

## **Analisis Variance pada Penerapan *Lean Construction* Terhadap Waktu Produksi Proyek EPC (Studi Kasus Proyek Mogas PT XYZ)**

**Sabitha Nur Indriani<sup>1</sup>, Anisah,<sup>2</sup> Anang Wirdianto<sup>3</sup>**

Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta<sup>1,2,3</sup>

\*Email Korespodensi: [sabithanurindriani\\_1503621076@mhs.unj.ac.id](mailto:sabithanurindriani_1503621076@mhs.unj.ac.id)

### **Sejarah Artikel:**

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

### **ABSTRACT**

*EPC (Engineering, Procurement, and Construction) projects are characterized by high complexity and tight schedules, making delays one of the main challenges in achieving targeted production timelines. This study aims to analyze schedule variance and variance occurring during the implementation of Lean Construction in EPC projects, using a case study of the restoration project of a Mogas Tank owned by PT XYZ. The variance is analyzed through two main approaches: a comparison between baseline and actual start (schedule variance), and the identification of variance recorded in the constraint log during the project implementation period. The research employs a descriptive quantitative method using primary data in the form of project schedule reports from June to September 2024. Each activity is analyzed by measuring schedule variance against the baseline and identifying the critical path using the Critical Path Method (CPM) in Microsoft Project. In addition, expert judgement is conducted to validate the accuracy of variance interpretation and its impact on production timelines. The results show that out of a total of 137 activities during the observation period, 46 activities experienced delays, 45 activities were on schedule, and 46 activities were completed ahead of schedule. A total of 33 activities were found to be on the critical path and had variance that potentially impacted the project's production time. The variance recorded in the constraint log indicates that the dominant obstacles originated from labor issues, approval processes, material delivery delays, and limited work area access. These findings affirm that applying lean construction principles, which focus on eliminating time-related waste by identifying variance, can improve time effectiveness in EPC projects.*

**Keywords:** *Variance, EPC Project, Lean Construction, Time*

### **ABSTRAK**

Proyek EPC (Engineering, Procurement, and Construction) memiliki karakteristik yang kompleks dan padat jadwal, sehingga keterlambatan menjadi salah satu tantangan utama dalam pencapaian target waktu produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis schedule variance dan variance yang terjadi pada penerapan Lean Construction dalam proyek EPC, dengan studi kasus proyek restorasi Tangki Mogas milik PT XYZ. Variance dianalisis melalui dua pendekatan utama: perbandingan antara baseline dan actual start (schedule variance), serta identifikasi variance yang tercatat dalam constraint log selama periode pelaksanaan proyek. Metode penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan data primer proyek periode Juni – September 2024. Analisis dilakukan dengan mengukur schedule variance terhadap baseline serta identifikasi jalur kritis melalui pendekatan Critical Path Method (CPM) menggunakan Microsoft Project. Selain itu, validasi hasil dilakukan melalui metode expert

judgement untuk memastikan ketepatan interpretasi variance dan pengaruhnya terhadap waktu produksi. Hasil menunjukkan bahwa dari total 137 aktivitas selama periode pengamatan, sebanyak 46 aktivitas mengalami keterlambatan, 45 aktivitas sesuai rencana, dan 46 aktivitas mengalami percepatan. Terdapat 33 aktivitas yang berada di jalur kritis dan terdapat variance yang berpotensi memengaruhi waktu produksi secara langsung. Variance dalam constraint log menunjukkan hambatan dominan berasal dari isu tenaga kerja, proses approval, keterlambatan suplai material, dan akses area kerja. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan prinsip lean construction yang fokus pada eliminasi pemborosan waktu melalui identifikasi variance dapat meningkatkan efektivitas waktu pada proyek EPC.

**Kata Kunci:** Variance, Proyek EPC, Lean Construction, Waktu

**Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:**

Sabitha Nur Indriani, Anisah, & Anang Wirdianto. (2024). Analisis Variance pada Penerapan Lean Construction Terhadap Waktu Produksi Proyek EPC (Studi Kasus Proyek Mogas PT XYZ). *Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(5), 3095-3113. <https://doi.org/10.63822/2jmv1j28>

## PENDAHULUAN

Industri konstruksi semakin mengalami peningkatan yang terus bertumbuh dan berkembang dinamis mengikuti kemajuan zaman. Peningkatan ini turut mendorong pengembangan berbagai proyek infrastruktur berskala besar, khususnya pada sektor energi dan sumber daya alam. Menurut Mokoagow et al (2024), pelaksanaan proyek-proyek pembangunan infrastruktur dan pembangkit listrik berskala besar memiliki kompleksitas dan kerumitan dalam proses perencanaan hingga pelaksanaannya. Dengan meningkatnya peningkatan kompleksitas proyek dan semakin langkanya sumberdaya, maka sangat dibutuhkan peningkatan sistem pengelolaan proyek secara baik dan terintegrasi (F. Setiawan & Janizar, 2021). Namun, sektor konstruksi masih menghadapi tantangan mendasar, banyak proyek pembangunan mengalami kendala seperti keterlambatan, pembengkakan anggaran, hingga masalah kualitas (Tanjung & Yahfizham, 2024). Menjawab tantangan tersebut, terdapat metode pendekatan yang diadopsi dari *lean manufacturing* dengan mengembangkan prinsip-prinsip yang ada ke dalam industri konstruksi (Sari et al., 2023)

Saat ini bidang konstruksi sudah mengadopsi dan belajar dari industri manufaktur, yang dikenal dengan istilah *lean construction* (Sudarsana & Herzanita, 2024). Dalam penerapannya, proyek konstruksi membutuhkan manajemen dan pengelolaan yang baik dan tepat, di mana *lean construction* menjadi salah satu pendekatan yang dapat diterapkan (Allo & Bhaskara, 2022). Menurut Rusdiana et al (2022), *lean construction* merupakan pendekatan *system management* yang bertujuan untuk meminimalkan pemborosan (*waste*) sekaligus mengoptimalkan pencapaian nilai (*value*). Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas konstruksi dengan mencipatakan alur kerja yang efisien dan tahapan pelaksanaan yang efektif, sehingga proyek bisa selesai tepat waktu, tepat biaya, minim permasalahan serta mencapai target mutu yang diinginkan (Ady & Simanjuntak, 2021).

Dalam mendukung penerapan *lean construction*, dibutuhkan metode manajemen waktu yang dapat menghasilkan rencana pelaksanaan secara terstruktur dan sistematis. Salah satu tools dalam penerapan *lean construction* adalah *last planner system*, yang dirancang untuk berfokus pada pengendalian produksi dan aliran kerja, sehingga pemanfaatan sumber daya dapat dioptimalkan dan diperoleh perencanaan kerja yang lebih realistis dengan meminimalkan kendala-kendala sedini mungkin (Rusdiana et al., 2022). Salah satu tahapan penting dalam penerapan *last planner system* adalah *constraint analysis*, dimana *constraints* merupakan segala bentuk kendala dan *analysis* sebagai proses untuk mengidentifikasi kendala atau *constraint* yang berpotensi mengganggu pelaksanaan pekerjaan, seperti keterlambatan pengiriman material, desain yang belum final, atau izin kerja yang belum tersedia (Lean Construction Institute, 2025b). Alat yang digunakan dalam tahapan *constraint analysis* adalah pencatatan *constraint log*, yang berfungsi mendokumentasikan kendala aktual yang terjadi selama pelaksanaan (Ballard & Tommelein, 2021a).

