

Analisis Non-Physical Waste (Waiting) pada Pelaksanaan Proyek Bangunan Gedung di PT. X Menggunakan Lean Construction Tools

Refia Alaida¹, Anisah², Anang Wirdianto³
Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Jakarta^{1,2,3}

*Email Korespondensi: refiaalaida_1503621028@mhs.unj.ac.id

Sejarah Artikel:

Diterima 01-08-2025
Disetujui 11-08-2025
Diterbitkan 13-08-2025

ABSTRACT

This study examines the non-physical waiting waste categories that occur in building projects at PT. X. The objectives of this study were to identify the causes of waiting in project implementation, analyze schedule deviations due to waiting waste categories, and develop improvement strategies to minimize waiting waste categories. The method used was descriptive quantitative, with data obtained through a documentary study of Lean Construction implementation reports from five building projects. Validation was conducted through interviews with construction experts to ensure the suitability of the materials for the field conditions. The identification results indicated that material shortages were the most dominant factor causing waiting waste, with a total of 62 incidents. Other factors that occurred quite frequently were labor shortages (34 incidents) and unprepared areas (28 incidents). Deviation analysis showed that the average deviation due to waiting across all projects was 5.25 days, or 29% of the project duration. Project C recorded the highest percentage of deviations (80%) due to the short project duration, resulting in very limited slack. In contrast, Project E had the largest average time deviation (11.79 days) even though the percentage was only 25%, because the long work duration provided greater time leeway so that the accumulated waiting had a significant impact. As an effort to minimize waiting waste, it is recommended to consistently implement Look Ahead Planning to identify obstacles early, ensure work area readiness, and improve coordination between material, tool, and other resource providers. This approach is in line with the Lean Construction principle of reducing waste and increasing the efficiency of project implementation schedules.

Keywords: *Waiting, Non-Physical Waste, Project Schedule, Critical Path Method*

ABSTRAK

Penelitian ini membahas non-physical waste kategori waiting yang terjadi pada proyek bangunan gedung di PT. X. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya waiting dalam pelaksanaan proyek, menganalisis deviasi jadwal akibat waste kategori waiting, serta merumuskan strategi perbaikan untuk meminimalisir waste kategori waiting. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, dengan data diperoleh melalui studi dokumentasi berupa laporan penerapan lean construction dari lima proyek bangunan gedung. Validasi dilakukan melalui wawancara dengan pakar untuk memastikan kesesuaian temuan dengan kondisi lapangan. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa faktor paling dominan penyebab waste waiting adalah kekurangan material dengan total 62 kejadian. Faktor lain yang

cukup sering terjadi adalah kekurangan tenaga kerja (34 kejadian) dan area belum siap (28 kejadian). Analisis deviasi menunjukkan bahwa rata-rata deviasi akibat waiting di seluruh proyek adalah sebesar 5,25 hari atau 29% dari durasi pekerjaan. Proyek C mencatat persentase deviasi tertinggi (80%) karena durasi pekerjaan yang pendek, sehingga slack sangat terbatas. Sebaliknya, Proyek E memiliki deviasi rata-rata waktu terbesar (11,79 hari) meskipun persentasenya hanya 25%, karena durasi pekerjaan yang panjang memberikan kelonggaran waktu lebih besar sehingga akumulasi waiting berdampak signifikan. Sebagai upaya meminimalkan waste waiting, disarankan penerapan Look Ahead Planning secara konsisten untuk memetakan hambatan lebih awal, memastikan kesiapan area kerja, serta meningkatkan koordinasi antar penyedia material, alat, dan sumber daya lainnya. Pendekatan ini selaras dengan prinsip Lean Construction dalam mengurangi pemborosan dan meningkatkan keandalan jadwal pelaksanaan proyek.

