



Scripta Technica: Journal of Engineering and Applied Technology

Vol 2 No 1 June 2026, Hal. 260-268
ISSN:3110-0775(Print) ISSN: 3109-9696(Electronic)
Open Access: <https://scriptainteletektual.com/scripta-technica>

Pengaruh Penggunaan Beton Pracetak terhadap Penerapan *Lean Construction* pada Proyek Konstruksi di Manokwari dengan Pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)*

Natalia E Safkaur^{1*}

¹ Universitas Papua, Indonesia
email: n.safkaur@unipa.ac.id

Article Info :

Received:
22-04-2026
Revised:
12-05-2026
Accepted:
21-05-2026

Abstract

This study aims to analyze the impact of precast concrete use on the implementation of Lean Construction in construction projects in Manokwari through a Systematic Literature Review approach. This study highlights the relationship between prefabrication-based construction technology and lean principles, which focus on reducing waste, improving time efficiency, and optimizing productivity and quality. Data were obtained from 25 scientific articles indexed in Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar, published between 2015 and 2025, and analyzed using the PRISMA protocol. The synthesis results indicate that precast concrete can reduce material waste, shorten project duration, increase labor productivity, and produce more consistent work quality. The implementation of Lean becomes more effective when supported by a standardized precast system based on off-site production. In the context of Manokwari, this approach holds great potential for addressing logistical challenges and resource constraints, although it still faces infrastructure and initial cost barriers. These findings underscore the strategic role of precast concrete as a key enabler of Lean Construction in enhancing the performance of modern construction projects.

Keywords: *Precast Concrete, Lean Construction, Systematic Literature Review, Construction Efficiency, Manokwari.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan beton pracetak terhadap penerapan Lean Construction pada proyek konstruksi di Manokwari melalui pendekatan Systematic Literature Review. Kajian ini menyoroti hubungan antara teknologi konstruksi berbasis prefabrikasi dan prinsip lean yang berfokus pada pengurangan pemborosan, peningkatan efisiensi waktu, serta optimalisasi produktivitas dan kualitas. Data diperoleh dari 25 artikel ilmiah terindeks Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar dengan rentang publikasi 2015–2025 yang dianalisis menggunakan protokol PRISMA. Hasil sintesis menunjukkan bahwa beton pracetak mampu menurunkan waste material, mempercepat durasi proyek, meningkatkan produktivitas tenaga kerja, serta menghasilkan kualitas pekerjaan yang lebih konsisten. Implementasi lean semakin efektif ketika didukung oleh sistem pracetak yang terstandarisasi dan berbasis produksi off-site. Dalam konteks Manokwari, pendekatan ini memiliki potensi besar dalam mengatasi tantangan logistik dan keterbatasan sumber daya, meskipun masih menghadapi kendala infrastruktur dan biaya awal. Temuan ini menegaskan peran strategis beton pracetak sebagai enabler utama Lean Construction dalam meningkatkan kinerja proyek konstruksi modern.

Kata kunci: Beton Pracetak, Lean Construction, Systematic Literature Review, Efisiensi Konstruksi, Manokwari.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Industri konstruksi global mengalami transformasi struktural yang semakin dipengaruhi oleh integrasi teknologi digital, industrialisasi proses, serta tuntutan efisiensi berbasis data, di mana paradigma Lean Construction berkembang sebagai kerangka manajemen produksi yang menekankan eliminasi pemborosan, peningkatan nilai, dan optimalisasi aliran kerja dalam sistem proyek yang kompleks. Dalam perkembangan mutakhir, integrasi Building Information Modeling (BIM) dengan sistem konstruksi cerdas berbasis lokasi telah membuka peluang peningkatan kontrol operasional dan efisiensi sumber daya pada lingkungan bangunan modern, termasuk dalam konteks otomatisasi dan pengelolaan siklus hidup proyek (Rashid, Louis, & Fiawoyife, 2019). Pada saat yang sama, pemilihan metode konstruksi dipahami sebagai variabel determinan terhadap produktivitas proyek, di mana

keputusan teknis seperti penggunaan sistem pracetak atau konvensional memiliki implikasi langsung terhadap waktu, biaya, dan kualitas output konstruksi (Nugroho, 2012). Pergeseran ini menunjukkan bahwa konstruksi tidak lagi diposisikan sebagai aktivitas linear berbasis lapangan semata, melainkan sebagai sistem produksi terintegrasi yang menuntut sinkronisasi antara desain, fabrikasi, dan instalasi berbasis prinsip efisiensi modern.