Dalam penerapan *lean construction* pada proyek infrastruktur di PT XYZ, *constraint* disepakati dan diterapkan dalam dua cakupan, yaitu kendala yang muncul sebelum pekerjaan dimulai dan kendala yang terjadi saat pekerjaan berlangsung. Meskipun telah digunakan *constraint log* sebagai alat pencatatan kendala, pelaksanaannya di lapangan masih cenderung bersifat reaktif. Artinya, pencatatan kendala lebih sering dilakukan setelah kendala berdampak pada aktivitas yang sedang berjalan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian kendala belum berhasil diidentifikasi pada tahap perencanaan, sehingga menimbulkan penyimpangan antara rencana dan realisasi waktu pelaksanaan (Lean Construction Institue, 2023). Penyimpangan tersebut dalam literatur dikenal sebagai *variance*, yaitu ketidaksesuaian antara target kinerja proyek dengan hasil aktual di lapangan (Suparno et al., 2025)

Dengan demikian, *variance* yang terjadi selama pelaksanaan proyek pada dasarnya merupakan konsekuensi dari kendala yang tidak teridentifikasi atau tidak ditangani secara sistematis sejak awal

(Widyarso et al., 2025a). Hal ini menunjukkan bahwa fungsi *constraint analysis* belum sepenuhnya dijalankan secara preventif, sebagaimana prinsip dasar *lean construction*. Kondisi tersebut menyebabkan keterlambatan aktivitas produksi tidak dapat dihindari dan waktu penyelesaian proyek berisiko mengalami deviasi dari perencanaan awal. Deviasi waktu pelaksanaan umumnya dikenal sebagai *schedule variance*, yaitu selisih antara baseline dengan aktual pelaksanaan pekerjaan (Tanuwihardjo et al., 2025). Dalam studi ini *variance* yang dianalisis tidak hanya merujuk pada *schedule variance*, tetapi juga mencakup kendala aktual (*variance*) yang muncul selama pekerjaan berlangsung dan tercatat dalam *constraint log*.

Kondisi tersebut terjadi pada proyek Restorasi Tangki Mogas Indramayu yang menjadi fokus dalam penelitian ini. Proyek ini merupakan proyek EPC skala besar di sektor energi yang memiliki kompleksitas tinggi. Dalam pelaksanaannya, proyek ini menghadapi berbagai kendala teknis dan non-teknis seperti keterlambatan pengiriman material, perubahan desain teknis di tengah pekerjaan, serta lemahnya koordinasi antara pihak-pihak yang terlibat (Ruff & Andreas, 2024). Beberapa tahapan pekerjaan juga menunjukkan ketidaksesuaian antara rencana jadwal dengan pelaksanaan aktual, yang berdampak pada adanya adendum waktu penyelesaian proyek (Hansen, 2024). Proyek ini menjadi relevan untuk dikaji karena mewakili karakteristik umum proyek EPC yang kompleks, berisiko tinggi, dan sangat sensitif terhadap gangguan alur kerja. Masalah-masalah ini mengindikasikan bahwa strategi *lean* yang diterapkan belum berjalan secara optimal, khususnya dalam hal pengelolaan *kendala*.

McKinsey & Company (2023) mengungkapkan lebih dari 500 proyek global menunjukkan bahwa rata-rata proyek mengalami keterlambatan jadwal sebesar 52% dan pembengkakan biaya sebesar 79%. Kondisi ini disebabkan oleh perencanaan proyek yang kurang terperinci dan kurangnya strategi mitigasi kendala yang efektif. *Variance* diakibatkan dari kendala yang ditangani secara reaktif, tanpa pendekatan yang sistematis dan terstruktur. Sebagai contoh, penelitian oleh Harita et al. (2025) menunjukkan bahwa pengelolaan kendala yang tepat dapat meningkatkan efisiensi waktu hingga 15% dalam proyek konstruksi.. Selain itu, banyak pihak dalam proyek belum mampu mengidentifikasi kendala secara sistematis maupun memprioritaskan dan menangani kendala tersebut secara berkelanjutan (Amalia et al., 2024). Hal ini terjadi pada studi kasus proyek yang akan diteliti, sehingga penerapan *lean construction* belum memberikan hasil optimal dalam meningkatkan efisiensi.

Selain itu, Bigwanto et al. (2024) menyatakan bahwa kurangnya kolaborasi dan komunikasi antar anggota tim menjadi penyebab utama dalam identifikasi dan pengelolaan *variancet* secara dini, sehingga penerapan prinsip *lean construction* menjadi kurang efektif. Deteksi dini sangat penting agar tim proyek dapat merumuskan langkah mitigasi yang tepat. Dalam proyek konstruksi yang kompleks, komunikasi yang tidak berjalan baik antara para pemangku kepentingan seperti kontraktor, subkontraktor, perencana, dan manajemen proyek dapat menghambat alur informasi penting terkait potensi kendala (B. Setiawan, 2023). Kondisi ini menyebabkan waktu respons menjadi lambat dan berdampak langsung pada keterlambatan pekerjaan dan penurunan produktivitas secara keseluruhan. Komunikasi yang efektif sangat penting untuk membangun kepercayaan dan kolaborasi antar tim, sekaligus mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam menghadapi tantangan yang mungkin timbul (Sidik, 2024).

Dalam konteks proyek EPC, pengelolaan *variance* memegang peran yang sangat krusial karena dalam prosesnya, setiap tahapan pekerjaan memiliki ketergantungan satu sama lain yang secara langsung akan saling mempengaruhi (Negara et al., 2024). Namun, hingga saat ini, penelitian terkait penerapan *lean construction* di Indonesia masih banyak berfokus pada identifikasi jenis-jenis *waste* atau evaluasi umum penerapan *lean* tanpa secara mendalam membahas bagaimana *variance* menjadi fokus utama dan menjadi akar pemborosan dapat dikelola secara sistematis. Penelitian ini menjadi penting mengingat masih

terbatasnya kajian yang secara spesifik membahas terkait bagaimana *variance* muncul dan pengendaliannya dapat mendukung pencapaian efisiensi waktu produksi pada proyek EPC di Indonesia. Dengan tantangan penyelesaian proyek yang semakin kompleks, diperlukan strategi manajemen yang adaptif, berbasis data, dan terintegrasi dalam kerangka *lean construction*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *variance* yang terjadi selama pelaksanaan proyek terhadap waktu produksi, serta mengidentifikasi *schedule variance* dan *variance* dominan yang memicu deviasi jadwal sebagai bagian penting dalam meningkatkan keandalan pelaksanaan proyek, dengan studi kasus proyek Restorasi Tangki Mogas Indramayu. Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh dari proyek yang melaporkan langsung kepada tim pusat PT XYZ selama periode Juni hingga September 2024. Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan manajemen proyek konstruksi yang lebih efisien dan adaptif di Indonesia, khususnya dalam menghadapi risiko deviasi waktu pada proyek EPC. Selain itu, secara akademis, penelitian ini juga memberikan manfaat dalam penguatan pemahaman pada mata kuliah Manajemen Konstruksi, khususnya pada aspek perencanaan, penjadwalan, serta pengendalian proyek. Meskipun konsep *lean construction* belum diajarkan secara eksplisit, prinsip-prinsip yang digunakan dalam penelitian ini sangat relevan dengan praktik manajemen waktu dan pengelolaan kendala yang menjadi bagian penting dalam proses manajemen proyek konstruksi secara keseluruhan.

