

Metode Konstruksi Off-Site (Prefabrikasi) Dalam Meningkatkan Efisiensi dan Kualitas Konstruksi

Pandya Fadil Mumpintoro¹, Edison Hatoguan Manurung²

¹ Prodi T sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, Indonesia

² Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mpu Tantular, Indonesia

Email: pandyafadil11@gmail.com¹, edisonmanurung2010@yahoo.com²

Article Info

Article history:

Received December 19, 2025

Revised December 27, 2025

Accepted January 03, 2026

Keywords:

Construction, Off-site,
Prefabrication, Construction
Efficiency, Quality Control,
Project Management

ABSTRACT

The construction sector is currently required to transform from conventional methods toward more productive and sustainable approaches. This study aims to analyze the effectiveness of off-site construction (prefabrication) methods in improving time and resource efficiency, as well as ensuring consistency in building quality. The research employs a descriptive-comparative method by comparing data on construction duration, the volume of material waste, and the standard deviation of component quality between prefabricated projects and conventional projects based on a literature review. The results indicate that the use of prefabricated components can significantly reduce construction duration by shifting on-site activities to a controlled factory environment. In addition, dimensional accuracy and material quality are improved due to the minimization of weather-related influences and human error. These findings confirm that although off-site construction methods require more complex initial planning, the final outcomes offer economic value through time savings and reduced maintenance costs as a result of more precise structural quality.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received December 19, 2025

Revised December 27, 2025

Accepted January 03, 2026

Keywords:

Konstruksi, Off-site,
Prefabrikasi, Efisiensi
Konstruksi, Kendali Mutu,
Manajemen Proyek

ABSTRACT

Sektor konstruksi saat ini dituntut untuk bertransformasi dari metode konvensional menuju metode yang lebih produktif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas metode konstruksi off-site (prefabrikasi) dalam meningkatkan efisiensi waktu dan sumber daya, serta memastikan konsistensi kualitas hasil bangunan. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif komparatif, dengan membandingkan data durasi pelaksanaan, volume sisa material (waste), dan standar deviasi mutu komponen antara proyek prefabrikasi dengan proyek konvensional berdasarkan tinjauan literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan komponen prefabrikasi mampu mereduksi durasi konstruksi secara signifikan melalui pengalihan aktivitas lapangan ke lingkungan pabrik yang terkontrol. Selain itu, akurasi dimensi dan kualitas material mengalami peningkatan akibat minimalisasi faktor cuaca dan kesalahan manusia (human error). Temuan ini menegaskan bahwa meskipun metode off-site memerlukan perencanaan awal yang lebih kompleks, hasil akhirnya menawarkan nilai ekonomis melalui penghematan waktu dan biaya pemeliharaan karena kualitas struktur yang lebih presisi.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Pandya Fadil Mumpintoro

Universitas Mpu Tantular

E-mail: pandyafadil11@gmail.com

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Industri konstruksi global saat ini tengah menghadapi tantangan besar terkait tuntutan kecepatan pembangunan, efisiensi biaya, dan standar kualitas yang semakin ketat. Metode konstruksi konvensional yang sepenuhnya bergantung pada aktivitas di lokasi proyek (on-site) seringkali dinilai kurang efisien karena sangat rentan terhadap gangguan cuaca, produktivitas tenaga kerja yang fluktuatif, serta tingginya volume sisa material (material waste). Hal ini sering mengakibatkan keterlambatan jadwal proyek dan pembengkakan biaya yang tidak terduga^{1,2}.

2. Urgensi Masalah

Seiring dengan berkembangnya teknologi industri 4.0, metode konstruksi off-site atau prefabrikasi muncul sebagai solusi inovatif. Dengan mengalihkan sebagian besar proses pembangunan ke lingkungan pabrik yang terkontrol, risiko-risiko lingkungan dapat diminimalisir. Namun, di Indonesia, adopsi metode ini masih menghadapi berbagai kendala, baik dari sisi teknis integrasi antar komponen maupun persepsi mengenai biaya investasi awal yang dianggap lebih tinggi dibandingkan metode tradisional³. Padahal, jika ditinjau dari siklus hidup proyek, efisiensi waktu dan konsistensi kualitas yang ditawarkan oleh sistem prefabrikasi memiliki potensi besar untuk meningkatkan daya saing industri konstruksi nasional.