Kata kunci: Waiting, Non-Physical Waste, Jadwal Proyek, Critical Path Method

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Refia Alaida, Anisah, & Anang Wirdianto. (2025). Analisis Non-Physical Waste (Waiting) pada Pelaksanaan Proyek Bangunan Gedung di PT. X Menggunakan Lean Construction Tools. Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 1(5), 3074-3083. <https://doi.org/10.63822/zfgy9489>

PENDAHULUAN

Industri konstruksi memiliki peran yang sangat penting dalam pertumbuhan ekonomi. Industri konstruksi meliputi pekerjaan pembangunan gedung, jalan raya, jembatan, bendungan, dan proyek lainnya. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi, permintaan akan hunian terus meningkat dan industri konstruksi berupaya memenuhi kebutuhan ini dengan menghasilkan bangunan gedung yang sesuai dengan standar kualitas, keamanan, dan berkelanjutan (Masdiana et al., 2024). Selain gedung untuk tempat tinggal, terdapat juga gedung yang dibangun untuk keperluan komersial, publik, atau institusional di perkotaan (Masdiana et al., 2024). Dalam proses pembangunan gedung memiliki kegiatan yang kompleks dan melibatkan banyak pihak (Prasetyono, P. N., & Dani, H., 2022). Namun demikian, sehingga tidak jarang ditemui berbagai kendala dan permasalahan (Julsena et al., 2018).

Salah satu kendala yang dapat mempengaruhi keberhasilan suatu proyek ialah yang diakibatkan oleh ketidakefisienan dan pemborosan. Ketidakefisienan dan pemborosan dapat disebabkan dari bahan material, sumber daya manusia, dan waktu yang disebut dengan *waste* (Mudzakir et al., 2017). *Waste* dikategorikan menjadi dua yaitu *physical waste* dan *non-physical waste*. *Physical waste* timbul berasal dari kegiatan konstruksi, renovasi, dan pembongkaran. Jenis *waste* ini seperti hilangnya material secara keseluruhan yang diakibatkan rusak atau hilang begitu saja (Nagapan et al., 2012). Sedangkan *non-physical waste* merupakan kelebihan waktu dan biaya untuk proyek konstruksi (Nagapan et al., 2012).

Salah satu permasalahan yang saat ini dihadapi dalam proyek konstruksi adalah pengelolaan *non-physical waste*. Sebagian besar dalam studi dan praktik industri konstruksi cenderung lebih berfokus pada pengelolaan pemborosan fisik, sehingga menyebabkan keterbatasan untuk mengidentifikasi serta penanganan *non-physical waste* (Danureswara, R. R., & Suropto, S. T., 2025). Pemborosan non-fisik atau *non-physical waste* yang tidak terlihat secara langsung dapat memberikan dampak yang signifikan pada kinerja proyek konstruksi (Igwe et al., 2022). Dampak dari *non-physical waste* ialah terjadinya keterlambatan proyek. Keterlambatan proyek tidak hanya berdampak pada peningkatan biaya akibat perpanjangan waktu pelaksanaan, namun juga berpotensi menurunkan kredibilitas kontraktor dalam menjalankan proyek-proyek selanjutnya (Sanaky et al., 2021).

Berdasarkan Lean Construction Institute (LCI) yang dikutip pada tahun 2025 terdapat delapan kategori jenis pemborosan yang disebut sebagai akronim DOWNTIME yaitu *Defect, Waiting, Over production, Non-utilizing talent, Transportation, Inventory, Motion*, dan *Extra processing*. Kategori *waiting* atau waktu tunggu merupakan salah satu yang paling sering terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi, terutama pada proyek bangunan gedung. Penelitian yang dilakukan oleh Danureswara, R. R., & Suropto, S. T. (2025) di proyek pembangunan rumah sakit menunjukkan bahwa jenis *non-physical waste* yang paling dominan adalah kategori *waiting*, dengan bobot tertinggi sebesar 0,204 yang disebabkan oleh lambatnya proses *approval*. Hal serupa juga ditemukan dalam proyek pembangunan Gedung SMUN 1 Giri Banyuwangi pada penelitian Prisillia, H., & Prumono, D A., 2018 di mana *waiting* menjadi *waste* berpengaruh dan berpotensi pada proyek yang disebabkan oleh keterlambatan pengiriman material, lambatnya pencairan dana, kerusakan alat, serta kondisi cuaca yang tidak mendukung. Dalam hal ini, *non-physical waste* akan mengakibatkan keterlambatan proyek yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti kerusakan alat, lamanya keluar hasil tes material, dan faktor cuaca (Hatpito et al., 2020).

