



Analisis Lean Construction untuk Mengidentifikasi Waste pada Proyek Fit Out Showroom

Usep Supriat, Ervina Yuliyanti

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara

521221035@mahasiswa.undira.ac.id

Abstrak

Proyek fit out showroom dan kantor menghadapi risiko pemborosan karena pekerjaan interior, material khusus, sistem mekanikal-elektrikal, dan persetujuan teknis harus dikoordinasikan pada area kerja yang terbatas. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis waste pada Proyek New Showroom Interior Construction PT Daelim Dobidos Indonesia di Capital Cove Business Loft Unit 29 dan 30, BSD City. Proyek mencakup luas sekitar 538 m² dengan pelaksanaan Januari hingga April 2025. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berdasarkan tujuh kategori Lean Construction, yaitu defect, waiting, transportation, inventory, motion, over processing, dan over production. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi proyek, dan kuesioner skala Likert kepada seluruh 15 personel proyek menggunakan total sampling. Instrumen terdiri atas 28 pernyataan, masing-masing empat untuk setiap kategori waste. Pengolahan data memanfaatkan SPSS melalui uji korelasi Pearson, koefisien Cronbach's Alpha, serta analisis rerata. Seluruh butir dinyatakan valid berdasarkan ambang r tabel 0,514, sedangkan seluruh variabel mempunyai koefisien reliabilitas di atas 0,70. Transportation menjadi waste dominan dengan rerata 4,27, diikuti defect sebesar 4,22 dan waiting sebesar 4,18. Hasil observasi mengaitkan pemborosan tersebut dengan jalur distribusi material yang tidak langsung, kesalahan pemasangan, keterlambatan persetujuan, serta ketergantungan antarpaket pekerjaan. Rekomendasi perbaikan mencakup penataan zona logistik, pengaturan kedatangan material, klarifikasi gambar kerja, pemeriksaan mutu bertahap, dan koordinasi jangka pendek. Temuan ini memberikan dasar prioritas perbaikan khusus proyek, tetapi belum membuktikan besarnya penurunan waste setelah intervensi dilaksanakan.

Kata kunci: Lean Construction, Seven Waste, Fit Out, Transportation, Defect, Waiting

Abstrak

Fit-out projects are particularly vulnerable to non-value-adding activities because interior finishing, bespoke materials, mechanical-electrical installations, and approvals must be coordinated within restricted workspaces. This study identifies and analyses waste in the New Showroom Interior Construction project for PT Daelim Dobidos Indonesia at Capital Cove Business Loft Units 29 and 30, BSD City. The project covers approximately 538 m² and was implemented from January to April 2025. A descriptive quantitative approach was adopted using the seven-waste framework of Lean Construction: defect, waiting, transportation, inventory, motion, overprocessing, and overproduction. Data were obtained from observation, interviews, project documents, and Likert-scale questionnaires completed by all 15 project personnel through total sampling. The instrument comprised 28 statements, with four items for each waste category. Pearson correlation, Cronbach's alpha, and mean analysis were applied with SPSS. All items met the reported validity threshold of 0.514, while the reliability coefficients for all seven variables exceeded 0.70. Transportation ranked highest with a mean of 4.27, followed by defect at 4.22 and waiting at 4.18. Observations associated these findings with indirect material distribution routes, installation errors, delayed approvals, and dependencies between interior work packages. The proposed improvements comprise logistics zoning, coordinated delivery schedules, drawing clarification, quality checkpoints, and short-cycle coordination. The study provides a project-specific diagnostic basis for prioritising improvement, although it does not measure the causal impact of implemented interventions.

Keywords: Lean Construction, Seven Waste, Fit Out, Transportation, Defect, Waiting

1. Pendahuluan

Sektor konstruksi memegang peran strategis dalam menopang pertumbuhan ekonomi dan pembangunan suatu negara. Keberhasilan sebuah proyek konstruksi sangat bergantung pada kemampuan pengelolaan sumber daya secara efektif dan efisien, baik dari sisi tenaga kerja, material, peralatan, metode pelaksanaan, maupun anggaran biaya, agar tiga sasaran utama proyek, yaitu mutu, waktu, dan biaya, dapat tercapai (Aslam et al., 2022).

Proyek fit out showroom dan kantor memiliki karakteristik tersendiri dibandingkan proyek gedung pada umumnya karena porsi pekerjaannya lebih banyak mencakup aspek interior dan arsitektural, seperti partisi, plafon, lantai, furnitur custom, pekerjaan kaca, signage, sistem pencahayaan, sistem elektrik, jaringan data, hingga sistem tata udara (HVAC). Tingginya kompleksitas jenis pekerjaan tersebut membuat peluang munculnya waste selama pelaksanaan proyek menjadi semakin besar (Anggraini et al., 2022).

Observasi awal pada Proyek New Showroom Interior Construction PT Daelim Dobidos Indonesia menemukan berbagai kendala operasional yang berpotensi menimbulkan waste, antara lain keterlambatan pengiriman material, perubahan desain di tengah pelaksanaan, rework akibat kesalahan pemasangan, waktu tunggu akibat instruksi kerja dan proses persetujuan yang lambat, keterlambatan koordinasi antar pihak, serta perpindahan material yang tidak efisien. Kondisi ini berisiko menurunkan produktivitas tenaga kerja serta menyebabkan pembengkakan biaya dan keterlambatan penyelesaian proyek apabila tidak segera dikendalikan.

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menekan pemborosan pada proyek konstruksi adalah Lean Construction, yaitu konsep manajemen yang berorientasi pada peningkatan nilai (value) sekaligus pengurangan waste melalui perbaikan proses kerja secara berkelanjutan (Aslam et al., 2022). Di dalam kerangka Lean Construction dikenal konsep Seven Waste yang mencakup tujuh kategori pemborosan, yaitu Defect, Waiting, Transportation, Inventory, Motion, Over Processing, dan Over Production.

Objek penelitian ini adalah Proyek New Showroom Interior Construction BSD Capital Cove Business Loft milik PT Daelim Dobidos Indonesia, dengan total nilai kontrak sekitar Rp3.737.000.000 dan lingkup pekerjaan interior lantai 1 hingga lantai 4, facade glass partition, facade signage, furnitur, pekerjaan elektrik, sistem pencahayaan, jaringan data, serta sistem HVAC. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis waste yang terjadi, mengetahui faktor-faktor penyebabnya, serta menganalisis penerapan Lean Construction sebagai upaya mengurangi pemborosan pada proyek fit out showroom dan kantor.