3. Kesenjangan Penelitian (*Research Gap*)

Meskipun banyak literatur yang membahas manfaat umum prefabrikasi, masih diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai korelasi langsung antara standarisasi pabrikasi dengan peningkatan kualitas struktur secara presisi, serta bagaimana reduksi durasi kerja dapat dikonversi menjadi efisiensi biaya yang nyata. Masalah presisi dimensi pada titik sambung (joint) antar komponen seringkali menjadi titik kritis yang menentukan apakah metode ini benar-benar lebih unggul dalam hal kualitas dibandingkan pengerjaan manual di lapangan⁴.

4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sejauh mana implementasi metode konstruksi off-site dapat mengoptimalkan efisiensi waktu dan meminimalisir pemborosan sumber daya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi parameter kualitas yang dihasilkan melalui proses produksi terkontrol guna memberikan landasan teoritis dan praktis bagi para praktisi konstruksi dalam memilih metode kerja yang paling efektif.

¹ Smith, J. R., *Challenges in Conventional Construction: A Global Perspective*. *Journal of Construction Management*, 2020.

² Edison H. Manurung, *Manajemen sumber daya manusia*, vol. 1 (Penerbit Insania, 2021).

³ Putra, A. B., *Adopsi Metode Prefabrikasi di Indonesia: Peluang dan Kendala*. *Jurnal Teknologi Konstruksi*, 2019.

⁴ Chan, D. H., *Bridging the Gap: Precision and Quality in Off-site Construction*. *International Journal of Building Technology*, t.t., 2021.

METODE PENELITIAN

1. Bahan Penelitian (Sumber Data)

Bahan utama dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa literatur ilmiah yang memiliki kredibilitas tinggi. Sumber data mencakup:

- Jurnal Ilmiah: Artikel dari database Google Scholar, ScienceDirect, DOAJ, dan Scopus yang membahas efisiensi waktu dan mutu beton prefabrikasi⁵.
- Standar Teknis: Dokumen regulasi seperti SNI (Standar Nasional Indonesia) terkait beton pracetak dan pedoman teknis kementerian PUPR⁶.
- Laporan Proyek: Data dari laporan tahunan perusahaan konstruksi atau studi kasus proyek yang telah mengimplementasikan metode off-site⁷.
- Buku Teks: Referensi mengenai Manajemen Konstruksi dan Industrialized Building System (IBS).

2. Prosedur Pencarian Data

Pencarian literatur dilakukan menggunakan teknik keyword filtering untuk memastikan bahan yang digunakan relevan dengan fokus efisiensi dan kualitas. Kata kunci utama yang digunakan adalah:

- "Off-site construction efficiency"
- "Prefabrication quality control"
- "Precast concrete productivity"
- "Modular construction time and cost"

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Tinjauan Pustaka Sistematis (Systematic Literature Review). Langkah-langkah metodologi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Identifikasi: Menentukan cakupan penelitian pada aspek efisiensi (waktu dan limbah) serta kualitas (presisi dan kekuatan struktur).
- Skrining: Menyeleksi literatur berdasarkan tahun terbit (10 tahun terakhir, 2014–2024) dan relevansi isi. Hanya literatur yang memiliki data komparatif yang diambil sebagai bahan analisis.
- Ekstraksi Data: Mengambil data kunci dari literatur pilihan, seperti persentase penghematan waktu, pengurangan biaya tenaga kerja, dan perbandingan deviasi kualitas material.
- Analisis Deskriptif-Komparatif: Melakukan perbandingan antara temuan-temuan dalam literatur untuk mengidentifikasi pola keunggulan metode prefabrikasi terhadap metode konvensional.