Seiring dengan berkembangnya kebutuhan akan efisiensi dan pengendalian waktu dalam pelaksanaan proyek, muncul pendekatan manajemen yang lebih terstruktur dan kolaboratif yaitu *lean construction* yang diadopsi dari *lean manufacturing*. *Lean construction* ialah suatu konsep dalam manajemen proyek yang dilakukan untuk meminimalisir *waste* dan berusaha untuk menghasilkan nilai (*value*) semaksimal mungkin

(Tamallo & Nursin, 2020). *Lean construction* menekankan pada peningkatan perencanaan yang matang, pengelolaan inventaris yang efektif, dan pemanfaatan teknologi untuk mengoptimalkan produktivitas (Setiawan, 2023).

PT. X merupakan salah satu perusahaan konstruksi yang telah menerapkan *lean construction* dalam pelaksanaan proyek. Sejak didirikan, PT. X telah berperan aktif dalam membangun berbagai bidang proyek seperti infrastruktur, bangunan gedung, energi dan industri, serta properti. Berdasarkan laporan tahunan perusahaan, proyek bangunan gedung yang termasuk dalam kategori infrastruktur & gedung merupakan jenis proyek yang paling dominan dibandingkan sektor lainnya. Pada tahun 2023 jenis proyek ini mencakup sekitar 74,28% dari total proyek berjalan dan tetap menjadi mayoritas pada tahun 2024 dengan proporsi 67,39% dari seluruh proyek yang ditangani (Annual Report PT X, 2023; 2024).

Dalam pengimplementasian *lean construction* di PT. X digunakan salah satu *tools* yaitu *Last Planner System* (LPS). *Last Planner System* merupakan pendekatan yang memfokuskan pada pengelolaan produksi dan pengendalian aliran kerja, dengan tujuan mengoptimalkan penggunaan sumber daya serta menyusun rencana kerja yang lebih realistis melalui upaya meminimalkan hambatan yang berpotensi menimbulkan pemborosan (Rusdiana et al., 2019). *Last Planner System* (LPS) terdiri dari serangkaian perencanaan seperti *Master Schedule*, *Phase Planning*, *Lookahead Planning*, *Weekly Work Plan*, dan *Percent Plan Complete* (Ballard, 2000). *Tools* ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan jadwal, meminimalkan hambatan pekerjaan, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya (Hamzeh et al., 2012).

Meskipun penerapan *lean construction* di PT. X telah dilakukan dengan dukungan *tools* seperti LPS, pelaksanaannya di proyek bangunan gedung masih menghadapi sejumlah tantangan, khususnya terkait pemborosan non-fisik (*non-physical waste*) kategori *waiting* atau waktu tunggu. Berdasarkan laporan internal implementasi *lean construction*, sejumlah aktivitas proyek masih mengalami waktu tunggu yang disebabkan dari keterlambatan pengiriman material, lambatnya proses *approval*, area kerja belum siap, serta kerusakan peralatan di lapangan. Kondisi ini berdampak pada terganggunya kelancaran pelaksanaan proyek dan berpotensi menimbulkan keterlambatan jadwal serta peningkatan biaya secara tidak langsung (Nagapan et al., 2012).