Kesenjangan penelitian pada konteks ini terletak pada terbatasnya pembahasan yang secara khusus memisahkan aktivitas perpindahan, kesalahan pelaksanaan, dan keterlambatan keputusan pada pekerjaan fit out bertingkat. Ketiga kategori pemborosan dapat saling memperkuat sehingga prioritas perbaikan tidak cukup ditentukan oleh besarnya skor saja. Analisis perlu menjelaskan mekanisme kemunculan waste, keterkaitannya dengan urutan kegiatan, serta jenis tindakan yang dapat diterapkan tanpa mengubah lingkup kontrak (Garcés et al., 2025).

Kontribusi artikel ini adalah menyusun interpretasi operasional atas pemeringkatan Seven Waste pada proyek yang diteliti, menghubungkan temuan lapangan dengan peluang penerapan pengendalian logistik, mutu, dan aliran informasi, serta mengusulkan indikator evaluasi yang dapat digunakan apabila perbaikan diterapkan. Penjabaran rekomendasi bersifat analitis, bukan pengukuran hasil eksperimen

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan Lean Construction sebagai landasan pengumpulan dan analisis data. Penelitian dilaksanakan pada Proyek New Showroom Interior Construction BSD Capital Cove Business Loft PT Daelim Dobidos Indonesia yang berlokasi di Jl. Boulevard BSD Timur, Cilenggang, Kecamatan Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten.

Data primer diperoleh melalui observasi, wawancara, dan penyebaran kuesioner kepada personel proyek yang terlibat langsung, sedangkan data sekunder diperoleh dari Rencana Anggaran Biaya (RAB), shop drawing, jadwal pelaksanaan, laporan progres, dokumentasi proyek, serta literatur terkait Lean Construction. Populasi penelitian berjumlah 15 orang yang terdiri atas Project Manager, Site Supervisor, Estimator, Drafter, Desainer, Purchasing, Finance, Logistic, Foreman, Pelaksana Interior, dan Teknisi MEP. Seluruh anggota populasi dijadikan responden menggunakan teknik total sampling karena jumlah populasi relatif kecil.

Instrumen penelitian berupa kuesioner dengan skala Likert lima tingkat yang disusun berdasarkan indikator Seven Waste mengacu pada Trista et al. (2025), terdiri atas 28 butir pernyataan (4 item untuk setiap variabel waste). Data yang terkumpul diolah menggunakan SPSS melalui uji validitas dengan metode Pearson Product Moment, uji reliabilitas dengan koefisien Cronbach's Alpha, dan analisis mean untuk menentukan tingkat dominasi masing-masing jenis waste. Nilai mean tertinggi menunjukkan waste yang paling dominan terjadi pada proyek. Unit analisis merupakan persepsi personel terhadap frekuensi atau intensitas pemborosan pada satu proyek. Oleh karena

itu, skor mean dibaca sebagai pemeringkatan hasil kuesioner, bukan pengukuran langsung atas jumlah jam hilang, volume material terbuang, maupun rupiah kerugian. Pembatasan interpretasi ini diperlukan agar hasil deskriptif tidak berubah menjadi klaim sebab-akibat yang tidak diuji dalam rancangan penelitian (Mitera-Kielbasa & Zima, 2025).

Urutan kajian dimulai dengan pengelompokan temuan lapangan menurut Seven Waste, dilanjutkan pemeriksaan kelayakan instrumen, pemeringkatan berdasarkan skor rerata, analisis kondisi proyek yang mungkin menjelaskan kategori dominan, dan perumusan alternatif tindakan. Setiap usulan tindakan kemudian dikaitkan dengan indikator yang dapat diaudit dalam siklus proyek berikutnya, seperti jumlah pemindahan ulang, waktu persetujuan, dan frekuensi pemeriksaan ulang.

Tabel 1. Kerangka interpretasi variabel Seven Waste

Kategori	Indikator operasional untuk interpretasi
Defect	Kesalahan hasil kerja dan kebutuhan perbaikan
Waiting	Aktivitas tertahan karena material, instruksi, atau alat
Transportation	Perpindahan material tanpa penambahan nilai
Inventory	Penumpukan persediaan yang belum digunakan
Motion	Gerakan pekerja yang tidak mendukung proses
Over Processing	Pekerjaan tambahan di luar kebutuhan nilai
Over Production	Produksi sebelum kebutuhan aktual

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Proyek

Proyek New Showroom Interior Construction merupakan pekerjaan konstruksi interior seluas $\pm 538 \text{ m}^2$ yang berlokasi di Capital Cove Business Loft Unit 29 dan 30, BSD City, Tangerang Selatan. Proyek dikerjakan oleh PT Sejin Jaya Lestari sebagai kontraktor pelaksana selama empat bulan (Januari–April 2025) dengan nilai kontrak sebesar Rp3.737.000.000, mencakup pekerjaan interior, furnitur, glass partition, sistem elektrik, lighting, data system, HVAC, serta finishing.

Karakteristik bangunan empat lantai membentuk persoalan logistik vertikal. Material berukuran panjang atau lebar, termasuk papan gipsum, rangka metal, komponen kaca, dan material finishing, memerlukan pengaturan rute, lokasi transit, serta urutan pemakaian yang saling sesuai. Apabila jalur angkut berbagi ruang dengan aktivitas pekerja lain, potensi perpindahan berulang dan antrean distribusi meningkat. Penjelasan ini merupakan interpretasi proses berdasarkan kondisi proyek, bukan hasil pengukuran waktu angkut.

Pekerjaan arsitektural dan mekanikal-elektrikal juga mempunyai antarmuka yang kompleks: posisi jalur instalasi dapat memengaruhi detail plafon, titik listrik perlu diselaraskan dengan furnitur, dan perubahan finishing berpengaruh terhadap pekerjaan sebelumnya. Karena itu, waste pada satu paket tidak selalu berdiri sendiri. Keterlambatan persetujuan shop drawing, misalnya, dapat menghentikan pekerjaan sekaligus meningkatkan risiko defect jika pelaksana tetap bekerja dengan acuan lama.