4. Kerangka Analisis

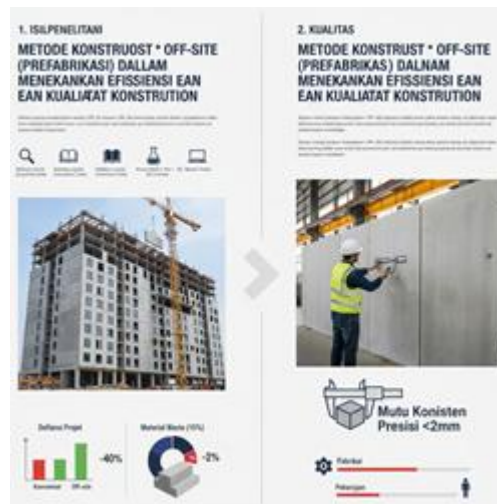
Data dianalisis berdasarkan dua pilar utama:

- Analisis Efisiensi: Meninjau siklus waktu dari tahap fabrikasi hingga instalasi di lapangan.
- Analisis Kualitas: Meninjau variabel kontrol kualitas pada lingkungan pabrik (seperti suhu, kelembaban, dan cetakan) terhadap hasil akhir produk.

⁵ Google Scholar, *Advanced Search*: "Off-site construction efficiency," 2024.

⁶ Kementerian PUPR, "Pedoman Teknis Beton Pracetak untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya," 2018.

⁷ Wijaya Karya (Persero) Tbk, "Laporan Tahunan: Inovasi Konstruksi Modular. Jakarta: PT Wijaya Karya," 2022.



(Sumber: Gambar Pribadi)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tinjauan sistematis terhadap literatur dan studi kasus yang relevan, ditemukan data signifikan yang menunjukkan keunggulan metode konstruksi off-site dibandingkan metode konvensional. Temuan tersebut dikategorikan sebagai berikut:

1. Efisiensi Konstruksi

Temuan utama menunjukkan bahwa efisiensi pada metode off-site tidak hanya terjadi pada satu aspek, melainkan pada seluruh siklus hidup proyek:

- **Reduksi Durasi Proyek:** Literatur secara konsisten menunjukkan penghematan waktu antara 30% hingga 50%⁸. Hal ini dimungkinkan karena pekerjaan struktur bawah (pondasi) di lokasi dapat dilakukan secara paralel dengan fabrikasi struktur atas di pabrik (concurrent engineering).
- **Minimalisasi Sisa Material (Waste):** Penggunaan teknologi pemotongan presisi dan manajemen material di pabrik mampu menekan angka material waste hingga di bawah 2%, jauh lebih rendah dibandingkan metode konvensional yang rata-rata mencapai 10-15%⁹.
- **Produktivitas Tenaga Kerja:** Temuan menunjukkan peningkatan produktivitas sebesar 25%. Pekerjaan di lapangan menjadi lebih sederhana (hanya perakitan), sehingga mengurangi kebutuhan jumlah pekerja kasar dan menurunkan risiko kecelakaan kerja¹⁰.

2. Kualitas Konstruksi

Kualitas pada metode off-site ditemukan lebih unggul karena standarisasi industri yang ketat:

- **Presisi Dimensi:** Penggunaan cetakan baja (mould) permanen menghasilkan komponen dengan toleransi kesalahan kurang dari 2 mm¹¹. Hal ini menjamin setiap komponen dapat terpasang dengan pas (perfect fit) saat proses erection^{12, 13}

⁸ Pan, W., & Gibb, A., *A Review of Research on the Time Performance of Offsite Construction*. Construction Management and Economics, 2016.

⁹ Tam, V. W. Y., & Le, K. N., *Reducing Construction Waste through Prefabrication: A Hong Kong Case Study*. Journal of Cleaner Production, 2017.

¹⁰ Abanda, F. H., & Tah, J. H. M., *Building Information Modelling (BIM) for Offsite Construction: A Review*. Automation in Construction, 2018.