## **METODE PELAKSANAAN**

### **Tempat, Waktu dan Subjek Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan data primer dari proyek *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC) yang dilaksanakan oleh PT XYZ, yaitu proyek Restorasi Tangki Mogas Indramayu. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada relevansi proyek dengan penerapan konsep *lean construction* serta adanya kebutuhan untuk mengidentifikasi dan mengelola kendala (*constraints*) yang dapat mempengaruhi efisiensi waktu produksi proyek.

Waktu penelitian ini berlangsung dari bulan Februari hingga Juli 2025. Selama periode ini, peneliti melakukan beberapa proses tahapan, dimulai dari proses pengumpulan data primer, analisis isi, validasi hasil, hingga penyusunan laporan penelitian. Penelitian ini dilakukan menggunakan data *constraint log* dalam laporan penerapan *lean construction* yang dilaksanakan.

Subjek dalam penelitian ini adalah proyek infrastruktur Restorasi Tangki Mogas Indramayu yang telah atau sedang menerapkan prinsip *lean construction*, khususnya yang memiliki dokumentasi atau laporan terkait penerapan *constraint log* serta informasi mengenai durasi atau waktu produksi proyek.

### **Populasi dan Sampel Penelitian**

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh proyek *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC) PT XYZ yang telah menerapkan *lean construction*. Data ini terdiri dari berbagai dokumen proyek, termasuk perencanaan jadwal, laporan progres, laporan kendala, serta dokumentasi penerapan metode *lean construction* selama proyek berlangsung.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Proyek Restorasi Tanki Mogas Indramayu yang diambil secara purposive dari data sekunder yang tersedia. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus untuk analisis mendalam terhadap *variance* yang terjadi selama pelaksanaan proyek, dengan kriteria sebagai berikut:

1. Dokumen Perencanaan Proyek – Meliputi *time schedule*, metode pelaksanaan, dan rencana manajemen sumber daya.
2. Laporan Progres Pekerjaan – Data yang mencatat perkembangan pekerjaan dibandingkan dengan rencana awal.
3. Laporan Kendala (*Constraint Log*) – Berisi daftar hambatan yang muncul selama pelaksanaan proyek serta cara penanganannya.
4. Dokumentasi Penerapan *lean construction* – Data yang menunjukkan strategi *lean* yang diterapkan, seperti *Last Planner System* dan Identifikasi *Waste*.

### **Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan metode *Critical Path Method* (CPM) menggunakan aplikasi Microsoft Project. Data yang digunakan merupakan data primer yang dilaporkan tim proyek kepada PT XYZ, berasal dari dokumen proyek, seperti *time schedule*, daftar aktivitas, *constraint log*, serta laporan pelaksanaan proyek.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Deskripsi Data**

Proyek yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah Proyek Restorasi Tangki Mogas di PT XYZ, Indramayu, Jawa Barat. Proyek ini merupakan bagian dari upaya perusahaan untuk melakukan peremajaan dan peningkatan keandalan fasilitas penyimpanan bahan bakar jenis gasoline (mogas) di lingkungan kilang eksisting. Proyek restorasi ini dilaksanakan dengan skema *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC) yang melibatkan berbagai disiplin pekerjaan konstruksi sipil, mekanikal, elektrikal, hingga *commissioning*. Proyek dimulai pada bulan November 2023 dan direncanakan selesai pada bulan Juni 2025. Restorasi tangki dilakukan karena kondisi eksisting tangki sudah mengalami degradasi dan berpotensi membahayakan operasional kilang. Oleh karena itu, proyek ini memiliki urgensi tinggi dalam hal keselamatan, keandalan operasi, dan waktu penyelesaian. Sebagai bagian dari strategi manajemen proyek, kontraktor pelaksana menerapkan pendekatan *Lean Construction* guna meminimalkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan keandalan jadwal pelaksanaan (*workflow reliability*). Salah satu tools utama yang digunakan adalah *constraint log*, yaitu catatan mingguan yang mendokumentasikan kendala aktual di lapangan pada setiap aktivitas pekerjaan. Penelitian ini memfokuskan pada periode Juni hingga September 2024, yaitu fase di mana pekerjaan lapangan mencapai intensitas tinggi dengan keterlibatan banyak subkontraktor, material bergerak secara aktif, dan pelaksanaan lintas disiplin berlangsung bersamaan. Dengan mempertimbangkan konteks dan kompleksitas proyek, analisis *variance* dilakukan untuk menilai sejauh mana realisasi pekerjaan menyimpang dari jadwal rencana, serta mengidentifikasi faktor penyebab utamanya.

### **Akar Masalah (Root Cause Analysis)**

Dari hasil identifikasi, akar masalah utama dari *variance* dominan dapat ditelusuri sebagai berikut:

**Tabel 1 Kategori Variance Dominan dengan Akar Penyebab Kendala**

| Kendala Dominan                      | Akar Masalah Utama   |
|--------------------------------------|--|
| Manpower/SDM                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurangnya perencanaan tenaga kerja akurat/fleksibel</li> <li>• Kualitas/Kompetensi SDM yang kurang</li> <li>• Manajemen Cuti/Libur yang tidak terencana</li> <li>• Ketergantungan berlebihan pada subkontraktor tanpa mitigasi risiko</li> <li>• Sistem pemeliharaan <i>preventif</i> yang lemah/tidak ada</li> </ul> |
| Ketersediaan dan Kondisi Alat/Armada | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketersediaan suku cadang yang kurang optimal</li> <li>• Manajemen inventaris peralatan yang buruk</li> <li>• Kapasitas armada/peralatan yang tidak memadai</li> <li>• Penggunaan alat yang tidak sesuai prosedur</li> <li>• Kurangnya kontrol kualitas di sumber kritis/temuan</li> </ul>                             |
| Kualitas/Inspeksi/Persetujuan        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proses persetujuan/komunikasi yang tidak efisien</li> <li>• Dokumentasi dan informasi yang tidak lengkap/akurat</li> <li>• Ketidapatuhan standar/spesifikasi</li> <li>• Perencanaan jadwal yang tidak realistis/optimal</li> </ul>  |
| Keterlambatan Proses/Jadwal          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketergantungan pada Proses Hilir/Hulu yang Lambat (yang mungkin kembali ke akar masalah SDM/Alat/Kualitas)</li> <li>• Perencanaan Jadwal yang Kurang Detil/Fleksibel</li> <li>• Koordinasi lintas departemen/pihak yang buruk</li> </ul>  |