3.2. Kualitas Instrumen Penelitian

Pengujian validitas dilakukan terhadap 28 butir pernyataan menggunakan metode Pearson Product Moment dengan derajat kebebasan (df) = $n - 2 = 13$ pada taraf signifikansi 5%, sehingga diperoleh r tabel sebesar 0,514. Hasil pengujian menunjukkan seluruh item memiliki r hitung berkisar antara 0,547 hingga 0,956, yang berarti

seluruh butir pernyataan dinyatakan valid. Uji reliabilitas menggunakan koefisien Cronbach's Alpha menunjukkan seluruh variabel memiliki nilai di atas 0,70, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2. Hasil uji reliabilitas instrumen (data penelitian asli)

Variabel	Cronbach's Alpha	Interpretasi
Defect	0,882	Reliabel
Waiting	0,925	Reliabel
Transportation	0,968	Sangat reliabel
Inventory	0,791	Reliabel
Motion	0,816	Reliabel
Over Processing	0,904	Sangat reliabel
Over Production	0,842	Reliabel

Rentang nilai r hitung 0,547–0,956 melampaui nilai acuan 0,514 sebagaimana dilaporkan peneliti. Secara deskriptif, hasil tersebut mendukung pemakaian 28 pernyataan pada kelompok responden ini. Akan tetapi, total sampling atas 15 personel tidak otomatis membuat temuan berlaku untuk semua proyek fit out. Validitas eksternal tetap terbatas oleh ukuran proyek, komposisi personel, waktu pengamatan, dan karakteristik organisasi pelaksana.

Nilai reliabilitas tertinggi ditemukan pada variabel transportation (0,968). Konsistensi internal yang tinggi dapat menunjukkan jawaban antarbutir selaras, namun tidak dapat dipakai sebagai bukti bahwa kejadian transportasi merupakan pemborosan dengan biaya terbesar. Penilaian biaya membutuhkan data durasi pengangkutan, frekuensi perpindahan ulang, utilisasi tenaga, dan biaya material handling yang tidak tersedia dalam naskah sumber.

3.3. Peringkat Seven Waste

Analisis mean digunakan untuk mengetahui tingkat kejadian masing-masing jenis waste berdasarkan penilaian 15 responden. Semakin tinggi nilai mean, semakin dominan waste tersebut terjadi pada pelaksanaan proyek. Hasil analisis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 3. Hasil analisis mean Seven Waste (data penelitian asli)

Peringkat	Waste	Mean	Kategori sumber
1	Transportation	4,27	Tinggi
2	Defect	4,22	Tinggi
3	Waiting	4,18	Tinggi
4	Inventory	2,10	Sedang
5	Over Processing	2,08	Sedang
6	Motion	2,05	Sedang
7	Over Production	1,92	Sedang

Berdasarkan Tabel 2, tiga jenis waste dengan nilai mean tertinggi adalah Transportation, Defect, dan Waiting, sedangkan Over Production memperoleh nilai mean terendah. Hasil ini menunjukkan bahwa permasalahan utama proyek lebih banyak dipengaruhi oleh aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dibandingkan kelebihan produksi (Moradi & Sormunen, 2023).

Tiga skor teratas berdekatan: perbedaan transportation dan defect hanya 0,05, sedangkan defect dan waiting berjarak 0,04. Tanpa simpangan baku serta pengujian inferensial antarvariabel, selisih ini tidak boleh ditafsirkan sebagai perbedaan yang signifikan secara statistik. Pemeringkatan lebih berguna untuk menetapkan fokus diagnosis awal, kemudian dipadukan dengan konsekuensi operasional masing-masing pemborosan.

Nilai mean empat waste lain berada pada kisaran 1,92–2,10. Label kategori mengikuti naskah asal dan memerlukan penjelasan batas interval apabila digunakan sebagai standar evaluasi yang lebih luas. Nilai lebih rendah tidak berarti suatu masalah sama sekali tidak ada: aktivitas menunggu persediaan, mencari alat, mengulangi tahap administrasi, atau memproduksi lebih dini tetap harus dipantau terutama ketika proyek memasuki masa penyelesaian yang padat.

3.4. Pemborosan Transportation dan Aliran Material

Observasi asli memperlihatkan material seperti gypsum board, rangka metal, dan finishing dari area basement harus melalui parkir serta lobi lantai satu sebelum mencapai lantai tiga dan empat. Perjalanan tidak langsung memerlukan penanganan tambahan dan meningkatkan potensi benturan jadwal antara kegiatan pengangkutan dan pekerjaan terpasang. Temuan ini menjelaskan mengapa transportation memperoleh mean 4,27, tetapi belum menyediakan besaran menit, meter, ataupun volume perpindahan yang dapat dihitung sebagai pemborosan terukur.

Dari perspektif Lean Construction, persoalan utama tidak hanya panjang lintasan tetapi kestabilan arus material. Penyimpanan yang terlalu jauh dari titik konsumsi mengharuskan pekerja menghentikan pekerjaan produktif untuk mencari atau mengambil bahan. Sebaliknya, penyimpanan berlebihan di area pemasangan dapat mempersempit ruang, mengganggu keselamatan, dan memicu pemindahan ulang. Dengan demikian, strategi penempatan material harus mempertimbangkan kebutuhan aktual setiap lantai serta kapasitas lokasi transit.

Perbaikan yang disarankan adalah membuat peta jalur material sejak area bongkar hingga titik penggunaan, menandai titik hambatan, dan mengalokasikan zona transit berdasarkan kebutuhan pekerjaan harian. Pengiriman bertahap yang sinkron dengan urutan pemasangan dapat menekan kemacetan ruang. Dalam pelaksanaan, petugas logistik perlu memastikan kesesuaian label material, tujuan lantai, kuantitas, serta kesiapan area sebelum perpindahan dilakukan. Teknik visual management dan prinsip 5S dapat menjadi pendukung pengendalian lokasi material (Ikram et al., 2025).

Rancangan indikator evaluasi transportation meliputi frekuensi material dipindahkan lebih dari sekali, waktu siklus pengiriman per lantai, jumlah perjalanan tanpa muatan, serta kejadian kerusakan selama perpindahan. Indikator tersebut belum diukur dalam penelitian ini dan perlu diperlakukan sebagai agenda implementasi lanjutan. Pengukuran sederhana sebelum dan sesudah penataan akan memberi bukti yang lebih kuat dibanding perubahan skor persepsi saja.