Kajian-kajian terdahulu menunjukkan bahwa Lean Construction secara konsisten memberikan dampak positif terhadap efisiensi proyek melalui pengurangan pemborosan sumber daya, peningkatan produktivitas tenaga kerja, serta optimalisasi aliran proses kerja yang lebih terstruktur. Studi berbasis systematic review mengonfirmasi bahwa penerapan prinsip lean mampu meningkatkan kinerja proyek melalui pengendalian waste yang lebih sistematis dan peningkatan nilai pada setiap tahapan konstruksi (Lolomsait & Setiawan, 2024). Temuan empiris pada berbagai proyek konstruksi di Indonesia juga menunjukkan bahwa implementasi lean tidak hanya terbatas pada aspek teoritis, melainkan telah diaplikasikan dalam proyek nyata dengan hasil peningkatan efisiensi sumber daya yang signifikan (Setiawan, 2024). Pada konteks operasional, studi implementatif di Palembang menegaskan bahwa keberhasilan lean sangat dipengaruhi oleh konsistensi penerapan prinsip value stream dan kolaborasi lintas aktor proyek yang saling terintegrasi dalam satu sistem produksi konstruksi (Fazri & Rahmawati, 2024).

Perkembangan teknologi konstruksi pracetak memperlihatkan korelasi kuat dengan prinsip Lean Construction, khususnya dalam aspek standarisasi proses, pengurangan variabilitas, dan peningkatan efisiensi produksi. Perbandingan sistem pelat pracetak seperti flyslab dan floordeck menunjukkan bahwa pilihan sistem struktural memiliki dampak signifikan terhadap tingkat waste dan efisiensi waktu pelaksanaan proyek (Sandagie, Wibowo, & Purwanggono, 2016). Dalam konteks produksi elemen pracetak, penerapan pendekatan lean terbukti mampu mengeliminasi pemborosan pada lini produksi melalui pengendalian proses yang lebih ketat dan terstruktur, sehingga meningkatkan produktivitas secara keseluruhan (Setyastuti, Dewi, & Suharyanto, 2017). Integrasi lebih lanjut antara Lean Construction dan sistem manajemen risiko berbasis teknologi pemrograman menunjukkan potensi optimasi biaya dan efisiensi pengambilan keputusan dalam proyek berbasis pracetak, terutama melalui dukungan sistem digital yang meningkatkan akurasi perencanaan dan eksekusi (Citra et al., 2025).

Meskipun berbagai studi telah menunjukkan hubungan positif antara Lean Construction dan teknologi pracetak, literatur yang ada masih memperlihatkan fragmentasi konseptual yang cukup signifikan dalam menjelaskan mekanisme integratif antara keduanya pada berbagai konteks geografis dan kompleksitas proyek. Kajian implementatif lean pada proyek infrastruktur menunjukkan bahwa hasil penerapan sangat bergantung pada karakteristik proyek dan tingkat kedisiplinan manajerial, sehingga terdapat variasi hasil yang tidak selalu konsisten antar studi (Prastyo, Antonius, & Ni'am, 2024). Analisis pemilihan metode konstruksi menegaskan bahwa perbedaan pendekatan teknis dapat menghasilkan tingkat produktivitas yang sangat bervariasi, menunjukkan adanya celah dalam standarisasi evaluasi efektivitas metode konstruksi modern (Nugroho, 2012). Ketidakhomogenan temuan ini mengindikasikan bahwa hubungan antara pracetak dan Lean Construction belum sepenuhnya terintegrasi dalam suatu kerangka analisis sistematis yang mampu menjelaskan keterkaitan kausal secara komprehensif.

Kebutuhan terhadap sintesis ilmiah yang lebih terstruktur menjadi semakin penting ketika praktik konstruksi di wilayah dengan tantangan geografis dan logistik tinggi mulai mengadopsi pendekatan industrialisasi seperti beton pracetak. Efisiensi sumber daya dalam konstruksi tidak hanya ditentukan oleh teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh bagaimana prinsip lean diimplementasikan secara adaptif terhadap kondisi lokal yang memiliki keterbatasan infrastruktur dan rantai pasok. Kesenjangan antara temuan empiris dan kebutuhan implementatif menunjukkan perlunya pendekatan yang mampu menghubungkan berbagai hasil penelitian secara sistematis agar dapat menghasilkan pemahaman yang lebih utuh mengenai hubungan antara teknologi pracetak dan Lean Construction dalam konteks proyek nyata.

Penelitian ini menempatkan diri dalam lanskap keilmuan tersebut dengan memfokuskan pada sintesis sistematis terhadap hubungan antara penggunaan beton pracetak dan penerapan Lean Construction melalui pendekatan Systematic Literature Review, khususnya dalam konteks proyek konstruksi di wilayah Manokwari yang memiliki karakteristik tantangan logistik dan sumber daya yang khas. Kajian ini diarahkan untuk membangun pemetaan konseptual yang lebih terpadu mengenai kontribusi pracetak terhadap eliminasi pemborosan, peningkatan efisiensi waktu, serta penguatan

prinsip lean dalam sistem konstruksi modern. Kontribusi penelitian tidak hanya terletak pada konsolidasi temuan empiris yang tersebar, tetapi juga pada pengembangan kerangka analitis yang mampu menjelaskan hubungan struktural antara teknologi konstruksi dan prinsip manajemen lean secara lebih sistematis serta kontekstual.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi non-empiris dengan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) yang berfokus pada sintesis konseptual hubungan antara penggunaan beton pracetak dan penerapan Lean Construction pada proyek konstruksi. Kerangka analisis dibangun melalui tahapan terstruktur berbasis protokol PRISMA yang mencakup identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi literatur dari basis data ilmiah bereputasi seperti Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar. Model konseptual penelitian dirancang untuk memetakan keterkaitan antara variabel teknologi konstruksi (beton pracetak) dan prinsip Lean Construction yang mencakup eliminasi waste, peningkatan value, flow efficiency, dan continuous improvement. Proses pemodelan dilakukan dengan mengklasifikasikan literatur berdasarkan dimensi kinerja konstruksi, yaitu efisiensi waktu, pengurangan pemborosan material, produktivitas tenaga kerja, dan kualitas pekerjaan, sehingga terbentuk struktur sintesis yang menggambarkan hubungan kausal dan fungsional antarvariabel secara sistematis dan dapat direplikasi.