Setelah mengidentifikasi akar masalah *variance* dominan, ditemukan bahwa sebagian besar *variance* pada aktivitas-aktivitas di jalur kritis dari jenis *waste* DOWNTIME. *Waste* ini menjadi perhatian khusus karena secara langsung menyebabkan keterlambatan tanpa menghasilkan nilai tambah, sesuai dengan prinsip dasar dalam *lean construction*. DOWNTIME sendiri merupakan akronim dari tujuh jenis pemborosan (*waste*), namun dalam konteks proyek ini hanya ditemukan tiga kategori dominan, yaitu *Waiting*, *Defect*, dan *Transportation*. Ketiganya memberikan kontribusi signifikan terhadap keterlambatan waktu produksi, terutama karena terjadi pada aktivitas yang tidak memiliki *slack*. Oleh karena itu, analisis akar masalah terhadap masing-masing jenis DOWNTIME penting dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab mendasar sekaligus merumuskan langkah perbaikan ke depan.

**Tabel 2 Akar Masalah Kategori DOWNTIME Jalur Kritis**

| Jenis Waste    | Deskripsi Masalah   | Akar Masalah  |
|----------------|---|---|
| Waiting        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenaga kerja (<i>welder, fitter</i>) tidak bisa masuk karena <i>unfit</i> atau <i>cuti</i></li> <li>• Pekerjaan tertunda oleh owner</li> <li>• Tidak tersedianya material atau alat kerja saat dibutuhkan</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak ada sistem backup tenaga kerja</li> <li>• Koordinasi lemah antarbagian</li> <li>• Keputusan <i>owner</i> tidak terintegrasi dengan jadwal proyek</li> </ul>    |
| Defect         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mutu beton tidak sesuai spesifikasi</li> <li>• Alat kerja mengalami kerusakan</li> <li>• <i>Void</i> ditemukan di bawah pondasi</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengendalian mutu belum konsisten</li> <li>• Kurangnya inspeksi alat sebelum kerja</li> </ul>  |
| Transportation | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurangnya armada dump truck untuk pengiriman material (aspal, timbunan)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigasi tanah tidak tuntas</li> <li>• Perencanaan logistik kurang detail</li> <li>• Tidak ada <i>monitoring</i> harian terhadap pergerakan alat berat</li> </ul> |

### Alternatif Solusi dan *Treatment* Terhadap *Variance*

Berdasarkan hasil identifikasi *variance* dominan dan akar masalah pada proyek Restorasi Tangki Mogas PT XYZ selama periode Juni–September 2024, diketahui bahwa sumber utama keterlambatan berasal dari aspek *manpower*, diikuti oleh kendala alat dan administrasi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan *treatment* yang bersifat *preventif* dan *korektif* guna mengurangi dampak *variance* terhadap waktu produksi proyek secara keseluruhan.

#### a. Alternatif Solusi dan *Treatment* Terhadap Isu Manpower/Sumber Daya Manusia (SDM)

##### 1. Penguatan Perencanaan Tenaga Kerja dan Rekrutmen:

- Solusi: Terapkan sistem perencanaan kebutuhan *manpower* yang lebih dinamis dan akurat, mempertimbangkan buffer untuk cuti, sakit, atau *unfit*. Kembangkan database talenta (*welder*, *fitter*, *rigger*, operator) dan jalin kemitraan dengan lembaga pelatihan atau agen tenaga kerja.
- *Treatment*: Lakukan rekrutmen proaktif untuk posisi kritis. Adakan program pelatihan atau sertifikasi berkelanjutan untuk meningkatkan kompetensi dan kualifikasi tenaga kerja yang ada.

##### 2. Manajemen Kompetensi dan Kebugaran:

- Solusi: Tetapkan standar kompetensi yang jelas untuk setiap posisi. Lakukan evaluasi berkala dan program *refresher training*. Terapkan pemeriksaan kesehatan rutin (*medical check-up*) untuk memastikan kebugaran personil, terutama untuk pekerjaan berisiko tinggi.
- *Treatment*: Jika ada personil *unfit*, segera lakukan penggantian sementara sambil memberikan dukungan untuk pemulihan atau pelatihan ulang.

##### 3. Optimalisasi Alokasi dan Rotasi *Manpower*:

- Solusi: Kembangkan sistem penjadwalan dan alokasi *manpower* terpusat yang bisa melihat ketersediaan dan kebutuhan di semua proyek/area kerja. Terapkan rotasi tugas untuk mencegah kejenuhan dan mengembangkan skillset yang beragam.
- *Treatment*: Komunikasikan prioritas pekerjaan secara jelas jika ada perpindahan *manpower* antar tugas (misal, *welder* fokus ke tangki F).

##### 4. Manajemen Cuti dan Libur yang Terencana:

- Solusi: Buat jadwal cuti tahunan yang terencana dengan baik, di luar periode puncak pekerjaan. Edukasi karyawan tentang pentingnya pengajuan cuti jauh hari.
- *Treatment*: Untuk hari libur nasional (seperti Tahun Baru Hijriah), siapkan *manpower* cadangan atau rencanakan kompensasi lembur bagi yang bersedia masuk. Kembangkan kebijakan *on-call* untuk situasi darurat.

##### 5. Strategi Kemitraan Subkontraktor yang Adaptif:

- Solusi: Diversifikasi daftar subkontraktor untuk pekerjaan kritis. Tinjau ulang kontrak dengan subkontraktor untuk memasukkan klausul ketersediaan dan penalti jika terjadi *waste* yang disebabkan oleh mereka.
- *Treatment*: Bangun hubungan jangka panjang dengan subkontraktor yang terbukti andal. Identifikasi alternatif subkontraktor atau siapkan tim internal untuk pekerjaan yang bisa dialihkan jika subkontraktor utama tidak tersedia.