Pemborosan non-fisik atau *non-physical waste* dalam proyek konstruksi telah menjadi topik utama dalam berbagai penelitian. Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Danureswara, R. R., & Suropto, S. T. (2025) berfokus pada variabel *non-physical* yang dominan terjadi dengan bobot tertinggi yaitu *waiting*. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Tamallo, M. G & Nursin, A (2020) lebih berfokus kepada jenis *non-physical waste* dengan frekuensi kejadian terbesar yaitu disebabkan oleh kekurangan alat dan dampak terbesar pada *time overrun* yang disebabkan oleh masalah perizinan sehingga mengakibatkan *waiting* serta membahas mengenai pencegahan dengan *lean construction*. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Setiono et al., (2024) berfokus pada variabel *waste* yang dominan terjadi ialah *defect*, *inappropriate processing*, dan *waiting*. Dari berbagai penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa *waste waiting* menjadi penyebab utama pemborosan non-fisik. Namun, sebagian besar studi sebelumnya masih terbatas pada identifikasi penyebab dan dominasi jenis pemborosan, tanpa menganalisis secara mendalam mengenai *waste waiting* pada pelaksanaan proyek.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan penelitian yang secara spesifik menganalisis *non-physical waste* kategori *waiting* yang terjadi selama waktu pelaksanaan proyek bangunan gedung di PT. X. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebabnya, mengukur deviasi jadwal yang ditimbulkan, serta merumuskan rekomendasi yang dapat diterapkan untuk meminimalkan *waste* tersebut secara efektif. Oleh karena itu, penelitian ini akan menarik sebuah judul yaitu “Analisis Non-Physical

Waste (Waiting) pada Pelaksanaan Proyek Bangunan Gedung di PT. X Menggunakan Lean Construction Tools”.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi mengenai pemborosan *non-physical waste* kategori *waiting* pada proyek bangunan gedung, khususnya di PT. X yang telah menerapkan *lean construction*. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi masukan awal dalam meningkatkan efektivitas penerapan *lean construction* di lapangan dalam meminimalkan *waste* kategori *waiting*. Selain memberikan manfaat praktis bagi PT. X, temuan dari penelitian ini juga dapat memberikan informasi bagi pelaksanaan proyek bangunan gedung lainnya yang menghadapi permasalahan serupa. Rekomendasi yang dihasilkan dari kajian ini diharapkan dapat diaplikasikan lebih luas untuk meningkatkan efisiensi waktu. Dalam dunia pendidikan khususnya dalam Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Negeri Jakarta, penelitian ini juga dapat memperkaya pengetahuan dalam mata kuliah Manajemen Konstruksi pada bahasan tentang penjadwalan dan *lean construction*. Relevansi topik ini juga diperkuat dengan banyaknya mahasiswa yang menjalani Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Divisi Lean Construction pada perusahaan konstruksi besar. Pengalaman tersebut memberikan gambaran nyata mengenai tantangan dan implementasi *lean* di lapangan, sehingga penelitian ini tidak hanya relevan secara teoritis, tetapi juga selaras dengan praktik industri yang sedang berkembang.

METODE PELAKSANAAN

Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada proyek konstruksi bangunan gedung yang dikerjakan oleh PT X, sebuah perusahaan konstruksi yang telah menerapkan *lean construction* dalam pelaksanaan proyeknya. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan data sekunder yang relevan serta penerapan konsep *lean construction* yang sesuai dengan tujuan penelitian. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai sejak bulan Januari - Juli 2025. Adapun subjek penelitian ini meliputi proyek-proyek bangunan gedung di PT. X.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini mencakup proyek konstruksi bangunan gedung yang masih berada dalam tahap pelaksanaan oleh PT. X pada periode Mei 2024 hingga April 2025 dan telah menerapkan prinsip *lean construction*. Total proyek tersebut berjumlah 15 proyek.