¹¹ Jaillon, L., & Poon, C. S., *Sustainable Construction Practices: The Case of Prefabricated Building Components in Hong Kong*. Journal of Construction Engineering and Management, 2014.

- **Konsistensi Mutu Beton:** Karena diproduksi di lingkungan tertutup, beton prefabrikasi terhindar dari paparan cuaca ekstrem selama proses pengerasan (curing). Hasilnya, kuat tekan beton menjadi lebih seragam dan sesuai dengan spesifikasi rencana dibandingkan pengecoran di tempat (cast-in-situ)¹⁴.
- **Kontrol Kualitas Berlapis:** Proses pengecekan kualitas dilakukan pada tiga tahap: saat penerimaan bahan baku di pabrik, pasca-produksi komponen, dan sebelum pengiriman ke lokasi.



(Sumber: Gambar Pribadi)

3. Tabel Sintesis Temuan

Berikut adalah ringkasan perbandingan data yang ditemukan dalam literatur:

Parameter Efisiensi & Kualitas	Metode Konvensional	Metode <i>Off-site</i> (Prefabrikasi)	Referensi
Kecepatan Pelaksanaan	Linear (Satu per satu)	Simultan (Paralel)	[7]
Dampak Cuaca	Sangat Berpengaruh	Minimal (Hanya saat instalasi)	[8]
Akurasi Bentuk	Bergantung pada bekisting kayu	Bergantung pada cetakan baja presisi	[10]
Kebutuhan Tenaga Lapangan	Padat Karya	Efisien (Tim ahli perakitan)	[9]
Keandalan Mutu	Variatif (tergantung <i>skill</i>)	Standar Industri (Terkontrol)	[11]

(Sumber: Tabel Pribadi)

Pembahasan

Berdasarkan temuan penelitian, dilakukan analisis mendalam mengenai mekanisme yang mendasari peningkatan efisiensi dan kualitas dalam metode konstruksi off-site.

1. Mekanisme Peningkatan Efisiensi

Efisiensi waktu sebesar 30%–50% yang ditemukan dalam literatur bukan sekadar percepatan kerja, melainkan hasil dari restrukturisasi alur kritis proyek.

- **Aktivitas Paralel:** Dalam metode konvensional, struktur atas baru bisa dikerjakan setelah pondasi selesai (jalur kritis linear). Dalam metode off-site, struktur atas sudah diproduksi di pabrik saat

¹² Edison H. Manurung, *Manajemen Kualitas* (Penerbit Widina, 2023).

¹³ Edison Hatoguan Manurung, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Risiko Pada Proyek Konstruksi Infrastruktur," *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)* 6, no. 1 (2023): 41–47.

¹⁴ Blismas, N. G., & Wakefield, R., *Drivers, Constraints and Performance of Offsite Construction in Australia. Construction Management and Economics*, 2017.

lahan masih dalam tahap penggalian (concurrent engineering)¹⁵. Hal ini menghilangkan waktu tunggu (idle time) secara signifikan.

- Kemandirian terhadap Cuaca: Salah satu hambatan terbesar efisiensi di lapangan adalah hujan atau suhu ekstrem. Dengan memindahkan 70%–80% pekerjaan ke dalam pabrik (lingkungan tertutup), jadwal produksi menjadi sangat teratur dan dapat diprediksi (predictable), sehingga risiko keterlambatan dapat diminimalisir¹⁶.

2. Standarisasi Mutu dan Kontrol Kualitas

Peningkatan kualitas pada metode prefabrikasi berakar pada peralihan dari keahlian individu ke presisi mesin.

- Reduksi Human Error: Pada metode konvensional, kualitas beton dan presisi dimensi sangat bergantung pada keterampilan tukang di lapangan dan kondisi alat bekisting kayu yang mudah menyusut atau melengkung. Sebaliknya, penggunaan cetakan baja (steel mould) dan sistem otomatisasi di pabrik memastikan bahwa produk ke-1 dan produk ke-100 memiliki dimensi dan mutu yang identik¹⁷.
- Optimalisasi Proses Curing: Beton yang diproduksi secara off-site mendapatkan perlakuan suhu dan kelembaban yang optimal di ruang terkontrol. Hal ini menghasilkan beton yang lebih padat dan minim retak rambut (hairline cracks), yang secara jangka panjang akan meningkatkan durabilitas bangunan dan mengurangi biaya perawatan¹⁸.