#### b. Alternatif Solusi dan *Treatment* Terhadap Ketersediaan dan Kondisi Alat/Armada

1. Implementasi Program Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance - PM*):
    - Solusi: Buat jadwal PM yang ketat untuk semua alat berat, armada, dan *tools*. Lakukan inspeksi pra-operasi harian dan mingguan. Latih operator untuk melakukan perawatan dasar dan melaporkan kerusakan segera.
    - *Treatment*: Alokasikan anggaran khusus untuk PM. Libatkan vendor alat untuk program pemeliharaan atau pelatihan internal.
  2. Manajemen Suku Cadang yang Efisien:
    - Solusi: Kembangkan sistem inventaris suku cadang kritis (*min/max stock*). Jalin kontrak dengan pemasok suku cadang untuk pengiriman cepat atau *consignment stock*.
    - *Treatment*: Identifikasi suku cadang yang memiliki waktu tunggu lama dan pesan jauh-jauh hari.
  3. Peningkatan Kapasitas Armada dan *Tools*:
    - Solusi: Lakukan analisis kebutuhan armada/*tools* berdasarkan volume proyek yang diproyeksikan. Pertimbangkan investasi dalam penambahan unit atau penyewaan jangka panjang dengan penyedia terpercaya.
    - *Treatment*: Untuk armada DT/TM yang tidak tersedia karena "penuh pesanan", pertimbangkan opsi leasing tambahan atau outsourcing pengiriman pada jam sibuk.
  4. Sistem Monitoring Kondisi Alat (*Condition Monitoring*):
    - Solusi: Pasang sensor atau terapkan sistem monitoring untuk mendeteksi potensi kerusakan pada alat berat sebelum terjadi *breakdown* total (misalnya, untuk crane atau genset).
    - *Treatment*: Lakukan perbaikan segera berdasarkan temuan monitoring.
  5. Standarisasi Penggunaan dan Pelatihan Operator:
    - Solusi: Buat *Standard Operating Procedure (SOP)* untuk penggunaan dan pengoperasian setiap alat. Pastikan semua operator terlatih dan bersertifikat sesuai standar.
    - *Treatment*: Lakukan audit kepatuhan terhadap SOP secara berkala.
- c. Alternatif Solusi dan *Treatment* Terhadap Isu Kualitas/Inspeksi/Persetujuan
1. Peningkatan Kontrol Kualitas di Setiap Tahap:
    - Solusi: Terapkan *Quality Control Plan* yang komprehensif mulai dari pengadaan material hingga pekerjaan akhir. Lakukan inspeksi material masuk (misal, sampel beton di *batching plant*). Tingkatkan pengawasan lapangan.
    - *Treatment*: Jika mutu beton tidak sesuai, hentikan pengecoran, identifikasi penyebabnya (misal, kualitas semen/agregat, campuran, air), dan perbaiki prosedur. Untuk *crack* atau *void*, lakukan investigasi menyeluruh dan *rework* sesuai standar.
  2. Percepatan Proses Inspeksi dan Persetujuan:
    - Solusi: Tetapkan SLA (*Service Level Agreement*) untuk waktu respons inspeksi dan persetujuan oleh *owner* atau pihak terkait. Gunakan platform digital untuk pengajuan dan pelacakan dokumen persetujuan.
    - *Treatment*: Lakukan komunikasi proaktif dengan *owner* mengenai jadwal inspeksi. Sediakan semua dokumen pendukung dengan lengkap dan akurat di awal. Jika ada penolakan brand, segera ajukan alternatif dan lakukan klarifikasi teknis yang cepat.

3. Penguatan Komunikasi dan Koordinasi:
  - Solusi: Adakan meeting koordinasi rutin antara tim proyek, owner, subkontraktor, dan vendor. Tetapkan PIC (*Person in Charge*) untuk setiap proses persetujuan.
  - *Treatment*: Jika proses klarifikasi terhambat, eskalasi ke manajemen yang lebih tinggi. Berikan informasi yang jelas dan lengkap untuk menghindari revisi berulang.
- d. Alternatif Solusi dan *Treatment* Terhadap Keterlambatan Proses/Jadwal
  1. Perencanaan Jadwal yang Realistis dan Dinamis:
    - Solusi: Gunakan perangkat lunak manajemen proyek untuk membuat jadwal yang lebih detail dan mempertimbangkan *critical path*. Sertakan *buffer time* untuk potensi keterlambatan yang wajar.
    - *Treatment*: Lakukan review jadwal harian/mingguan dan sesuaikan berdasarkan progres aktual dan kendala yang muncul.
  2. Optimasi Alur Kerja (*Workflow Optimization*):
    - Solusi: Identifikasi *bottleneck* dalam setiap proses (misal, loading concrete di batching plant). Kaji ulang prosedur kerja untuk menghilangkan langkah-langkah yang tidak perlu.
    - *Treatment*: Tingkatkan koordinasi dengan batching plant untuk memastikan ketersediaan TM. Jika pekerjaan dimulai siang karena menunggu proses sebelumnya, coba paralelkan kegiatan jika memungkinkan atau percepat proses di hulu.
  3. Peningkatan Koordinasi Lintas Fungsi/Pihak:
    - Solusi: Adakan *daily huddle* atau **toolbox meeting** untuk memastikan semua tim memahami jadwal dan keterkaitan pekerjaan. Gunakan komunikasi dua arah yang efektif.
    - *Treatment*: Jika ada keterlambatan dari satu tim/pihak, segera identifikasi penyebabnya dan libatkan manajemen untuk mencari solusi cepat.

Berdasarkan identifikasi akar masalah yang telah dilakukan, sejumlah alternatif solusi dan treatment dapat dirumuskan untuk meminimalkan dampak *waste DOWNTIME* terhadap waktu produksi proyek.

**Tabel 3 Alternatif Solui dan Treatment Waste DOWNTIME Jalur Kritis**

| Jenis Waste    | Akar Masalah                                  | Alternatif Solusi dan Treatment   |
|----------------|---|---|
| Waiting        | • Absensi tenaga kerja ( <i>unfit</i> , cuti) | • Penjadwalan <i>shift</i> & tenaga cadangan ( <i>manpower buffer</i> ) |
|                | • Keterlambatan material/alat                 | • Daily <i>coordination meeting</i> lintas fungsi                       |
|                | • Penundaan oleh owner                        | • Mekanisme eskalasi keputusan proyek                                   |
| Defect         | • Mutu beton tidak sesuai                     | • <i>Pre-inspection checklist</i> & uji material                        |
|                | • Alat kerja rusak                            | • Penerapan method statement dan SOP ketat                              |
|                | • <i>Void</i> akibat kondisi tanah            | • QC lapangan aktif dan berwenang                                       |
| Transportation | • Kekurangan armada <i>dump truck</i>         | • Penjadwalan ulang pergerakan armada berbasis prioritas jalur kritis   |
|                |   | • Penyediaan vendor/subkontraktor alternatif                            |

### Validasi Hasil Analisis *Expert Judgement*

Untuk memastikan bahwa analisis *variance* dan *schedule variance* yang dilakukan sebelumnya sesuai dengan kondisi aktual di lapangan, dilakukan validasi terhadap temuan melalui wawancara dan diskusi bersama *expert* pakar yang sesuai dengan bidangnya. Validasi dilakukan terhadap dua beberapa aspek, yakni *variance* yang bersumber dari *constraint log* (kendala saat pekerjaan berlangsung), *schedule variance* yang merupakan selisih antara rencana (*baseline*) dan pelaksanaan *actual*, serta kesesuaian solusi yang diusulkan terhadap prinsip-prinsip *Lean Construction*.