Tabel 1 Populasi Penelitian

Populasi Penelitian	
1	Bangunan Gedung Rumah Sakit Jakarta Timur
2	Bangunan Gedung Rumah Sakit Pusat Otak Jakarta Timur
3	Bangunan Gedung Kantor Pemerintahan
4	Bangunan Gedung Kantor Presiden
5	Bangunan Gedung Bandara Makassar
6	Bangunan Gedung Kampus di Bandung
7	Bangunan Gedung Bandara Riau

8	Bangunan Gedung Kampus di Jambi
9	Bangunan Gedung Kampus di Bandung 2
10	Bangunan Gedung Rumah Sakit di Surabaya
11	Bangunan Gedung Rumah Sakit di Jakarta Barat
12	Proyek Revitalisasi Bangunan Gedung Rumah Susun di Jakarta
13	Proyek Pengembangan Sistem Operasional InaTEWS
14	Pembangunan Gedung Kantor di Papua
15	Proyek Bangunan Gedung Riset dan Teknologi

Teknik penentuan sampel pada penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang dilakukan dengan menetapkan kriteria tertentu sesuai dengan tujuan penelitian. Sampel pada penelitian ini memiliki kriteria yaitu:

1. Proyek konstruksi bangunan gedung yang dikerjakan oleh PT. X.
2. Proyek yang sedang dalam tahap konstruksi pada bulan Mei 2024 hingga April 2025.
3. Proyek telah menerapkan prinsip *lean construction* dan memiliki laporan penerapan *lean construction* yang terdokumentasi khususnya melalui penggunaan *Last Planner System* (LPS).

Berdasarkan kriteria tersebut, terpilih 5 proyek bangunan gedung sebagai sampel penelitian.

Tabel 2 Sampel Penelitian

Sampel Penelitian	
1	Proyek A Bangunan Gedung Olahraga Jakarta Timur
2	Proyek B Bangunan Rumah Sakit Jakarta Timur
3	Proyek C Bangunan Rumah Sakit Jakarta Barat
4	Proyek D Bangunan Rumah Sakit Pusat Otak
5	Proyek E Bangunan Gedung Riset dan Teknologi

Metode, Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi aktual terkait *non-physical waste* kategori *waiting* pada proyek konstruksi bangunan gedung di PT. X. Metode deskriptif digunakan saat mengidentifikasi faktor penyebab dari *waste waiting*. Sedangkan pendekatan kuantitatif dilakukan pada saat menganalisis jadwal pada setiap aktivitas pekerjaan yang memiliki kejadian *waste waiting*.

Data yang digunakan adalah studi dokumentasi berupa laporan proyek yang diperoleh dari tim Lean Construction, yang dikumpulkan secara periodik. Laporan tersebut mencakup penerapan *lean construction*, seperti penggunaan *Last Planner System* dan penjadwalan proyek menggunakan Microsoft Project. Penjadwalan proyek juga dianalisis dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Project melalui Critical Path

Method (CPM) untuk memetakan jalur kritis, mengidentifikasi aktivitas yang terdampak *waste waiting*, serta menganalisis jadwal pada aktivitas yang terdampak *waiting*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari dokumen pelaksanaan lima proyek konstruksi bangunan gedung di PT. X yang terpilih sebagai sampel penelitian. Kelima proyek tersebut berada dalam tahap konstruksi pada periode Mei 2024 hingga April 2025, serta telah menerapkan prinsip Lean Construction, khususnya melalui pengimplementasian *Last Planner System* (LPS) sebagai alat perencanaan, pengendalian, dan evaluasi pekerjaan di lapangan.

Salah satu instrumen dalam LPS yang digunakan sebagai sumber data dalam penelitian ini adalah form *constraint log*, yaitu formulir pencatatan kendala pekerjaan yang menyebabkan aktivitas tidak dapat dilaksanakan sesuai jadwal. Data dari *form constraint log* diklasifikasikan berdasarkan kendala yang tergolong sebagai non-physical *waste* kategori *waiting*, seperti kekurangan tenaga kerja, keterlambatan *approval* dokumen, perubahan desain, kekurangan material, ketidaksiapan area kerja, cuaca buruk, dan kekurangan alat. Masing-masing kendala tersebut diidentifikasi berdasarkan jenis aktivitas yang terdampak serta waktu terjadinya keterlambatan.