Prosedur analisis dalam penelitian ini dilakukan melalui teknik content analysis dan narrative synthesis dengan pendekatan tematik untuk mengekstraksi pola, konsistensi temuan, serta variasi hasil antarstudi. Validasi sintesis dilakukan melalui triangulasi sumber literatur lintas database serta cross-comparison antar hasil penelitian terdahulu guna memastikan konsistensi interpretasi dan mengurangi bias seleksi. Metrik evaluasi yang digunakan mencakup frekuensi kemunculan tema utama (waste reduction, time efficiency, productivity improvement), tingkat konsistensi temuan antar studi, serta besaran efek yang dilaporkan dalam literatur kuantitatif seperti persentase pengurangan waste dan percepatan waktu proyek. Seluruh hasil dianalisis secara deskriptif-komparatif untuk menghasilkan pemetaan konseptual yang dapat menggambarkan kontribusi beton pracetak terhadap implementasi Lean Construction secara komprehensif, khususnya dalam konteks adaptasi pada karakteristik proyek konstruksi di wilayah Manokwari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Integrasi Beton Pracetak terhadap Eliminasi Waste dalam Lean Construction

Sintesis literatur menunjukkan bahwa evolusi Lean Construction dalam konteks global tidak lagi dipahami sebagai sekadar pendekatan manajemen, tetapi sebagai sistem produksi berbasis efisiensi yang terintegrasi dengan teknologi konstruksi modern. Dalam industri konstruksi berbasis digital dan prefabrikasi, efisiensi aliran kerja menjadi indikator utama yang menentukan keberhasilan proyek. Integrasi sistem produksi berbasis BIM dan otomasi telah memperluas cara pandang terhadap pengendalian waste dalam siklus hidup proyek konstruksi (Rashid, Louis, & Fiawoyife, 2019). Beton pracetak kemudian muncul sebagai elemen struktural yang kompatibel dengan prinsip tersebut karena sifatnya yang terstandarisasi dan terkontrol.

Kajian terdahulu menunjukkan bahwa Lean Construction secara konsisten memberikan kontribusi terhadap pengurangan pemborosan dalam berbagai dimensi proyek, termasuk material, waktu, dan tenaga kerja. Studi systematic review mengindikasikan bahwa implementasi lean mampu menurunkan aktivitas non-value adding secara signifikan dalam rantai produksi konstruksi (Lolomsait & Setiawan, 2024). Pada implementasi lapangan, pendekatan lean terbukti meningkatkan efisiensi sumber daya melalui pengendalian proses yang lebih disiplin. Namun, efektivitasnya sangat bergantung pada tingkat integrasi metode kerja dalam organisasi proyek.

Dalam perspektif teknologi konstruksi, beton pracetak diposisikan sebagai mekanisme teknis yang memperkuat implementasi prinsip eliminasi waste melalui proses produksi off-site yang lebih terkendali. Studi perbandingan sistem struktural menunjukkan bahwa variasi metode konstruksi memiliki dampak langsung terhadap tingkat pemborosan material dan rework (Sandagie, Wibowo, & Purwanggono, 2016). Hal ini mengindikasikan bahwa pilihan teknologi tidak bersifat netral, tetapi menentukan struktur efisiensi proyek secara keseluruhan. Beton pracetak dalam hal ini menjadi variabel teknis yang berkontribusi pada stabilisasi proses produksi konstruksi.

Analisis terhadap studi produksi pracetak menunjukkan bahwa penerapan prinsip lean dalam lingkungan pabrikasi mampu mengurangi waste secara sistematis melalui standarisasi proses.

Penerapan lean pada produksi elemen pracetak terbukti meningkatkan produktivitas sekaligus menurunkan tingkat cacat produksi (Setyastuti, Dewi, & Suharyanto, 2017). Kondisi ini menunjukkan adanya hubungan langsung antara kontrol proses dan pengurangan variabilitas output. Produksi pracetak tidak hanya menjadi metode konstruksi, tetapi juga sistem manufaktur konstruksi.

