-	T	-	T	Penerapan <i>Lean Construction</i> meningkatkan penjualan (produksi) suatu proyek.
3	Dampak terhadap Biaya (HPP/BTL/BL)	~ 11.6%	-	Rp. 4.901.520.867,- "Pengendalian Waste & PEP pada Proyek RSUP Persahabatan, Pengendalian Waste Material pada Proyek ITB & IRIN."	T	Penghematan telah teridentifikasi pada: 1. Pengaturan tenaga kerja (PEP). 2. Pengelolaan waste material.
4	Dampak terhadap Laba	-	T	-	T	Penerapan <i>Lean Construction</i> dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi.
5	Dampak terhadap Waktu	~ 18.5%	-	Rp 4.534.229.400,- "Ahead Schedule pada Proyek DIPPU Cilegon"	T	Penerapan <i>Lean Construction (Last Planner System)</i> akan menciptakan perencanaan proyek yang efektif sehingga proyek dapat diselesaikan tepat waktu atau lebih cepat.
6	Dampak terhadap Kinerja	6%	T	Rp 4.534.229.400,- "Ahead Schedule pada Proyek DIPPU Cilegon."	T	Penerapan <i>Lean Construction</i> akan meningkatkan kinerja proyek dan perusahaan.
7	Dampak terhadap Reputasi	-	T	-	T	Proyek yang selesai secara tepat Biaya, Mutu dan Waktu akan meningkatkan reputasi WIKA sebagai kontraktor profesional dan peningkatan CSI WIKA.

Note untuk kualitatif: R = Redah, S = Sedang, T = Tinggi, ST = Sangat Tinggi,
Kualitatif bisa berupa prosentase ataupun nominal

Gambar 6 Realisasi Analisa Dampak

PENUTUP

Dari Evaluasi dampak pada tahun 2023 yang merupakan pilot project dapat diambil kesimpulan:

- Hasil pengukuran Maturity Level pada 6 pilot project berada pada level 2 yaitu Tahap Belajar.
- Sudah diterbitkan Instruksi Kerja *Lean Construction*.
- Terjadi penurunan waste rebar & concrete pada 51 Proyek.