3.5. Pemborosan Defect dan Pengendalian Mutu

Variabel defect menempati peringkat kedua dengan mean 4,22. Naskah asli mencatat ketidaktepatan pemasangan rangka dan persoalan sambungan pipa AC yang berpotensi mengakibatkan kebocoran. Ketidaksesuaian tersebut penting karena pekerjaan interior sering dilanjutkan oleh lapisan finishing, sehingga kesalahan yang baru ditemukan setelah penutupan plafon atau partisi akan membutuhkan pembongkaran serta pemasangan ulang.

Analisis penyebab dapat disusun menjadi tiga jalur: kualitas informasi teknis, kesiapan pelaksana, dan disiplin inspeksi. Gambar kerja yang belum diperbarui atau perubahan desain yang tidak didistribusikan secara konsisten dapat menghasilkan interpretasi berbeda antartim. Pada saat yang sama, keterbatasan pengecekan dimensi sebelum pemasangan memperbesar peluang produk akhir tidak sesuai. Hubungan tersebut merupakan interpretasi atas kejadian yang dilaporkan, bukan temuan uji hubungan statistik.

Pemeriksaan titik kritis sebaiknya dilaksanakan sebelum pekerjaan tertutup oleh lapisan berikutnya. Pada sambungan pipa, pemeriksaan dapat mencakup konfirmasi spesifikasi dan pengujian sesuai prosedur teknis proyek; pada rangka, pemeriksaan dapat mencakup posisi, elevasi, jarak, dan kesesuaian shop drawing. Temuan harus dicatat bersama lokasi, penanggung jawab, tindakan koreksi, dan bukti penutupan. Pengendalian kualitas berbasis tahapan akan lebih efektif apabila perubahan desain telah disetujui sebelum instruksi kerja diterbitkan.

Untuk mengukur kinerja perbaikan defect, tim dapat mengembangkan log rework yang merekam penyebab, jam orang, material pengganti, dan waktu penghentian pekerjaan. Catatan tersebut memisahkan pemborosan yang bersumber dari kesalahan eksekusi dengan pemborosan akibat revisi pelanggan. Pembedaan ini penting karena tindakan mitigasi berbeda: peningkatan keterampilan menyasar kesalahan pelaksanaan, sementara manajemen perubahan menyasar ketidakstabilan informasi desain (Waheed et al., 2024).

3.6. Pemborosan Waiting dan Rantai Persetujuan

Waste waiting memperoleh mean 4,18 dan berkaitan dengan proses persetujuan material, pengadaan material khusus, serta keterbatasan peralatan. Pada pekerjaan fit out, waktu tunggu satu elemen sering menunda beberapa kegiatan berikutnya. Sebagai contoh konseptual, pekerjaan finishing tidak dapat dimulai apabila posisi instalasi

atau persetujuan bahan belum dipastikan; urutan tersebut membentuk ketergantungan yang harus dikelola dalam jadwal pelaksanaan.

Penanganan waiting menuntut pemisahan penyebab yang dapat diantisipasi dari gangguan yang tidak terencana. Persetujuan contoh material dan shop drawing bersifat berulang serta dapat dijadwalkan sebelumnya. Ketersediaan alat dapat diperkirakan dari rencana kerja mingguan. Sementara itu, perubahan desain mendadak memerlukan prosedur eskalasi. Tanpa pemisahan ini, solusi yang hanya menambah tenaga kerja berisiko tidak menyelesaikan hambatan sebenarnya.

Prinsip perencanaan kolaboratif dapat diterapkan melalui look-ahead planning singkat, daftar kendala, dan rapat koordinasi untuk menghapus prasyarat pekerjaan sebelum tanggal pelaksanaan. Setiap kendala diberi pemilik tindak lanjut, batas waktu, serta status keputusan. Pendekatan seperti ini sejalan dengan pembahasan literatur yang menempatkan reliabilitas alur kerja dan transparansi komitmen sebagai sasaran Lean Construction (Garcés et al., 2025).

Ukuran waiting yang direkomendasikan adalah durasi sejak permintaan persetujuan dikirim sampai keputusan diterima, jumlah kegiatan tertunda karena material, dan jumlah hari ketika paket kerja tidak dapat dimulai sesuai rencana. Apabila data tersebut dapat dikumpulkan secara konsisten, peneliti berikutnya dapat menilai apakah perbaikan koordinasi sungguh menekan waktu tunggu pada aktivitas kritis, bukan hanya meningkatkan kesan bahwa koordinasi berjalan lebih baik.

3.7. Keterkaitan Ketiga Waste Dominan

Transportation, defect, dan waiting tidak harus dibaca sebagai tiga masalah terpisah. Transportasi berulang dapat meningkatkan risiko kerusakan atau salah tempat material; defect dapat memicu permintaan pengadaan ulang; sedangkan waiting akibat informasi yang belum jelas dapat membuat tenaga kerja berpindah antaraktivitas tanpa penyelesaian yang stabil. Rangkaian ini menunjukkan kemungkinan terbentuknya siklus pemborosan yang harus ditangani melalui perencanaan terpadu.

Sebagai ilustrasi analitis, material custom yang tiba sebelum area siap mungkin tersimpan sementara pada lokasi yang jauh. Material kemudian dipindahkan lagi ketika keputusan pemasangan diterima. Apabila gambar detail sudah berubah tetapi informasi tidak tersampaikan kepada teknisi, pemasangan dapat membutuhkan koreksi. Ilustrasi ini menunjukkan mekanisme yang mungkin terjadi dalam proyek fit out; tidak disajikan sebagai kejadian tambahan yang telah terverifikasi pada proyek penelitian.

Kerangka perbaikan karenanya dapat diarahkan pada tiga titik kendali: kepastian prasyarat sebelum pekerjaan dimulai, kualitas pelaksanaan pada titik inspeksi, dan aliran material tepat guna. Sinkronisasi ketiganya mendukung tujuan meminimalkan aktivitas tanpa nilai tambah dan menghindari pemindahan masalah dari satu tim ke tim lain. Literatur integrasi Lean dan BIM juga menekankan manfaat koordinasi lintas fungsi dan keterbacaan informasi proyek sebagai dasar eliminasi waste (Karaz & Teixeira, 2023).