Tabel 1. Perbandingan Dampak Penggunaan Beton Pracetak terhadap Dimensi Waste dalam Lean Construction Berdasarkan Sintesis Literatur

Dimensi Waste	Dampak Beton Pracetak	Sumber Literatur
Material waste	Penurunan signifikan akibat produksi terkontrol	Setyastuti et al., 2017
Rework	Berkurang karena standarisasi tinggi	Sandagie et al., 2016
Waiting time	Minim karena prefabrikasi	Lolomsait & Setiawan, 2024

Tabel 1 menunjukkan bahwa seluruh dimensi waste mengalami penurunan ketika beton pracetak diintegrasikan dengan prinsip Lean Construction. Data sintesis ini memperlihatkan pola konsisten bahwa kontrol off-site menjadi faktor dominan dalam reduksi pemborosan. Integrasi tersebut memperkuat posisi beton pracetak sebagai enabler utama efisiensi konstruksi modern. Struktur tabel ini juga mengindikasikan bahwa waste tidak hanya berkurang secara parsial tetapi sistemik.

Pada level implementasi sistem konstruksi, Lean Construction menekankan pentingnya pengendalian aliran kerja yang stabil dan bebas gangguan. Studi implementasi menunjukkan bahwa pendekatan lean mampu mengurangi variasi proses melalui standarisasi aktivitas proyek (Fazri & Rahmawati, 2024). Dalam konteks ini, beton pracetak memperkuat stabilitas aliran kerja karena mengurangi ketergantungan pada kondisi lapangan yang tidak pasti. Kombinasi keduanya menghasilkan sistem produksi yang lebih prediktif.

Analisis produktivitas menunjukkan bahwa pemilihan metode konstruksi memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi tenaga kerja dan output proyek. Studi metodologis menegaskan bahwa keputusan teknis dalam konstruksi mempengaruhi tingkat produktivitas secara langsung (Nugroho, 2012). Beton pracetak memberikan kontribusi dalam mengurangi beban kerja lapangan melalui transfer pekerjaan ke lingkungan pabrik. Hal ini mengubah struktur tenaga kerja dari aktivitas manual menjadi aktivitas instalasi yang lebih efisien.

Dalam perspektif manajemen konstruksi, Lean Construction tidak hanya berfokus pada pengurangan waste tetapi juga pada optimalisasi nilai yang dihasilkan proyek. Studi menunjukkan bahwa pendekatan lean meningkatkan nilai proyek melalui pengurangan aktivitas non-produktif (Setiawan, 2024). Beton pracetak memperkuat aspek ini melalui peningkatan kualitas awal produk yang dihasilkan sebelum instalasi. Nilai proyek meningkat bukan hanya dari sisi biaya tetapi juga dari kualitas proses.

Kajian empiris pada sistem struktur modern menunjukkan bahwa penggunaan elemen pracetak seperti panel dinding memberikan dampak signifikan terhadap pengurangan waste dibanding metode konvensional. Studi komparatif menunjukkan adanya perbedaan efisiensi yang cukup signifikan antara metode pracetak dan konvensional (Rohman, Wibowo, & Nuroji, 2021). Perbedaan ini terutama terlihat pada aspek waktu instalasi dan jumlah material terbuang. Hal ini memperkuat argumen bahwa teknologi konstruksi menentukan tingkat keberhasilan lean.

Integrasi lean dengan teknologi konstruksi juga terlihat pada studi inovasi sistem manajemen proyek berbasis digital yang mengoptimalkan biaya dan proses produksi pracetak. Penggunaan sistem berbasis pemrograman dalam manajemen lean menunjukkan potensi pengurangan waste yang lebih terukur (Citra et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa lean tidak hanya bersifat metodologis tetapi juga berbasis teknologi. Sinergi antara digitalisasi dan pracetak memperluas cakupan efisiensi konstruksi.

Literatur menunjukkan bahwa beton pracetak memiliki peran signifikan dalam mendukung eliminasi waste pada Lean Construction. Hubungan tersebut bersifat struktural karena menyentuh aspek produksi, instalasi, dan manajemen proyek secara simultan. Efektivitasnya bergantung pada integrasi sistemik antara desain, fabrikasi, dan logistik proyek. Pada konteks ini, lean dan pracetak membentuk satu ekosistem konstruksi berbasis efisiensi yang saling memperkuat.

Efisiensi Waktu dan Optimasi Flow dalam Integrasi Beton Pracetak dan Lean Construction

Kajian literatur dalam domain Lean Construction menunjukkan bahwa efisiensi waktu merupakan indikator fundamental yang mencerminkan keberhasilan sistem produksi konstruksi yang terintegrasi. Transformasi industri konstruksi modern mengarah pada pengurangan durasi siklus proyek melalui pengendalian aliran kerja yang lebih presisi dan terstruktur. Integrasi teknologi digital dan sistem informasi bangunan telah memperkuat kemampuan manajemen proyek dalam mengoptimalkan urutan kerja serta meminimalkan bottleneck operasional (Rashid, Louis, & Fiawoyife, 2019). Beton pracetak diposisikan sebagai komponen strategis yang secara inheren mendukung percepatan proses konstruksi.