Sedangkan berdasarkan evaluasi dampak triwulan 1/2024, dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan hasil evaluasi dampak pada triwulan 1/2024 belum semua dampak dapat diukur karena *backbone* penerapan *Lean Construction (Master Schedule)* belum diterapkan di semua proyek. Sebagian besar proyek masih menggunakan excel dalam penjadwalan pekerjaan sehingga tidak dapat di tracking jika terjadi keterlambatan proyek.
2. Tim *Lean Construction* memulai detail penerapan di stage 2 dengan melanjutkan program pembelajaran yang telah dilakukan bersama. Tahap awal setiap proyek mengirimkan *master schedule*nya dalam format Ms Project. Selanjutnya dilakukan pendetailan penyusunan *master schedule* proyek dengan memperhatikan syarat minimum *schedule* dapat digunakan di industri konstruksi menggunakan referensi AACE 37R-06, Mosaic, dan *Acumen Proven Project Analysis*.
3. Setelah *master schedule* tersusun, dapat dijadikan *baseline* dalam melakukan pekerjaan sehingga dampak terhadap kinerja dapat diukur, dampak terhadap biaya dapat diukur (mengarahkan pada proyek *on schedule* → *on budget*).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Chasan Mudzakir, Arif Setiawan, M. Agung Wibowo, Riqi Radian Khasani (2017). "Evaluasi Waste Dan Implementasi *Lean Construction* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)." *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Volume 6, Nomor 2, Tahun 2017, Halaman 145 – 158.
- Alijoyo, A., & Shodikin, H. (2022). "The Analysis of PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk's Business Transformation Strategy Towards a Sustainable Company." *Journal of Social Science*. 3(6).
- Ardo Saputra, Hasti Riakara Husni, Bayzoni Bayzoni, Amril Maruf Siregar. (2022). "Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) pada bangunan gedung menggunakan software Autodesk Revit (Studi Kasus: Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung)." *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD)*, Universitas Negeri Lampung.
- Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2016). "Where machines could replace humans--and where they can't (yet)." *McKinsey Quarterly*.
- Dikhanbayeva, D., Turkyilmaz, A., Durdyev, S., & Karaca, F. (2023). "Facilitating Circular Economy Strategies Using Digital Construction Tools: Framework Development." *Sustainability*, 15(1), 877.
- Di Maria, A., Rosa, P., & Terzidis, O. "Implementation of digital technologies for a circular economy and sustainability performance." *Journal of Cleaner Production*. 2022.
- Dos Santos Gonçalves, F., & Campos, L. (2022). Life cycle stage practices and strategies for circular economy: assessment in construction and demolition industry of an emerging economy. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Dr. Ir. H. R. Zulki Zulfikli Noor, S.H., M.H., M.M. (2017). "Manajemen Bisnis Berbasis Teknologi digital." Deepublish Publisher, CV Budi Utama, Yogyakarta.
- Dr. James Thoengsal (2022). "Konstruksi Ramping (*Lean Construction*) Pada Proyek Konstruksi". *Penerbit Insight Mediatama Watesnegoro Mojokerto*.
- dr. Tania Jannah, S.E., M.M. (2023). "Ekonomi Sirkular". *Literasi Nusantara, Malang*.
- Dwi Putra Ardiansyah Kusuma (2019). "Implementasi Lean Construction Untuk Meminimalkan Waste Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Kejaksaan Tinggi Riau)," Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau Pekanbaru.
- Eni Fariyatul Fahyuni, S.Psi, M.Pd.I. (2017). "Teknologi, Informasi, Dan Komunikasi (Prinsip Dan Aplikasi Dalam Studi Pemikiran Islam).", UMSIDA Press, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jawa Timur.
- Ferry, Indrastuti (2020). "Penerapan Building Information Modelling (BIM) pada Proyek Pembangunan Workshop (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Workshop Kapal di Sekupang)." *Journal of Civil Engineering and Planning Vol. 1, No. 1*.

- Haryanto, R., & Raharja, M. (2019). "Pengaruh teknologi digital terhadap efisiensi *lean construction*." *Jurnal Rekayasa Konstruksi*, Vol. 7, No. 1.
- Herman Tolle, Fais Al Huda (2023). "Teknologi Digital Immerse: Pemanfaatan Untuk Kemajuan Bangsa". *UB Press, Universitas Brawijaya Press, Malang*.
- Risky Irianto Girik Allo, Adwitya Bhaskara (2022). "Analisis Waste Material Dengan Penerapan Lean Construction." *Jurnal Teknik Sipil, Volume 18 Nomor 2, Oktober 2022*.
- Sari, D. P., & Tjandrawinata, R. R. (2017). "Implementasi *lean construction* pada proyek bangunan tinggi di Jakarta." *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 24, No. 3.
- Suripto, Ajeng Renita Susanti (2021). "Evaluasi Waste dan Implementasi *Lean Construction* Proyek Gedung Kampus X". *Jurnal Rivet (Riset dan Inovasi Teknologi) Program Studi Teknik Sipil Universitas Dharma Andalas*, Vol. 01 No. 02 Desember 2021.
- Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2017). "Lean construction in small-medium sized enterprises (SMEs): an exploration of the highways supply chain." *LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Walsh, K., Sacks, R., Brilakis, I. (eds.), Heraklion, Greece, pp. 853–859.
- Zulhelmi Andika, Muttaqin Hasan, Abdullah (2022). "Analisis Faktor-Faktor Penerapan Lean Construction Pada Proyek Konstruksi Gedung Di Kota Banda Aceh." *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* 5(2), 77-86 (2022).