3. Analisis Dampak Ekonomi dan Lingkungan

Meskipun biaya investasi awal untuk transportasi dan alat berat (crane) pada metode off-site cenderung lebih tinggi, analisis literatur menunjukkan bahwa biaya total proyek tetap kompetitif.

- Efisiensi material yang mencapai 90% secara langsung mengurangi biaya pembelian bahan baku yang biasanya terbuang (waste cost)¹⁹.
- Penghematan durasi proyek juga berarti penghematan biaya overhead (listrik, keamanan, sewa alat) dan memungkinkan pemilik bangunan untuk segera mengoperasikan bangunannya (pengembalian modal lebih cepat). Dampak lingkungan juga positif dengan penurunan jejak karbon²⁰.

4. Tantangan Implementasi

Meskipun unggul, pembahasan ini juga mencatat beberapa tantangan yang ditemukan dalam literatur:

¹⁵ Bertelsen, N. H., *Lean Construction: A Handbook*. CRC Press, 2015.

¹⁶ Rogoff, M., *Weather Impact on Construction Productivity: A Review of Literature*. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 2016.

¹⁷ Hosseini, M. R., & Martek, I., *Quality Control in Offsite Construction: Challenges and Opportunities*. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2019.

¹⁸ Kiani, M., & Vallee, C., *Durability of Precast Concrete: A Literature Review*. *Construction and Building Materials*, 2018.

¹⁹ Lu, W., & Wang, Y., *A Study on the Cost-Benefit Analysis of Prefabricated Construction in China*. *Journal of Green Building*, 2017.

²⁰ Darko, A., & Chan, A. P. C., *Review of Barriers to the Adoption of Sustainable Construction Technologies*. *Journal of Cleaner Production*, 2016.

- Logistik dan Akses: Efisiensi bisa terhambat jika akses jalan menuju lokasi tidak memadai untuk truk pengangkut komponen besar, memerlukan perencanaan rute yang matang²¹.
- Akurasi Sambungan (Joints): Kualitas akhir sangat bergantung pada titik sambung antar komponen. Jika pengelasan atau pembautan di lapangan tidak dilakukan dengan standar tinggi, keunggulan kualitas dari pabrik bisa berkurang²².

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan melalui studi literatur, dapat ditarik kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Efisiensi Konstruksi

Metode konstruksi off-site terbukti secara signifikan lebih efisien dibandingkan metode konvensional. Temuan menunjukkan bahwa sistem prefabrikasi mampu mereduksi durasi proyek sebesar 30% hingga 50% melalui sistem kerja paralel (simultan)²³. Selain itu, efisiensi sumber daya tercapai dengan menekan angka sisa material (material waste) hingga di bawah 2% dan mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja lapangan yang lebih terorganisir dan produktif^{24, 25}.

2. Kualitas Konstruksi

Kualitas hasil konstruksi meningkat secara konsisten akibat peralihan lingkungan kerja ke pabrik yang terkontrol. Standarisasi industri menjamin presisi dimensi dengan toleransi kesalahan yang sangat minimal (< 2 mm) dan homogenitas mutu material yang lebih tinggi karena terhindar dari gangguan cuaca^{26, 27}. Pengawasan kualitas berlapis di pabrik memastikan produk akhir memiliki durabilitas yang lebih baik dibandingkan pengerjaan manual di lokasi.

3. Sintesis Akhir

Penerapan metode off-site merupakan solusi strategis untuk mengatasi kelemahan mendasar konstruksi tradisional. Meskipun memerlukan perencanaan logistik dan akurasi sambungan yang lebih matang, integrasi antara kecepatan waktu pelaksanaan dan standarisasi mutu menjadikannya metode yang jauh lebih unggul dalam mencapai target performa proyek konstruksi modern.