Studi sistematis menunjukkan bahwa Lean Construction memberikan kontribusi signifikan terhadap percepatan durasi proyek melalui optimalisasi value stream dan pengurangan aktivitas tidak bernilai tambah. Hasil review literatur mengindikasikan bahwa pendekatan lean mampu meningkatkan efisiensi waktu secara konsisten di berbagai jenis proyek konstruksi (Lolomsait & Setiawan, 2024). Implementasi prinsip flow dan pull system memungkinkan proses konstruksi berjalan lebih sinkron tanpa gangguan antar tahapan pekerjaan. Namun, tingkat keberhasilan implementasi sangat dipengaruhi oleh kesiapan sistem manajemen proyek.

Dalam teknologi konstruksi, beton pracetak memberikan dampak langsung terhadap pengurangan waktu pelaksanaan karena sebagian besar proses produksi dilakukan di luar lokasi proyek. Studi perbandingan sistem struktur menunjukkan bahwa metode konstruksi yang berbeda menghasilkan variasi signifikan dalam durasi pekerjaan (Sandagie, Wibowo, & Purwanggono, 2016). Penggunaan elemen pracetak mengurangi ketergantungan terhadap kondisi lapangan yang sering menjadi sumber keterlambatan. Hal ini memperkuat posisi pracetak sebagai mekanisme percepatan dalam sistem Lean Construction.

Analisis empiris terhadap implementasi lean pada proyek konstruksi menunjukkan bahwa pengurangan waktu sangat terkait dengan stabilitas aliran kerja dan minimisasi rework. Studi implementasi lean pada proyek infrastruktur menegaskan bahwa efisiensi waktu dapat dicapai melalui pengendalian proses yang disiplin (Fazri & Rahmawati, 2024). Dalam sistem ini, keterlambatan sering kali terjadi akibat ketidakseimbangan aliran kerja antar aktivitas. Beton pracetak berperan dalam menstabilkan aliran tersebut melalui kesiapan elemen struktural sebelum tahap instalasi.

Tabel 2. Perbandingan Efisiensi Waktu dan Aliran Kerja (Flow) antara Metode Konstruksi Konvensional dan Beton Pracetak dalam Perspektif Lean Construction Berdasarkan Sintesis Literatur

Aspek Waktu Proyek	Metode Konvensional	Beton Pracetak	Sumber Literatur
Durasi struktur	Lebih panjang	Lebih singkat	Sandagie et al., 2016
Waktu tunggu	Tinggi	Rendah	Lolomsait & Setiawan, 2024
Sinkronisasi kerja	Tidak stabil	Stabil	Fazri & Rahmawati, 2024

Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh indikator efisiensi waktu mengalami perbaikan signifikan pada sistem berbasis beton pracetak. Perbedaan paling mencolok terlihat pada aspek durasi struktur yang secara konsisten lebih pendek dibanding metode konvensional. Data sintesis ini mengindikasikan bahwa percepatan proyek bukan hanya akibat faktor teknis, tetapi juga struktur sistem produksi. Integrasi lean memperkuat dampak percepatan tersebut melalui pengendalian aliran kerja yang lebih sistematis.

Dalam perspektif Lean Construction, konsep flow menjadi elemen utama yang menentukan kelancaran proses produksi konstruksi. Studi menunjukkan bahwa gangguan aliran kerja merupakan penyebab utama keterlambatan dalam proyek konstruksi kompleks (Setiawan, 2024). Beton pracetak memperbaiki kondisi ini dengan menghilangkan ketergantungan pada proses curing dan pekerjaan basah di lokasi. Hal ini menciptakan transisi pekerjaan yang lebih cepat dan terstruktur antar tahapan proyek.

Analisis produktivitas menunjukkan bahwa percepatan waktu juga berkaitan erat dengan pengurangan kompleksitas pekerjaan di lapangan. Studi metodologis menegaskan bahwa metode konstruksi yang lebih terstandarisasi menghasilkan siklus kerja yang lebih efisien (Nugroho, 2012). Beton pracetak mengurangi kompleksitas tersebut melalui penyederhanaan proses instalasi. Dengan demikian, waktu yang sebelumnya digunakan untuk pekerjaan manual dapat dialihkan ke proses

Pada level operasional, lean menekankan pentingnya sinkronisasi antara supply chain dan kebutuhan proyek untuk menghindari idle time. Studi SCOR dalam konstruksi menunjukkan bahwa ketidakseimbangan rantai pasok dapat meningkatkan waktu tunggu secara signifikan (Fitrianto, Wibowo, & Hatmoko, 2020). Beton pracetak mendukung sistem just-in-time yang menjadi inti dari efisiensi lean. Hal ini memungkinkan material tiba sesuai kebutuhan tanpa menyebabkan penumpukan di lokasi proyek.

Dalam studi komparatif material konstruksi, penggunaan elemen pracetak terbukti memberikan pengurangan waktu yang signifikan dibanding metode konvensional. Penelitian menunjukkan bahwa sistem pracetak dinding mampu mempercepat tahapan finishing struktur secara signifikan (Rohman, Wibowo, & Nuroji, 2021). Efisiensi ini terutama disebabkan oleh eliminasi pekerjaan basah yang memerlukan waktu curing. Dampaknya terlihat pada percepatan keseluruhan siklus proyek.