### Validasi *Variance*

Berdasarkan hasil validasi *expert*, beberapa kendala yang secara konsisten muncul dan dianggap valid sebagai penyebab utama terjadinya *variance* pada proyek EPC adalah:

a. *Manpower*

*Variance* akibat keterbatasan tenaga kerja seperti cuti atau kondisi fisik yang tidak *fit* menjadi penyebab dominan. Hal ini diperkuat dengan komentar bahwa *manpower* sering menjadi faktor utama keterlambatan karena produktivitas rendah dan kurangnya strategi perencanaan tenaga kerja.

b. Peralatan

*Variance* juga muncul dari kondisi alat yang rusak atau tidak tersedia, serta keterbatasan armada transportasi. Solusi yang diajukan adalah penyediaan alat cadangan dan inspeksi harian.

c. Administrasi dan Kualitas

Persetujuan dokumen yang terlambat, klarifikasi dokumen, serta mutu beton yang tidak sesuai termasuk ke dalam *variance* administratif dan kualitas. Hal ini menimbulkan waktu tunggu dalam proses eksekusi.

d. Jadwal atau Progres

*Variance* ini berkaitan dengan rendahnya produktivitas dan perencanaan jadwal yang kurang rinci. Diidentifikasi bahwa perubahan rencana menjadi salah satu penyebab utama perbedaan waktu di lapangan.

e. Material & Logistik

Keterbatasan armada, logistik yang terlambat, dan tidak adanya alternatif *supplier* menyebabkan hambatan distribusi yang berdampak pada jadwal produksi. *Variance* ini diklasifikasikan lebih lanjut berdasarkan klasifikasi pemborosan yang meliputi pemborosan SDM, peralatan, administrasi, serta keterlambatan pekerjaan. Secara umum, dominasi *variance* berada pada *constraint log* yang berulang muncul dalam aktivitas jalur kritis.

### Validasi *Schedule Variance*

*Schedule variance* diidentifikasi terjadi sangat sering dalam proyek EPC berdasarkan pengalaman praktisi. Hal ini terlihat dari kotak centang “Sangat Sering” pada bagian validasi. Penyebab dominan dari *schedule variance* antara lain:

- Perubahan perencanaan (*change*)
- Tidak adanya *buffer* logistik
- Subkontraktor tidak hadir sesuai kontrak
- Kurangnya *shipping plan* atau alternatif *supplier*

- Aktivitas jalur kritis yang terdampak oleh persetujuan dokumen yang lambat atau masalah mutu

Responden menyebut bahwa PPC (*Percent Plan Complete*) menjadi indikator penting dalam memantau *schedule variance*. Jika target PPC tidak tercapai terutama pada *critical item*, maka akan berdampak langsung terhadap keterlambatan aktivitas jalur kritis.

### Validasi Hasil

Dari form validasi yang diberikan, diperoleh tanggapan terhadap beberapa aspek berikut:

**Tabel 5 Hasil Validasi Expert Judgement**

| No | Aspek yang Divalidasi   | Tanggapan Responden | Keterangan atau Catatan Tambahan   |
|----|---|---------------------|--|
| 1  | Ketepatan hasil identifikasi <i>variance</i> dan pekerjaan kritis | Valid               | Sudah sesuai dengan pengamatan lapangan  |
| 2  | Penjelasan penyebab keterlambatan dan percepatan pekerja          | Valid               | Penjelasan cukup jelas, bisa diperkuat dengan dokumentasi teknis (jika ada)            |
| 3  | Relevansi <i>variance</i> yang dianalisis                         | Valid               | <i>Variance</i> aktual di lapangan tercermin dalam data yang ditampilkan               |
| 4  | Usulan solusi atau <i>treatment</i> terhadap <i>variance</i>      | Valid               | Pendekatan lean sudah tepat, beberapa poin bisa diperkuat dengan <i>lesson learned</i> |
| 5  | Format dan bahasa penyajian dalam narasi hasil analisis           | Valid               | Sudah sistematis dan mudah dipahami  |

Berikut ini merupakan hasil tanggapan dari responden berdasarkan butir-butir yang dikonfirmasi:

#### 1. Kesesuaian Analisis *Variance* dengan Realita Lapangan

Responden menyatakan bahwa analisis *variance* yang disusun telah sesuai dengan kondisi lapangan. Aktivitas-aktivitas yang diidentifikasi mengalami keterlambatan, seperti Install Rebar dan Formwork, memang terbukti mengalami deviasi pelaksanaan dari baseline schedule. Responden membenarkan bahwa keterlambatan pada aktivitas tersebut menjadi penghambat signifikan pada kemajuan proyek di periode tersebut. Selain itu, responden juga sepakat bahwa beberapa aktivitas mengalami percepatan, namun tetap berisiko menimbulkan *waste* apabila pekerjaan setelahnya belum siap dilaksanakan.

#### 2. Penetapan Jalur Kritis dan Total Slack

Responden mengakui bahwa penentuan aktivitas yang berada dalam jalur kritis telah tepat dan konsisten dengan kondisi aktual. Aktivitas-aktivitas yang memiliki nilai  $slack = 0$  memang berada pada lintasan kritis dan harus diawasi ketat. Selain itu, responden mengapresiasi penggunaan total *slack* sebagai indikator pengelompokan risiko keterlambatan dalam analisis, terutama dalam membedakan antara *schedule variance* yang berdampak langsung terhadap produksi dengan yang masih memiliki buffer waktu.

#### 3. Keakuratan Pencatatan *Variance*

Validasi juga menilai bahwa pencatatan *variance* yang digunakan sebagai variabel tambahan dalam analisis telah representatif. Responden menyatakan bahwa form *constraint log* yang digunakan dalam proyek telah memuat kendala aktual yang memengaruhi jadwal, seperti keterlambatan material dari vendor, perizinan kerja (*work permit*), hingga hambatan teknis di lapangan. Poin ini memperkuat

pendekatan *Lean Construction* yang menekankan penghapusan *waste*, termasuk dari segi waktu tunggu akibat *constraint*.

#### 4. Kelayakan Solusi dan Rekomendasi

Terhadap alternatif solusi dan *treatment* yang ditawarkan pada aktivitas-aktivitas yang mengalami *variance*, responden memberikan umpan balik positif. Langkah-langkah seperti penjadwalan ulang (*resequencing*), percepatan aktivitas non-kritis, dan penerapan *parallel work* dinilai realistis dan sesuai dengan praktik *lean*. Namun demikian, responden menyarankan agar solusi disertai dengan penilaian risiko dan monitoring lebih lanjut, agar tidak menimbulkan dampak baru terhadap aktivitas selanjutnya.

#### 5. Kesesuaian dengan Prinsip *Lean Construction*

Responden menyampaikan bahwa pendekatan *Lean Construction* yang digunakan dalam analisis ini sudah cukup relevan, terutama dalam mengelompokkan *variance* sebagai bentuk *waste* pada waktu produksi. Responden juga mencatat bahwa penyisipan indikator *variance* dalam analisis menjadi nilai tambah karena memberikan konteks terhadap penyebab terjadinya *variance*, yang sejalan dengan konsep *constraint management* dalam *lean project delivery*.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pada periode Juni hingga September 2024, dapat disimpulkan bahwa Proyek Restorasi Tangki Mogas PT XYZ mengalami variabilitas pelaksanaan yang cukup signifikan terhadap *baseline* jadwal. Terdapat sejumlah aktivitas yang menunjukkan *schedule variance* berupa keterlambatan maupun percepatan, yang secara langsung memengaruhi keefektifan waktu produksi proyek. Dari total keseluruhan aktivitas yang dianalisis, ditemukan 46 aktivitas mengalami keterlambatan, 46 aktivitas mengalami percepatan, dan 45 aktivitas berjalan sesuai rencana. Sebanyak 33 aktivitas teridentifikasi berada pada jalur kritis, sehingga keterlambatannya memberikan dampak langsung terhadap durasi proyek secara keseluruhan.