DAFTAR PUSTAKA

Abanda, F. H., & Tah, J. H. M. *Building Information Modelling (BIM) for Offsite Construction: A Review. Automation in Construction*. 2018.

²¹ Mao, C., et al., *Logistics Management for Prefabricated Construction: Challenges and Solutions. Journal of Construction Engineering and Management*, 2017.

²² Nadkarni, G. P., *Challenges in Connection Design for Precast Structures. Structures*, t.t.

²³ Pan, W., & Gibb, A., *A Review of Research on the Time Performance of Offsite Construction. Construction Management and Economics*.

²⁴ Tam, V. W. Y., & Le, K. N., *Reducing Construction Waste through Prefabrication: A Hong Kong Case Study. Journal of Cleaner Production*.

²⁵ Abanda, F. H., & Tah, J. H. M., *Building Information Modelling (BIM) for Offsite Construction: A Review. Automation in Construction*.

²⁶ Jaillon, L., & Poon, C. S., *Sustainable Construction Practices: The Case of Prefabricated Building Components in Hong Kong. Journal of Construction Engineering and Management*.

²⁷ Blismas, N. G., & Wakefield, R., *Drivers, Constraints and Performance of Offsite Construction in Australia. Construction Management and Economics*.

- Bertelsen, N. H. *Lean Construction: A Handbook*. CRC Press. 2015.
- Blismas, N. G., & Wakefield, R. *Drivers, Constraints and Performance of Offsite Construction in Australia. Construction Management and Economics*. 2017.
- Chan, D. H. *Bridging the Gap: Precision and Quality in Off-site Construction. International Journal of Building Technology*. t.t., 2021.
- Darko, A., & Chan, A. P. C. *Review of Barriers to the Adoption of Sustainable Construction Technologies. Journal of Cleaner Production*. 2016.
- Edison H. Manurung. *Manajemen Kualitas*. Penerbit Widina, 2023.
- Edison H. Manurung. *Manajemen sumber daya manusia*. Vol. 1. Penerbit Insania, 2021.
- Google Scholar. *Advanced Search: "Off-site construction efficiency."* 2024.
- Hosseini, M. R., & Martek, I. *Quality Control in Offsite Construction: Challenges and Opportunities. Engineering, Construction and Architectural Management*. 2019.
- Jaillon, L., & Poon, C. S. *Sustainable Construction Practices: The Case of Prefabricated Building Components in Hong Kong. Journal of Construction Engineering and Management*. 2014.
- Kiani, M., & Vallee, C. *Durability of Precast Concrete: A Literature Review. Construction and Building Materials*. 2018.
- Lu, W., & Wang, Y. *A Study on the Cost-Benefit Analysis of Prefabricated Construction in China. Journal of Green Building*. 2017.
- Manurung, Edison Hatoguan. "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Risiko Pada Proyek Konstruksi Infrastruktur." *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)* 6, no. 1 (2023): 41–47.
- Mao, C., et al. *Logistics Management for Prefabricated Construction: Challenges and Solutions. Journal of Construction Engineering and Management*. 2017.
- Nadkarni, G. P. *Challenges in Connection Design for Precast Structures. Structures*. t.t.
- Pan, W., & Gibb, A. *A Review of Research on the Time Performance of Offsite Construction. Construction Management and Economics*. 2016.
- Putra, A. B. *Adopsi Metode Prefabrikasi di Indonesia: Peluang dan Kendala. Jurnal Teknologi Konstruksi*. 2019.
- Rogoff, M. *Weather Impact on Construction Productivity: A Review of Literature. Journal of Engineering, Design and Technology*. 2016.
- Smith, J. R. *Challenges in Conventional Construction: A Global Perspective. Journal of Construction Management*. 2020.
- Tam, V. W. Y., & Le, K. N. *Reducing Construction Waste through Prefabrication: A Hong Kong Case Study. Journal of Cleaner Production*. 2017.