Integrasi lean dengan teknologi produksi modern juga menunjukkan bahwa efisiensi waktu dapat ditingkatkan melalui digitalisasi proses konstruksi. Sistem manajemen berbasis teknologi memungkinkan optimasi biaya dan waktu secara simultan dalam produksi pracetak (Citra et al., 2025). Hal ini memperkuat peran teknologi sebagai enabler dalam percepatan proyek konstruksi. Kombinasi digitalisasi dan pracetak menghasilkan sistem yang lebih responsif terhadap perubahan kebutuhan proyek.

Literatur menunjukkan bahwa beton pracetak memiliki kontribusi signifikan terhadap efisiensi waktu dalam kerangka Lean Construction. Percepatan proyek terjadi melalui kombinasi eliminasi aktivitas lapangan, standarisasi proses, dan optimalisasi aliran kerja. Efektivitasnya sangat bergantung pada integrasi sistem logistik dan manajemen proyek yang terkoordinasi. Dalam konteks ini, pracetak berfungsi sebagai katalis utama dalam transformasi menuju konstruksi berbasis lean yang lebih cepat dan terstruktur.

Produktivitas, Kualitas, dan Kesiapan Implementasi Lean-Pracetak di Konteks Manokwari

Kajian literatur menunjukkan bahwa produktivitas dan kualitas merupakan dua dimensi utama yang menentukan efektivitas implementasi Lean Construction dalam sistem konstruksi modern yang semakin terdigitalisasi. Transformasi industri menuju sistem produksi berbasis prefabrikasi memperlihatkan pergeseran dari aktivitas padat tenaga kerja menuju proses berbasis standarisasi dan otomatisasi. Integrasi teknologi digital dalam lingkungan bangunan cerdas juga memperkuat kemampuan pengendalian kualitas melalui pemantauan berbasis data real-time (Rashid, Louis, & Fiawoyife, 2019). Beton pracetak berperan sebagai komponen struktural yang mendukung stabilitas kualitas dan efisiensi produktivitas secara simultan.

Studi systematic review menunjukkan bahwa Lean Construction memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan produktivitas melalui pengurangan aktivitas tidak bernilai tambah dan optimalisasi sumber daya proyek. Implementasi lean terbukti meningkatkan efisiensi tenaga kerja dan mengurangi inefisiensi operasional pada berbagai jenis proyek konstruksi (Lolomsait & Setiawan, 2024). Peningkatan produktivitas ini sangat bergantung pada kemampuan organisasi proyek dalam mengelola aliran kerja secara konsisten. Beton pracetak memperkuat aspek tersebut melalui penyederhanaan proses kerja lapangan yang lebih terstruktur.

Dalam teknologi konstruksi, studi menunjukkan bahwa pemilihan metode konstruksi memiliki pengaruh langsung terhadap tingkat produktivitas tenaga kerja di lapangan. Analisis metodologis menegaskan bahwa keputusan teknis dalam pemilihan sistem konstruksi menentukan efisiensi output proyek secara keseluruhan (Nugroho, 2012). Beton pracetak mengurangi kompleksitas pekerjaan manual melalui sistem instalasi yang lebih cepat dan terstandarisasi. Hal ini menciptakan perubahan struktur kerja dari aktivitas produksi lapangan menjadi aktivitas perakitan.

Evaluasi terhadap implementasi lean pada produksi pracetak menunjukkan bahwa penerapan prinsip lean di lingkungan pabrikasi mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menurunkan tingkat cacat produksi. Studi produksi elemen pracetak menunjukkan adanya peningkatan efisiensi operasional melalui eliminasi waste dalam proses manufaktur konstruksi (Setyastuti, Dewi, & Suharyanto, 2017).

Kondisi ini memperlihatkan bahwa produktivitas tidak hanya ditentukan oleh tenaga kerja, tetapi juga oleh sistem produksi. Beton pracetak menciptakan lingkungan kerja yang lebih stabil dan terkontrol.

Tabel 3. Perbandingan Kinerja Produktivitas dan Kualitas antara Sistem Konstruksi Konvensional dan Beton Pracetak dalam Perspektif Lean Construction Berdasarkan Sintesis Literatur

Dimensi Kinerja	Sistem Konvensional	Beton Pracetak	Sumber Literatur
Produktivitas tenaga kerja	Variatif	Tinggi dan stabil	Setyastuti et al., 2017
Kualitas hasil kerja	Tidak konsisten	Konsisten	Sandagie et al., 2016
Tingkat cacat	Lebih tinggi	Lebih rendah	Lolomsait & Setiawan, 2024

Tabel 3 menunjukkan bahwa beton pracetak memberikan peningkatan signifikan pada seluruh indikator kinerja konstruksi. Produktivitas meningkat karena proses kerja lebih terstandarisasi dan tidak bergantung pada kondisi lapangan. Kualitas pekerjaan juga lebih konsisten akibat kontrol produksi yang lebih ketat di lingkungan pabrik. Data sintesis ini menegaskan bahwa integrasi lean dan pracetak menciptakan sistem produksi yang lebih stabil.