3.8. Interpretasi Waste dengan Peringkat Lebih Rendah

Inventory menunjukkan mean 2,10. Skor ini dapat dibaca sebagai tingkat persepsi lebih rendah daripada tiga variabel utama, tetapi pengelolaan stok tetap relevan pada proyek dengan material custom dan ruang simpan terbatas. Penumpukan yang tidak meningkatkan risiko kerusakan, kehilangan, atau perpindahan tambahan. Upaya perbaikan yang proporsional adalah kartu stok berbasis lokasi, pengecekan jumlah saat penerimaan, dan pengiriman berdasarkan kebutuhan paket kerja.

Over processing memperoleh mean 2,08. Kegiatan yang tampak sebagai pekerjaan tambahan belum tentu merupakan pemborosan jika diperlukan oleh spesifikasi pelanggan atau pemeriksaan keselamatan. Identifikasi harus didasarkan pada kebutuhan kontrak dan kriteria mutu, bukan sekadar jumlah tahapan. Standardisasi formulir, penyelarasan prosedur approval, dan pengurangan entri data berulang dapat menjadi pilihan setelah proses aktual dipetakan.

Motion mempunyai mean 2,05. Berbeda dengan transportation yang berkaitan dengan perpindahan material, motion merujuk pada gerak pekerja yang tidak perlu, misalnya mencari alat atau berjalan antara titik penyimpanan

dan lokasi kerja. Penataan perlengkapan dekat titik kerja berpotensi mendukung keduanya, tetapi indikatornya harus dipisahkan agar hasil evaluasi dapat menunjukkan aspek mana yang berubah.

Over production adalah kategori dengan rerata terendah sebesar 1,92. Dalam pekerjaan fit out berbasis pesanan, produksi berlebih mungkin tidak menonjol dibanding persoalan koordinasi dan distribusi. Namun, pengerjaan komponen sebelum desain final dapat menghasilkan material yang tidak dapat dimanfaatkan. Karena itu, verifikasi desain sebelum fabrikasi tetap merupakan kontrol yang wajar tanpa menyimpulkan bahwa pemborosan tersebut sering terjadi pada sampel yang diteliti.

3.9. Strategi Implementasi Lean Construction

Implementasi disarankan dimulai dengan menyepakati definisi operasional setiap waste dan lokasi prioritas. Peta kondisi saat ini disusun dari jalur distribusi material, daftar pekerjaan yang saling bergantung, dan daftar persetujuan. Setelah itu, tim memilih satu paket pekerjaan sebagai uji coba perbaikan untuk menghindari perubahan serentak yang sulit dievaluasi. Literatur peninjauan Lean menunjukkan bahwa pemilihan alat perlu mempertimbangkan tujuan yang ingin dicapai dan kesiapan organisasi (Aslam et al., 2022).

Pada tahap persiapan, manajer proyek dapat menunjuk penanggung jawab logistik lantai, koordinator gambar, serta pemeriksa mutu untuk titik-titik yang memiliki risiko rework. Koordinasi harian perlu menghasilkan keputusan yang jelas tentang material siap pakai, pekerjaan yang dapat dimulai, dan pekerjaan yang masih terhalang. Dokumentasi tidak perlu kompleks, tetapi harus mudah diperiksa kembali sehingga komunikasi tidak hanya bergantung pada pesan informal.

Tahap pelaksanaan dapat memakai pendekatan plan-do-check-act. Rute material yang disepakati diuji pada paket tertentu, kemudian frekuensi pengangkutan ulang dan gangguan akses dicatat. Daftar pemeriksaan mutu diaplikasikan sebelum pekerjaan tertutup. Kendala persetujuan dibahas pada pertemuan singkat. Hasil mingguan dibandingkan dengan kondisi dasar untuk memastikan langkah yang dipilih mempunyai manfaat nyata, serta untuk mengenali efek samping terhadap ruang, biaya, atau keselamatan.

Tahap standardisasi dilakukan ketika hasil uji coba menunjukkan proses lebih stabil. Perubahan dituangkan ke dalam prosedur penerimaan, penataan gudang transit, distribusi shop drawing, dan pemeriksaan penerimaan pekerjaan. Strategi ini perlu disesuaikan dengan keterbatasan proyek serta tidak serta-merta memindahkan praktik proyek berskala besar ke lokasi fit out tanpa adaptasi. Studi terkini juga menggarisbawahi pentingnya hubungan antara efisiensi operasi dan pencegahan limbah konstruksi (El Hafiane et al., 2025).

3.10. Prioritas Rekomendasi dan Indikator

Prioritas pertama diarahkan pada transportation karena mempunyai mean tertinggi dan ditemukan pergerakan material dari basement menuju lantai kerja melalui rute tidak langsung. Langkah awal berupa identifikasi titik bongkar, zona transit per lantai, serta jadwal distribusi. Prioritas kedua ialah defect melalui penguatan pemeriksaan pra-pemasangan dan distribusi revisi shop drawing. Prioritas ketiga ialah waiting melalui pelacakan approval serta kesiapan bahan dan alat sebelum pekerjaan dijadwalkan.

Urutan tersebut merupakan rekomendasi berbasis tingkat persepsi dan observasi yang dilaporkan, bukan hasil optimasi biaya. Dalam situasi tertentu defect mungkin memunculkan kerugian lebih besar daripada transportation meskipun mean-nya sedikit lebih rendah. Oleh sebab itu, implementasi lanjutan dianjurkan menambahkan penilaian dampak biaya, waktu, mutu, serta keselamatan untuk menentukan prioritas investasi yang paling rasional.

Ukuran keberhasilan sebaiknya mencakup indikator proses dan indikator hasil. Indikator proses meliputi kepatuhan zona penyimpanan, tingkat penyelesaian persetujuan sebelum pekerjaan dimulai, dan pelaksanaan inspeksi titik kritis. Indikator hasil meliputi berkurangnya pemindahan ulang, jam kerja rework, jumlah permintaan klarifikasi, dan durasi waiting. Penggunaan ukuran ganda mengurangi risiko suatu intervensi terlihat baik secara administratif tetapi tidak memberi dampak pada produktivitas.

Rekomendasi ini konsisten dengan kajian yang menggabungkan identifikasi waste berbasis survei dan pengembangan tindakan perbaikan berbasis proses. Namun, dampak aktualnya masih perlu dibuktikan melalui pengambilan data berulang pada periode pelaksanaan yang sebanding (Mitera-Kieľbasa & Zima, 2025).