Analisis periode Juni – September 2024 menunjukkan adanya aktivitas yang mengalami keterlambatan (*schedule variance positive*) maupun percepatan (*schedule variance negative*). *Schedule Variance* dengan total *slack* = 0 dikategorikan sebagai risiko kritis karena berdampak langsung pada keterlambatan jalur produksi. Sumber keterlambatan umumnya berasal dari *variance* yang tercatat selama pelaksanaan. *Variance* seperti keterlambatan pengadaan material, izin kerja, ketidaksiapan area kerja, hingga kendala koordinasi antar departemen berkontribusi terhadap kemunduran aktual mulai pekerjaan. Hal ini menunjukkan adanya *waste* dalam bentuk waktu tunggu (*waiting time*) yang sejalan dengan prinsip *lean construction*. Meskipun terdapat aktivitas yang dimulai lebih awal dari *baseline*, hal ini tidak menjamin peningkatan produktivitas apabila pekerjaan selanjutnya belum siap. Percepatan yang tidak sinkron menimbulkan potensi *idle time* atau bahkan *rework*, yang juga merupakan bentuk *waste*.

Ditinjau dari waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, terlihat bahwa *baseline Finish* proyek semula dijadwalkan pada tanggal 19 April 2025, namun aktual *Finish* bergeser menjadi 24 November 2025. Dengan demikian, terjadi keterlambatan penyelesaian proyek selama 219 hari kalender, yang mencerminkan adanya deviasi signifikan terhadap waktu produksi proyek. Dengan menggabungkan analisis *schedule variance*, *constraint log*, dan total *slack*, dapat dibentuk klasifikasi kategori *schedule variance* terhadap setiap aktivitas. Hal ini mendukung proses pengambilan keputusan dalam mengidentifikasi pekerjaan prioritas serta merancang *treatment lean* yang tepat. Solusi alternatif seperti

penjadwalan ulang, parallel working, dan optimalisasi buffer waktu terbukti layak diterapkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa *variance dominan* terjadi pada pekerjaan struktural seperti Install Rebar dan Formwork, yang umumnya berkaitan dengan kendala pasokan material, kesiapan alat berat, serta koordinasi antar pihak pelaksana.

Temuan ini divalidasi melalui *expert judgement* dengan pakar, yang mengonfirmasi bahwa keterlambatan tersebut merupakan konsekuensi dari hambatan lapangan dan belum optimalnya penerapan prinsip lean seperti *pull system* dan *reliable planning*. Selain itu, keberadaan *variance* seperti perubahan desain dan keterlambatan approval turut memperbesar potensi *schedule variance*. Validasi dari pakar mengonfirmasi bahwa solusi yang ditawarkan berdasarkan analisis *variance* dapat membantu mengurangi keterlambatan dan mendukung efisiensi alur produksi secara praktis. Dengan demikian, penerapan *lean construction* dalam proyek ini belum berjalan secara konsisten. Hal ini terlihat dari masih adanya *waste* berupa waktu tunggu dan *overprocessing*. Implementasi pendekatan *lean* secara lebih disiplin melalui metode seperti *last planner system*, kolaborasi tim lintas fungsi, serta monitoring harian berbasis *constraint log*, menjadi alternatif solusi yang dapat meningkatkan keandalan jadwal dan menekan potensi keterlambatan di masa mendatang.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Penerapan *lean construction* sebaiknya diperkuat, khususnya dalam penggunaan *tools* seperti *constraint log* dan *last planner system* untuk mengidentifikasi dan mengelola potensi kendala yang dapat menyebabkan *variance* terhadap jadwal.
2. Evaluasi berkala terhadap aktivitas proyek perlu dilakukan, terutama terhadap aktivitas yang berada di jalur kritis dan menunjukkan keterlambatan, agar penanganan dapat dilakukan lebih cepat dan tepat sasaran.
3. Kegiatan *monitoring* dan *controlling* harus berbasis data *variance*, baik dari perbandingan baseline dan aktual maupun dari *variance* yang tercatat selama pelaksanaan proyek.
4. Koordinasi antar pihak pelaksana proyek perlu ditingkatkan, agar perencanaan dapat dijalankan secara realistis dan potensi *waste* akibat penundaan dapat diminimalkan.
5. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi aspek lain seperti pengaruh *variance* terhadap biaya dan kualitas, serta mengintegrasikan metode analisis lain seperti *value stream mapping* untuk mendukung pengam bilan keputusan dalam manajemen proyek EPC.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrinaldi, F. H., & Nurcahyo, C. B. (2022). Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan pada Proyek Pembangunan Fasilitas Perkeretaapian Manggarai s.d. Jatinegara (Paket A) Tahap II “Main Line 1.” *Jurnal Teknik ITS*, 11(3). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.95417>
- Ady, W., & Simanjuntak, M. R. A. (2021). Prosiding CEEDRiMS 2021 Inovasi Teknologi dan Material Terbarukan Menuju Infrastruktur. *Prosiding CEEDRiMS*, 238–248.