Selanjutnya, data tersebut digunakan untuk menghitung durasi deviasi waktu akibat *waiting*, yang kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap jadwal proyek secara keseluruhan. Proses analisis dilakukan dengan pendekatan Critical Path Method (CPM) guna menentukan apakah aktivitas yang mengalami *waiting* berada pada jalur kritis, dan apakah keterlambatan tersebut berdampak terhadap jadwal.

Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada lima proyek bangunan gedung di PT. X yang telah menerapkan Lean Construction Tools, khususnya Last Planner System, untuk mengidentifikasi penyebab *non-physical waste* kategori *waiting*, serta menganalisis dampaknya terhadap deviasi jadwal pelaksanaan pekerjaan.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa terdapat tujuh faktor penyebab utama yang berkontribusi terhadap terjadinya *waste waiting*. Faktor paling dominan adalah kekurangan material dengan total 62 kejadian, yang mengindikasikan adanya kendala dalam sistem pengadaan dan manajemen material proyek. Disusul oleh kekurangan tenaga kerja sebanyak 34 kejadian dan area belum siap sebanyak 28 kejadian, yang mengindikasikan adanya kelemahan dalam perencanaan sumber daya dan koordinasi lapangan. Faktor lainnya yang juga ditemukan adalah proses *approval* dokumen (10 kejadian), perubahan desain (7 kejadian), kekurangan alat (7 kejadian), dan cuaca buruk (2 kejadian).

Rata-rata keseluruhan dari lima proyek menunjukkan deviasi sebesar 5,25 hari dengan kontribusi *waiting* sebesar 29% terhadap durasi aktivitas. Jika dibandingkan terhadap nilai rata-rata tersebut, Proyek A dan Proyek D memiliki deviasi yang relatif lebih kecil, sedangkan Proyek E memiliki deviasi paling tinggi. Proyek C memiliki persentase deviasi paling besar karena durasi aktivitasnya yang singkat, sehingga meskipun jumlah deviasinya tidak setinggi proyek lain, proporsi terhadap durasi menjadi sangat besar. Di sisi lain, Proyek B memiliki nilai deviasi harian yang cukup tinggi, namun karena durasi aktivitasnya panjang, persentase deviasinya justru rendah. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun Lean Construction telah diterapkan, pemborosan waktu berupa *waiting* masih terjadi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pada lima proyek bangunan gedung di PT. X, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor penyebab *non-physical waste* kategori *waiting* yang ditemukan bervariasi pada setiap proyek, namun secara umum menunjukkan pola yang mirip. Tiga faktor penyebab dominan terjadinya *waiting* adalah kekurangan material dengan total 62 kejadian, kekurangan tenaga kerja 34 kejadian, dan faktor area belum siap 28 kejadian.
2. Analisis terhadap deviasi jadwal menunjukkan bahwa seluruh proyek mengalami keterlambatan dengan tingkat yang bervariasi. Rata-rata deviasi akibat *waiting* dari lima proyek adalah 5,25 hari, dengan rata-rata persentase deviasi terhadap durasi aktivitas sebesar 29%. Proyek C memiliki persentase deviasi tertinggi (80%) karena durasi aktivitas yang singkat, sedangkan Proyek E mengalami deviasi waktu tertinggi secara absolut (11,79 hari). Proyek A dan D menunjukkan deviasi yang lebih rendah dibandingkan rata-rata, menandakan manajemen proyek yang lebih efektif atau jumlah kendala *waiting* yang lebih sedikit.
3. Meskipun semua proyek telah menerapkan *Lean Construction* dengan bantuan *Last Planner System*, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemborosan waktu akibat *waiting* masih terjadi dan berdampak langsung pada efisiensi jadwal proyek. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan lean tools perlu dikawal dengan manajemen pelaksanaan yang konsisten, evaluasi real-time terhadap potensi *roadblock*, serta penguatan koordinasi antar-stakeholder di lapangan.
4. Validasi pakar menunjukkan bahwa analisis penelitian telah sesuai dengan praktik di lapangan.