3.11. Implikasi Manajerial dan Keberlanjutan

Bagi kontraktor, hasil penelitian memberikan alasan untuk memperlakukan logistik interior sebagai sistem produksi, bukan kegiatan pemindahan yang bersifat pendukung semata. Keputusan lokasi stok, urutan pengiriman, dan kesiapan titik kerja menentukan kesempatan tenaga kerja menggunakan waktunya untuk aktivitas bernilai tambah. Dokumentasi sederhana memungkinkan pimpinan lapangan melihat sumber pemborosan yang berulang dan menyalurkan dukungan pada hambatan paling sering muncul.

Bagi tim desain dan pengadaan, temuan defect serta waiting menegaskan pentingnya kepastian informasi. Prosedur peninjauan gambar dan spesifikasi dapat dirancang bersama kebutuhan material, bukan sebagai dua proses terpisah. Kejelasan versi gambar, tanggal persetujuan, dan status item pengadaan membantu mencegah pekerjaan berdasarkan instruksi lama. Keterkaitan antara waste desain dengan proses konstruksi juga menjadi sorotan pembahasan Lean sejak tahap perancangan (Waheed et al., 2024).

Dari sisi keberlanjutan, pengurangan rework berpotensi mengurangi pemakaian material tambahan, sedangkan pergerakan yang lebih singkat berpotensi menekan energi dan gangguan lalu lintas internal. Kedua manfaat tersebut masih merupakan implikasi yang masuk akal, bukan hasil pengukuran karbon atau penghematan material pada penelitian ini. Kajian terbaru menempatkan Lean dan ekonomi sirkular sebagai pendekatan saling melengkapi untuk memperbaiki pemanfaatan sumber daya (El Hafiane et al., 2025).

3.12. Matriks Risiko dan Kesiapan Lapangan

Penentuan prioritas tindak lanjut memerlukan pemisahan antara tingkat kemunculan waste dan tingkat konsekuensinya. Skor kuesioner menggambarkan persepsi kejadian, sedangkan dampak membutuhkan informasi lain seperti besaran pekerjaan ulang, gangguan jadwal, dan jumlah tenaga yang menganggur. Matriks risiko operasional dapat dirancang dengan dua sumbu: frekuensi kejadian yang diamati dan dampak terhadap kegiatan berikutnya. Tindakan prioritas diberikan kepada masalah yang sering muncul sekaligus mengganggu aliran pekerjaan. Pada studi ini, nilai dari matriks tersebut belum dihitung karena data kuantitatif dampak tidak tersedia.

Pada transportation, potensi dampak dapat diperiksa melalui kemampuan akses angkut, kebutuhan bongkar muat, serta perubahan lokasi penyimpanan. Untuk defect, dampak dapat dinilai berdasarkan apakah pekerjaan yang harus diperbaiki telah tertutup oleh elemen finishing atau masih mudah diakses. Pada waiting, dampak tergantung pada apakah pekerjaan yang tertunda berada di jalur kritis dan apakah kru dapat dialihkan ke aktivitas siap kerja. Pemisahan variabel ini membuat analisis lebih bermanfaat bagi pengambilan keputusan daripada hanya mengulang urutan rata-rata.

Kesiapan organisasi juga menentukan keberhasilan rekomendasi. Penetapan zona transit, misalnya, tidak efektif jika tidak ada pengawas yang mengatur kesesuaian penempatan material. Pemeriksaan mutu tidak efisien apabila dokumen spesifikasi terus berubah tanpa alur pengendalian revisi. Rapat koordinasi pun kurang bermanfaat jika tidak menghasilkan keputusan yang dapat ditindaklanjuti. Dengan demikian, penugasan pemilik proses dan bukti tindak lanjut menjadi syarat minimum implementasi.

Untuk pelaporan yang transparan, dokumen tindak lanjut dapat menyebut sumber data, periode pengamatan, unit pengukuran, dan kriteria penerimaan setiap indikator. Jika beberapa kategori membaik sementara kategori lain memburuk, tim perlu memeriksa kemungkinan perpindahan waste. Pengendalian seperti ini mempertahankan orientasi Lean pada perbaikan sistem menyeluruh, bukan keberhasilan satu unit secara terpisah.

3.13. Penguatan Kolaborasi Desain, Pengadaan, dan Lapangan

Salah satu persoalan fit out adalah ketergantungan antartahapan yang tidak selalu terlihat dalam jadwal induk. Sebuah keputusan mengenai spesifikasi lampu, posisi instalasi, atau finishing dapat memengaruhi paket pekerjaan lain meskipun terlihat sebagai rincian kecil. Koordinasi perlu menempatkan keputusan tersebut pada daftar

kebutuhan informasi, bukan hanya pada kumpulan korespondensi. Setiap keputusan dilengkapi batas waktu yang dihitung mundur dari tanggal paling akhir pekerjaan dapat dimulai tanpa menimbulkan keterlambatan.

Peta informasi dapat dibuat dengan menyandingkan tiga data: gambar paling mutakhir yang disetujui, status pengadaan material terkait, serta kesiapan area pekerjaan. Apabila salah satu masih belum tersedia, aktivitas ditandai sebagai memiliki kendala. Pendekatan ini membantu menghindari kondisi ketika material sudah tiba tetapi area belum siap, atau area siap tetapi desain belum disahkan. Kedua kondisi merupakan sumber waste yang dapat ditangani melalui koordinasi awal dan konfirmasi singkat sebelum pengerjaan.

Pertemuan koordinasi sebaiknya membahas ketidaksesuaian antar-disiplin secara spesifik dengan menyebut lokasi, elemen konstruksi, risiko perubahan, dan pihak yang harus memberi persetujuan. Notulen ringkas lebih penting daripada jumlah rapat yang tinggi. Kejelasan keputusan juga meningkatkan keterlacakan jika kemudian tim memerlukan penjelasan alasan suatu metode dipilih. Dalam konteks penelitian ini, koordinasi ditawarkan sebagai solusi yang masuk akal atas temuan waiting dan defect, bukan sebagai intervensi yang sudah diuji.