Dalam perspektif Lean Construction, kualitas dipahami sebagai hasil dari proses yang bebas dari variasi dan kesalahan sistemik dalam siklus produksi. Studi menunjukkan bahwa pendekatan lean mampu meningkatkan kualitas output melalui pengurangan rework dan peningkatan kontrol proses (Fazri & Rahmawati, 2024). Beton pracetak memperkuat aspek ini karena proses produksi dilakukan dalam lingkungan terkontrol dengan standar mutu yang konsisten. Hal ini mengurangi ketergantungan pada kondisi eksternal yang tidak stabil.

Studi komparatif terhadap material dan sistem konstruksi menunjukkan bahwa variasi metode konstruksi menghasilkan perbedaan signifikan terhadap tingkat kualitas akhir proyek. Penelitian menunjukkan bahwa sistem pracetak menghasilkan kualitas yang lebih seragam dibanding metode konvensional (Rohman, Wibowo, & Nuroji, 2021). Hal ini disebabkan oleh minimnya intervensi manual di lokasi proyek. Dengan demikian, kualitas menjadi lebih dapat diprediksi dan terukur.

Dalam sistem produksi lean, supply chain yang terintegrasi menjadi faktor penting dalam menjaga konsistensi produktivitas dan kualitas. Studi menunjukkan bahwa kinerja supply chain konstruksi sangat berpengaruh terhadap stabilitas output proyek (Fitrianto, Wibowo, & Hatmoko, 2020). Beton pracetak mendukung sistem ini melalui pengaturan distribusi material yang lebih terencana. Hal ini menciptakan keselarasan antara produksi, distribusi, dan instalasi.

Integrasi lean dengan teknologi manajemen konstruksi berbasis digital menunjukkan bahwa peningkatan kualitas dan produktivitas dapat dicapai melalui sistem kontrol berbasis data. Studi menunjukkan bahwa optimasi biaya dan proses produksi pracetak dapat dilakukan melalui sistem berbasis teknologi informasi (Citra et al., 2025). Hal ini memperkuat peran digitalisasi dalam mendukung stabilitas kinerja proyek. Teknologi menjadi faktor penguat dalam sistem lean modern.

Dalam implementasinya, studi menunjukkan bahwa penerapan lean pada berbagai jenis proyek konstruksi menghasilkan peningkatan kinerja yang bervariasi tergantung pada kompleksitas proyek. Implementasi lean pada proyek infrastruktur menunjukkan bahwa keberhasilan sangat dipengaruhi oleh koordinasi antar pihak (Prastyo, Antonius, & Ni'am, 2024). Beton pracetak membantu mengurangi kompleksitas koordinasi tersebut melalui standarisasi elemen kerja. Hal ini memperkuat konsistensi hasil implementasi lean.

Literatur menunjukkan bahwa beton pracetak memiliki kontribusi signifikan terhadap peningkatan produktivitas dan kualitas dalam sistem Lean Construction. Integrasi keduanya menghasilkan sistem konstruksi yang lebih stabil, efisien, dan terstandarisasi. Dalam konteks Manokwari, kondisi geografis dan keterbatasan sumber daya memperkuat relevansi pendekatan ini sebagai solusi adaptif. Struktur sintesis menunjukkan bahwa lean dan pracetak membentuk paradigma konstruksi berbasis efisiensi yang saling menguatkan dalam konteks implementasi nyata.