SARAN

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada ruang lingkup analisis yang hanya difokuskan pada *non-physical waste* kategori *waiting* dan pengaruhnya terhadap jadwal pelaksanaan proyek tanpa mengkaji dampaknya terhadap biaya proyek secara menyeluruh. Oleh karena itu, disarankan agar penelitian selanjutnya dapat mengembangkan kajian dengan pendekatan yang lebih komprehensif, antara lain:

1. Menganalisis hubungan antara *waste* kategori *waiting* dengan peningkatan biaya proyek, menggunakan metode perhitungan biaya akibat keterlambatan, agar dampak ekonomi dari pemborosan waktu dapat lebih terukur secara kuantitatif.
2. Memperluas jenis *waste* yang dianalisis, tidak hanya terbatas pada *waiting*, tetapi juga mencakup jenis *non-physical waste* lainnya.
3. Melakukan studi pada jenis proyek konstruksi lainnya, seperti proyek infrastruktur (jalan, jembatan, bendungan), proyek industri (pabrik, gudang), atau proyek energi, untuk melihat perbandingan karakteristik *waste* dan efektivitas penerapan *Lean Construction* di berbagai jenis proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, W., Widyanti, R., & Husnurrofiq, H. (2020). PENGARUH LINGKUNGAN KERJA DAN DISIPLIN KERJA TERHADAP KINERJA KARYAWAN (Study Pada Karyawan Rumah Sakit Islam Banjarmasin). *Al-KALAM : JURNAL KOMUNIKASI, BISNIS DAN MANAJEMEN*, 7(2), 65. <https://doi.org/10.31602/al-kalam.v7i2.3256>