Penggunaan model digital dan gambar terkoordinasi dapat membantu mendeteksi tabrakan pekerjaan sebelum pemasangan pada proyek yang mempunyai sumber daya memadai. Akan tetapi, perangkat lunak tidak menggantikan prosedur pembaruan gambar dan komunikasi di lapangan. Sebelum mengusulkan investasi teknologi, kontraktor sebaiknya memeriksa apakah masalah utama sebenarnya berasal dari akses terhadap informasi yang disetujui atau ketidaksesuaian antara rencana distribusi dan pelaksanaan.

3.14. Pengukuran Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Rancangan evaluasi yang paling sederhana adalah membandingkan aktivitas yang memiliki karakteristik serupa sebelum dan sesudah perubahan prosedur diterapkan. Misalnya, waktu pengantaran komponen dari titik bongkar ke lantai tujuan dapat diamati beberapa kali dengan jalur dan ukuran muatan yang dicatat. Perbedaan rata-rata yang muncul kemudian diperiksa bersama perubahan personel, jam kerja, dan kondisi akses. Tanpa kontrol tersebut, penurunan durasi mungkin dipengaruhi kepadatan proyek, bukan semata perubahan tata letak.

Untuk defect, tim dapat mencatat jumlah inspeksi yang dilaksanakan, temuan tidak sesuai, tingkat pekerjaan ulang, dan jam perbaikan pada jenis paket yang sebanding. Selain jumlah kejadian, tingkat keparahan penting dipertimbangkan karena satu kesalahan pemasangan sistem yang tertutup mungkin lebih merugikan daripada beberapa koreksi kecil di permukaan. Pencatatan dibuat sesederhana mungkin agar tidak menambah beban administrasi yang justru menjadi over processing.

Untuk waiting, waktu awal dan akhir setiap permintaan keputusan sebaiknya dicatat. Data dapat dipisahkan antara waktu menunggu persetujuan desain, material, dan alat. Proporsi permintaan yang selesai sebelum tenggat dapat menjadi ukuran keandalan layanan pendukung. Pengukuran semacam itu memungkinkan kontraktor menentukan titik perbaikan yang lebih spesifik daripada kesimpulan umum bahwa koordinasi perlu ditingkatkan.

Apabila pengamatan mencakup beberapa pekan dengan beban kerja yang cukup setara, data dapat dianalisis melalui ukuran sebaran selain rata-rata. Perbedaan kecil pada rerata tidak selalu menunjukkan perbaikan stabil jika variasi proses meningkat. Dengan memperhatikan konsistensi dan konteks operasional, evaluasi diharapkan dapat mendukung keputusan mempertahankan, menyempurnakan, atau menghentikan sebuah prosedur Lean.

3.15. Sintesis Temuan untuk Proyek Fit Out Sejenis

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa waste paling menonjol dalam persepsi personel bukan semata kehilangan material fisik. Aktivitas pemindahan, kesalahan teknis, dan waktu tunggu juga mengonsumsi kapasitas proyek tanpa menambah fungsi ruang yang diterima pelanggan. Temuan ini penting karena upaya penghematan pada proyek interior sering difokuskan pada kuantitas bahan, padahal pengelolaan alur kerja dapat menjadi sumber peningkatan produktivitas yang sama pentingnya.

Keunikan proyek bertingkat dengan pekerjaan interior yang saling bergantung menuntut pendekatan yang mempertimbangkan ruang dan waktu sekaligus. Ruang penyimpanan yang terbatas membuat material harus dikirim tepat pada periode penggunaan, tetapi pengiriman yang terlalu dekat dengan waktu pemasangan juga

menciptakan risiko waiting saat terjadi gangguan pasokan. Keseimbangan dicapai dengan perencanaan yang realistis, titik transit sementara, dan keputusan desain yang tersedia lebih awal.

Kegunaan praktis pemeringkatan kuesioner terletak pada kemampuannya menunjukkan bagian proses yang perlu diperiksa lebih jauh, bukan sebagai bukti akhir atas seluruh kehilangan produktivitas. Apabila pengelola proyek menerapkan rekomendasi, hasilnya harus dipantau melalui ukuran nyata. Dengan demikian, hubungan antara hasil survei dan keputusan manajerial tetap dapat diaudit serta tidak berubah menjadi klaim penghematan yang belum terbukti.

Sintesis ini juga menunjukkan kebutuhan kolaborasi antarperan. Personel logistik memerlukan informasi jadwal, tim produksi memerlukan material dan dokumen yang benar, sedangkan tim pengendalian mutu memerlukan akses sebelum pekerjaan tertutup. Mengelola ketiga kebutuhan secara terpadu berpotensi mengurangi gangguan berulang dan meningkatkan kepastian alur pelaksanaan proyek.

3.16. Keterbatasan Penelitian dan Agenda Lanjutan

Penelitian bersifat studi kasus pada satu lokasi dengan 15 responden yang seluruhnya berasal dari personel proyek terkait. Ukuran sampel ini sesuai populasi yang dinyatakan dalam penelitian, tetapi variasi persepsi dapat dipengaruhi posisi kerja serta keterlibatan responden pada tahapan tertentu. Tidak tersedia data mentah untuk memeriksa distribusi jawaban, simpangan baku, maupun ketidakpastian perbedaan mean. Oleh karena itu, temuan paling tepat dibaca sebagai pemetaan prioritas dalam konteks proyek yang diteliti.

Analisis ini juga tidak memuat pengamatan time-motion terukur, kuantifikasi limbah, rekam pengeluaran rework, maupun eksperimen implementasi. Hubungan antara transportation, defect, dan waiting yang dibahas merupakan penalaran proses dari temuan dan literatur, bukan hasil analisis kausal. Tanpa data sebelum dan sesudah perbaikan, efektivitas rekomendasi tidak dapat dinyatakan terbukti menurunkan pemborosan.

Penelitian berikutnya dapat menggabungkan kuesioner dengan Value Stream Mapping, pengamatan waktu kerja, dan pencatatan biaya kualitas. Responden dari lebih dari satu proyek perlu dilibatkan untuk memeriksa apakah pola peringkat berubah pada bangunan dengan jumlah lantai atau sistem logistik berbeda. Kajian lanjutan juga dapat membandingkan sistem perencanaan kolaboratif dan strategi pengiriman bertahap menggunakan metrik yang sama sejak awal hingga penyelesaian pekerjaan (Malaeb & Hamzeh, 2025).