KESIMPULAN

Sintesis literatur menunjukkan bahwa integrasi beton pracetak dalam kerangka Lean Construction memberikan pengaruh signifikan dan multidimensional terhadap kinerja proyek konstruksi, khususnya dalam aspek pengurangan waste, efisiensi waktu, serta peningkatan produktivitas dan kualitas pekerjaan. Eliminasi pemborosan terjadi secara sistemik melalui standarisasi proses produksi off-site, yang secara konsisten menurunkan material waste, rework, dan inefisiensi aliran kerja. Efisiensi waktu meningkat akibat berkurangnya aktivitas lapangan yang bersifat curing-dependent serta optimalisasi just-in-time delivery yang memperkuat flow konstruksi. Pada saat yang sama, produktivitas tenaga kerja mengalami peningkatan karena transformasi aktivitas konstruksi dari pekerjaan manual menjadi proses instalasi terstruktur, sementara kualitas hasil pekerjaan menjadi lebih stabil akibat kontrol produksi berbasis pabrikasi. Di Manokwari, pendekatan ini memiliki relevansi tinggi untuk menjawab tantangan geografis dan logistik, meskipun implementasinya masih dipengaruhi keterbatasan infrastruktur dan kapasitas industri pracetak. Beton pracetak berfungsi sebagai enabler strategis dalam memperkuat implementasi Lean Construction menuju sistem konstruksi yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdunnafi, G., Wibowo, M. A., & Purwanggono, B. (2021). Kajian Perbandingan Pengaruh Penggunaan Bekisting Aluminium dan Perth Construction Hire (Pch) Dalam Mewujudkan Lean Construction. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 26(2), 156-165. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v26i2.3130>.
- Ahmad, S., Soetanto, R., & Goodier, C. (2019). Lean approach in precast concrete component production. *Built Environment Project and Asset Management*, 9(3), 457-470. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-02-2018-0051>.
- Allo, R. I. G., & Bhaskara, A. (2022). Waste Material Analisis With the Implementation of Lean Construction. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 343-355. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4494>.
- Andriawan, M. A., & Susanto, S. (2026). Penerapan Lean Construction Untuk Mengurangi Waste Baja Ringan Pada Rangka Atap Perumahan. *Jurnal Civil Engineering Study*, 6(01), 56-68. <https://doi.org/10.34001/ces.v6i01.1622>.
- Ballard, G., Harper, N., & Zabelle, T. (2003). Learning to see work flow: an application of lean concepts to precast concrete fabrication. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 10(1), 6-14. <https://doi.org/10.1108/09699980310466505>.
- Citra, Z., Wibowo, P. D., Malinda, Y., Wibisono, A., Ashadi, R. F., Elza, S. P., & Apdeni, R. (2025). Integrasi Lean Construction Dan Manajemen Risiko Berbasis Java Programming Guna Optimalisasi Biaya Konstruksi Precast. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 038-046. <https://doi.org/10.30742/axial.v13i1.4336>.
- Fazri, I., & Rahmawati, Y. (2024). The Study on Lean Construction Implementation in Palembang. *Arsir*, 8(1), 64-77. <https://doi.org/10.32502/arsir.v8i1.122>.
- Fitrianto, T., Wibowo, M. A., & Hatmoko, J. U. D. (2020). Pengukuran Kinerja Supply Chain pada Konstruksi Gedung Bertingkat dengan Menggunakan Pendekatan Metode SCOR (Supply Chain Operations Reference). *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(1), 26-35. <https://doi.org/10.14710/mkts.v26i1.26064>.
- Harsa, S. R., Suherman, S., Yola, M., Nur, M., & Harpito, H. (2024). Mereduksi Waste pada Konstruksi Pembangunan Fasilitas Gedung di Universitas Riau dengan Konsep Lean Construction Studi Kasus: PT. Brantas Abipraya. *Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, 24(2), 197-208. <https://doi.org/10.30587/matrik.v24i2.7005>.
- Lolomsait, M. P., & Setiawan, H. (2024). Manfaat Penerapan Lean Construction Pada Proyek Konstruksi: Systematic Review. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, 2(2). <https://doi.org/10.62603/konteks.v2i2.229>.
- Nugroho, P. S. (2012). Peningkatan produktivitas konstruksi melalui pemilihan metode konstruksi. *Dinamika Rekayasa*, 8(1), 25-30. <https://doi.org/10.20884/1.dr.2012.8.1.56>.
- Prastyo, S., Antonius, A., & Ni'am, M. F. (2024). Implementasi Lean Construction Pada Proses Konstruksi Pcu Girder Proyek Flyover Djuanda Sidoarjo Jawa Timur. *Teknika*, 19(2), 200-211. <https://doi.org/10.26623/teknika.v19i2.9288>.

- Rashid, K. M., Louis, J., & Fiawoyife, K. K. (2019). Wireless electric appliance control for smart buildings using indoor location tracking and BIM-based virtual environments. *Automation in Construction*, 101, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.005>.
- Rohman, M. A., Wibowo, M. A., & Nuroji, N. (2021). Kajian Perbandingan Pengaruh Penggunaan Dinding Precast dengan Dinding Konvensional pada Proyek Cordova Semarang. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 26(1), 11-10. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v26i1.2643>.
- Sandagie, E., Wibowo, M. A., & Purwanggono, B. (2016). Analisis Perbandingan Pengaruh Penggunaan Flyslab dan Plat Floordeck dalam Mewujudkan Lean Construction. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(1), 61-69. <https://doi.org/10.14710/mkts.v22i1.12405>.
- Senaratne, S., & Ekanayake, S. (2012). Evaluation of application of lean principles to precast concrete bridge beam production process. *Journal of Architectural Engineering*, 18(2), 94-106. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000063](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000063).
- Setiawan, B. (2024). Pendekatan Lean Construction dalam Penggunaan Sumber Daya dalam Proyek Konstruksi. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 5311-5325. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i4.13364>.
- Setyastuti, Y. D., Dewi, S. M., & Suharyanto, A. (2017). Peningkatan produktivitas pada proses produksi pracetak dengan penerapan metode lean construction untuk eliminasi waste. *Rekayasa Sipil*, 11(3), 186-193. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasipil/2017.011.03.3>.
- Wu, P., & Low, S. P. (2012). Lean management and low carbon emissions in precast concrete factories in Singapore. *Journal of Architectural Engineering*, 18(2), 176-186. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000053](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000053).
- Zebua, D., Zalukhu, M. H., Daeli, I. A., Harita, H., Daeli, S. D., Giawa, J. F. K., ... & Halawa, I. H. (2025). Pegenalan Material Kontruksi Dan Teknik Penggunaannya Bagi Siswa Smk Swasta Pembda Nias. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Multi Disiplin*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.70134/jupengen.v2i1.307>.