- Cahyono, E. (2018). Pengaruh Citra Merek, Harga Dan Promosi Terhadap Keputusan Pembelian Handphone Merek Oppo Di Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jbma*, *V*(1), 61–75.
- Danureswara, R. R. (2025). *JOURNAL OF APPLIED CIVIL ENGINEERING AND INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY (JACEIT)* Evaluasi Non-Physical Waste Pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X Dengan Penerapan Lean Construction. *6*(1), 25–29.
- Fauzan, R., Hidayat, B., & Suraji, A. (2023). *DEVIASI KONTRAK DALAM PROYEK KONSTRUKSI : SEBUAH ANALISIS BERBASIS TEMUAN AUDIT KINERJA INSPEKTORAT DAERAH PROVINSI SUMATERA BARAT DOI : Pengadaan Barang / Jasa Pemerintah (PBJ) tugas dan fungsi pemerintahan , khususnya pemerintah dalam mencapai tujuann.* *5*, 324–333.
- Harpriani Dewi, D., & Sapitri. (2024). Kajian Pemborosan Waktu (Waste Time) Dan Implementasi Value Stream Mapping Pekerjaan Sloof dan Kolom. *Jurnal Saintis*, *24*(01), 49–60. [https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24\(01\).16743](https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24(01).16743)
- Hatpito, Anwardi, & Hamdy, M. I. (2019). *Identifikasi Waste Proyek Konstruksi Jalan dengan Menggunakan Metode Lean Project Management.* *5*(2), 115–125.
- Igwe, C., Nasiri, F., & Hammad, A. (2022). An empirical study on non-physical waste factors in the construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *29*(10), 4088–4106. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2021-0145>
- Julsena, J., Abdullah, A., & Rauzana, A. (2018). Faktor Sisa Material Yang Mempengaruhi Biaya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung Di Provinsi Aceh. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, *1*(4), 148–155. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i4.12465>
- LIRAWATI, & MEGAWATI, L. A. (2021). Analisis Faktor Keterlambatan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung. *Jurnal Teknik | Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, *21*(2). <https://doi.org/10.33751/teknik.v21i2.3282>
- Mudzakir, A. C., Setiawan, A., Wibowo, M. A., & Khasani, R. R. (2017). Evaluasi Waste dan Implementasi Lean Construction (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Taruna Politeknik Ilmu Pelayanan Semarang). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, *6*(2), 145–158. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts%0AEVALUASI>
- Nagapan, S., Abdul Rahman, I., & Asmi, A. (2012). Factors Contributing to Physical and Non-Physical Waste Generation in Construction Industry. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, *1*(1). <https://doi.org/10.11591/ijaas.v1i1.476>
- Natalia, M., Partawijaya, Y., & Mirani, Z. (2017). Analisa Faktor Resiko Construction Waste pada Proyek Konstruksi di Kota Padang. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, *14*(2), 39–45. <https://doi.org/10.30630/jirs.14.2.105>
- Perdana, S., & Rahman, A. (2019). PENERAPAN MANAJEMEN PROYEK DENGAN METODE CPM (Critical Path Method) PADA PROYEK PEMBANGUNAN SPBE. *Amaliah: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *3*(1), 242–250. <https://doi.org/10.32696/ajpkm.v3i1.235>
- Pertiwi, I. M., Herlambang, F. S., & Kristinayanti, W. S. (2019). Analisis Waste Material Konstruksi Pada Proyek Gedung (Studi Kasus Pada Proyek Gedung di Kabupaten Badung). *Jurnal Simetrik*, *9*(2), 208–214.
- Purnamadi, P. A., Ramia, I. N., Sintya, M., Badung, K., Selatan, K., Badung, K., Selatan, K., & Badung, K. (2024). *ANALISIS METODE LEAN CONSTRUCTION DAN PENJADWALAN CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT UNTUK MEMINIMALISIR NON-PHYSICAL WASTE PADA PROYEK VILLA LANGE , TUMBAK BAYUH , BADUNG , BALI* Mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan

Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan. 3, 736–745.

- Sanaky, M. M., Saleh, L. M., & Titaley, H. D. (2021). Analisis Faktor-Faktor Keterlambatan Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Man 1 Tulehu Maluku Tengah. *Jurnal Simetrik*, 11(1), 432–439. <https://doi.org/10.31959/js.v11i1.615>
- Setiawan, B. (2023). Pendekatan Lean Construction dalam Penggunaan Sumber Daya dalam Proyek Konstruksi. *Journal Of Social Science Research*, 4, 5311–5325.
- Setiono, S., Rifai, M., & Wibawa, L. A. (2024). IDENTIFIKASI WASTE DALAM PENERAPAN LEAN CONSTRUCTION (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Tower X, Jakarta Pusat). *Matriks Teknik Sipil*, 11(3), 262. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i3.76526>
- Susanti, A. R., & S, S. (2021). Evaluasi Waste dan Implementasi Lean Construction Proyek Gedung Kampus X. *Jurnal Rivet*, 1(02), 65–72. <https://doi.org/10.47233/rivet.v1i02.331>
- Tamallo, M. G., & Nursin, A. (2020). Evaluasi Non-Physical Waste Dengan Lean Construction Pada Proyek Gedung Sanggala. *PROKONS: Jurusan Teknik Sipil*, 14(2), 12. <https://doi.org/10.33795/prokons.v14i2.294>
- Wibowo, R. (2023). Implementasi Last Planner System Pada Proyek Tol Kayu Agung – Palembang – Betung Paket Ii Seksi 3. *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, 4(1), 25–29. <https://doi.org/10.23960/jpi.v4n1.95>