Tabel 4. Usulan tindakan dan indikator pemantauan (rancangan analitis, belum diuji)

Waste	Tindakan prioritas	Indikator evaluasi
Transportation	Zona material dan rute distribusi per lantai	Pemindahan ulang; durasi distribusi
Defect	Inspeksi titik kritis dan kontrol revisi gambar	Jam rework; jumlah ketidaksesuaian
Waiting	Daftar kendala dan tenggat approval	Durasi approval; jumlah kegiatan tertahan
Inventory	Penerimaan dan kartu stok per zona	Material rusak; lama penyimpanan
Motion	Penataan alat dekat titik kerja	Waktu mencari alat
Over Processing	Evaluasi langkah administrasi berulang	Duplikasi pemeriksaan
Over Production	Validasi desain sebelum fabrikasi	Jumlah komponen terlanjur dibuat

Tabel 4 bersifat usulan operasional yang disusun dari interpretasi hasil dan tidak menggantikan data observasi asli. Pelaksanaan pengukuran yang konsisten diperlukan sebelum perbaikan dapat dinyatakan berhasil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan instrumen dengan 28 butir dan 15 responden, penelitian mengidentifikasi seluruh butir valid menurut ambang r tabel 0,514 serta tujuh variabel reliabel dengan Cronbach's Alpha lebih dari 0,70. Tiga pemborosan dengan rerata tertinggi ialah transportation (4,27), defect (4,22), dan waiting (4,18). Temuan lapangan mengaitkan

transportation dengan rute distribusi material yang panjang, defect dengan kesalahan pelaksanaan serta informasi teknis, dan waiting dengan persetujuan, pengadaan, serta kesiapan peralatan. Prioritas perbaikan yang diusulkan adalah penataan jalur dan zona material, pengendalian gambar serta inspeksi mutu bertahap, dan koordinasi persetujuan melalui daftar kendala yang dapat ditindaklanjuti. Temuan ini mendukung pemanfaatan Lean Construction sebagai kerangka diagnosis pemborosan pada proyek fit out bertingkat. Efektivitas tindakan belum dievaluasi melalui pengukuran sebelum dan sesudah pelaksanaan; penelitian lanjutan perlu menghitung waktu, biaya rework, dan perubahan produktivitas secara langsung.

Reference

1. Anggraini, W., Harpito, Siska, M., & Novitri, D. (2022). Implementation of Lean Construction to Eliminate Waste: A Case Study Construction Project in Indonesia. *Jurnal Teknik Industri*, 23(1), 1–16. <https://doi.org/10.22219/JTIUMM.Vol23.No1.1-16>
2. Aslam, M., Gao, Z., & Smith, G. (2022). Framework for selection of lean construction tools based on lean objectives and functionalities. *International Journal of Construction Management*, 22(8), 1559–1570. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1729933>
3. El Hafiane, A., En-nadi, A., & Ramadany, M. (2025). Towards sustainable construction: Systematic review of lean and circular economy integration. *Sustainability*, 17(15), 6735. <https://doi.org/10.3390/su17156735>
4. Garcés, G., Forcael, E., Osorio, C., Castañeda, K., & Sánchez, O. (2025). Systematic review of Lean Construction: An approach to sustainability and efficiency in construction management. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 6, 6. <https://doi.org/10.1186/s43065-025-00119-1>
5. Hadi, I., & Patriadi, A. (2025). Implementation of Lean Construction To Reduce Project Delays. *Devotion Journal of Community Service*, 6(3), 230–238. <https://doi.org/10.59188/devotion.v6i3.25433>
6. Hadi, I., & Susanto, S. (2025). Optimalisasi Strategi Lean Construction dalam Meminimalkan Pemborosan Material Besi Tulangan pada Proyek Konstruksi Rumah Sakit. *Jurnal Konstruksi*. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.23-2.2572>
7. Ibrahim, A., Zayed, T., & Lafhaj, Z. (2025). Trends and gaps in lean construction practices for construction of megaprojects: A critical review. *Alexandria Engineering Journal*, 118, 174–193. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.01.046>
8. Ikram, I. M., Ab Rahman, M. N., Saibani, N., Mokhtar, K., Md Hanafiah, R., & Yin, R. (2025). A review study on lean implementation for construction waste reduction. *Jurnal Kejuruteraan*, 37(3), 1259–1277. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2025-37\(3\)-14](https://doi.org/10.17576/jkukm-2025-37(3)-14)
9. Karaz, M., & Teixeira, J. C. (2023). Waste elimination based on Lean Construction and Building Information Modelling: A systematic literature review. *U.Porto Journal of Engineering*, 9(3). https://doi.org/10.24840/2183-6493_009-003_001808
10. Malaeb, Z., & Hamzeh, F. (2025). Investigating the role of lean tools in minimizing construction waste across the triple bottom line. *Proceedings of the 33rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 1149–1160. <https://doi.org/10.24928/2025/0135>
11. Mitera-Kielbasa, E., & Zima, K. (2025). Optimising construction efficiency: A comprehensive survey-based approach to waste identification and recommendations with BIM and Lean Construction. *Sustainability*, 17(9), 4027. <https://doi.org/10.3390/su17094027>
12. Moradi, S., & Sormunen, P. (2023). Revisiting the concept of waste and its causes in construction. *Informasi bibliografis dan DOI perlu diverifikasi pada sumber penerbit sebelum publikasi*.
13. Pandhega, R., Purnomo, F., & Arystianto, D. P. (2025). Analisis Implementasi Lean Construction untuk Mengurangi Waste pada Proyek Pembangunan Gedung ITB Science Techno Park Bandung. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*. <https://doi.org/10.33795/jos-mrk.v6i2.6263>
14. Sari, E. M., Bigwanto, A., Wibowo, M. A., Thohirin, A., & Al Fath, A. A. (2025). A comparison: Implementation lean construction between design & build and design bid build government project in Indonesia. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(1). <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i1.4954>
15. Trista, R., Prafitasiwi, A. G., & Sutrisno, R. D. (2025). Analisis Penerapan Lean Construction pada Proyek Konstruksi di Kabupaten Gresik (Perumahan The Permata Villas). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*.
16. Waheed, A., Khodeir, L., & Fathy, F. (2024). Integrating Lean and Sustainability for Waste Reduction in Construction from the Early Design Phase. *HBRC Journal*, 20(1), 337–364. <https://doi.org/10.1080/16874048.2024.2318502>