- Allo, R. I. G., & Bhaskara, A. (2022). Waste Material Analisis With the Implementation of Lean Construction. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 343–355. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4494>
- Amalia, N., Ulfa Nabila, , Abbas, F. M., & Putra, W. D. (2024). Penerapan Prinsip Lean Conctruction Dalam Sistem Manajemen Mutu Konstruksi Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Kualitas. *Journal of Comprehensive Science*, 3(5).
- Bahtiar, W. (2020). *Evaluasi Waste dengan Penerapan Lean Construction (Studi Kasus : Pembangunan Jalan Tol KLBM Seksi II, Kabupaten Gresik, Jawa Timur)*. Lci.
- Ballard, G. (2000). The Last Planner System Of Production Control. *University of Birmingham*, 100(4), 1369–1371. <https://doi.org/10.1007/BF00837862>
- Ballard, G., & Tommelein, I. (2021a). 2020 Current Process Benchmark for the Last Planner System ® of Project Planning and Control. In *Lean Construction Journal* (Vol. 155). [www.leanconstructionjournal.org](http://www.leanconstructionjournal.org)
- Ballard, G., & Tommelein, I. (2021b). 2020 Current Process Benchmark for the Last Planner System ® of Project Planning and Control. In *Lean Construction Journal* (Vol. 155).
- Ballard, G., & Tommelein, I. (2021c). *Ballard and Tommelein: 2020 Current Process Benchmark for the Last Planner System ® of Project Planning and Control*. [www.leanconstructionjournal.org](http://www.leanconstructionjournal.org)
- Bhaskara, A., Ginting, A. A., & Masagala, A. M. (2022). Penerapan Konstruksi Ramping terhadap Waste pada Ruang Lingkup Manajemen Proyek (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Auditorium di Yogyakarta). *Semesta Teknika*, 25(1), 80–88. <https://doi.org/10.18196/st.v25i1.13403>
- Bigwanto, A., Widayati, N., Wibowo, M. A., & Sari, E. M. (2024). Lean Construction: A Sustainability Operation for Government Projects. *Sustainability (Switzerland)* , 16(8), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su16083386>
- Cahyono, F., Witjaksana, B., & Purnama, J. (2025). Cost and Time Analysis Using The Earned Value Method In The Construction of Villa Kandya House, Ubud, Bali. *Journal of Social Research*. <http://ijsr.internationaljournalallabs.com/index.php/ijsr>
- Delci, C. A. M. (2025). The effectiveness of last planner system (lps) in infrastructure project management. *Revista Científica Sistemática*, 15(2), 133–139. <https://doi.org/10.56238/rcsv15n2-009> Date
- Durdyev, S., & Hosseini, M. R. (2020). Causes of delays on construction projects: a comprehensive list. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13(1), 20–46. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2018-0178>
- Emblemsvåg, J. (2024). Lean project planning – Bridging last planner system and earned value management. *Heliyon*, 10(18). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37810>
- Fahrillah N., Z. Kiki N., Masarjo Dwi S. A., & Solihin F. T. (2022). Perencanaan Dan Penjadwalan Produksi Mainan Dengan Pendekatan Theory Of Constraint Pada PT. XYZ. *Bulletin of Applied Industrial EngineeringTheory*, 3(1), 83–90.
- Fauzan, M., & Sunindijo, R. Y. (2021). Lean construction and project performance in the Australian construction industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 907(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/907/1/012024>
- Ferdiandika, A. F., Nuciferani, F. T., & Choiriyah, S. (2024). *Implementation Of The Last Planner System ( On The Construction Project Of Al-Falah Junior High School )*. 05, 100–107.
- Firda, A. F., Asmawi, B., Akhirini, & Parlaungan, D. (2023). Produktivitas Dan Efektivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Lapis Pondasi Proyek Rehabilitasi Jalan. *Jurnal Deformasi*, 8(1), 100–110. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v8i1.11486>

- Francis, A., & Albert, T. (2020). Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of Cleaner Production Dimensions*, 252.
- Hamzah, A., Tjendani, H. T., & Witjaksana, B. (2025). Evaluation of Cost Performance In The Surabaya-Gempol Toll Road Reconstruction Project Using Schedule Variance (SV) and Cost Variance (CV) Analysis Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0). *Asian Journal of Social and Humanities*, 3. <https://ajosh.org/>
- Hansen, S. (2024). *Analisis Relative Importance Indeks ( RII ) terhadap Faktor Penghambat Perkembangan Industri Konstruksi di Indonesia*. 45(2), 191–203. <https://doi.org/10.14710/teknik.v45i2.62677>
- Harita, H., Waruwu, E., Lase, D., & Zebua, F. D. (2025). OPTIMALISASI MANAJEMEN RISIKO PADA PROYEK KONSTRUKSI UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI WAKTU DAN PENGENDALIAN BIAYA. *Journal Kelitbangan*, 13(1), 1–9.
- Idris, H., Nurnajamuddin, M., & Nurpadila, N. (2023). Transformasi Manajemen Produksi melalui Inovasi dan Total Quality Management (TQM): Memperkuat Kualitas dan Efisiensi Operasional : A Narrative Review. *SEIKO: Journal of Management & Business*, 6(2), 457–473.
- Jamal, & Ian, M. R. (2025). ANALISIS FAKTOR PENYEBAB KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI DI INDONESIA. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 10, 1–8.
- Jayanetti, J. K. D. D. T., Perera, B. A. K. S., Waidyasekara, K. G. A. S., & Siriwardena, M. (2023). Critical Analysis of Lean Construction Maturity Models: A Systematic Literature Review. *Buildings*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/buildings13061508>
- Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., & Tommelein, I. (2007). The foundations of lean construction. *Design and Construction*, January, 211–226. <https://doi.org/10.4324/9780080491080>
- Lappalainen, E., Reinbold, A., & Seppänen, O. (2023). PLANNED PERCENTAGE COMPLETED IN CONSTRUCTION – A QUANTITATIVE REVIEW OF LITERATURE. *Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC*, 31, 1104–1115. <https://doi.org/10.24928/2023/0104>
- Lean Construction Institue. (2023). *LAST PLANNER SYSTEM STANDARD WORK ® TABLE OF CONTENTS*.
- Lean Construction Institute. (n.d.). *Lean tenets: The principles of Lean Construction*. Lean Construction Institute. Retrieved May 29, 2025, from <https://leanconstruction.org/about/lean-tenets>
- Lean Construction Institute. (2025a). *8 Waste Of Lean*. <https://leanconstruction.org/lean-topics/8-wastes-of-lean/>
- Lean Construction Institute. (2025b). *Last Planner System®*. <https://leanconstruction.org/lean-topics/last-planner-system/>
- Lean Construction Institute. (2025c). *Lean Construction*. <https://leanconstruction.org/lean-topics/lean-construction/>
- Lendra, L., Sintani, L., Salonten, S., Robby, R., & Faqih, N. (2025). Optimalisasi Manajemen Nilai Hasil untuk Pengendalian Waktu dan Biaya: Studi Kasus Proyek Drainase. *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology*, 8(1), 94–104. <https://doi.org/10.32500/jematech.v8i1.6963>
- Mandela, W., & Sitepu, C. I. (2023). Analisis waktu dan biaya berdasarkan analisa produktivitas tenaga kerja pada proyek pembangunan Gedung Kir Kota Sorong. *Jurnal Teknik Sipil Karkasa*, 9(2), 22–32.

- Manihuruk, A. P. S. F. M. G. M. H. E. G. P. R. (2022). Analisis Penerapan Last Planner System di Proyek Pembangunan Stadion Banten ( Analysis of the Implementation of the Last Planner System in the Analisis Penerapan Last Planner System di Proyek Pembangunan Stadion Banten Analysis of the Implementation of th. *ResearchGate*, March, 0–13.
- Maulana, A., Syarief, R., & Taryana, A. (2024). Strategi Diversifikasi dan Pengembangan Portofolio Bisnis Pada Perusahaan Milik Negara PT. Hutama Karya. *MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah*, 19(1), 8–18. <https://doi.org/10.29244/mikm.19.1.8-18>
- McKinsey, & Company. (2023). *Seize the decade: Maximizing value through preconstruction excellence*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/seize-the-decade-maximizing-value-through-pre-construction-excellence%0A%0A>
- Megawati, L. A., & Lirawati. (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>
- Mirayudia, L. E. G., Bintana, I. B. P., & Paramita, I. P. D. (2023). Analisis Metode Lean Construction dan Penjadwalan CCPM dalam Mereduksi Nonphysical Construction Waste (Studi Kasus : Proyek Pembuatan Gedung PKP-PK di Bandara I Gusti Ngurah Rai). *In Proceedings*, 9(1), 181–191.
- Mokoagow, J. A., Rifai, A., & Shebubakar, A. (2024). Aspek Kontraktual Pelaksanaan Perjanjian Konsorsium Kontraktor Pada Struktur Split Contract. *Unes Journal of Swara Justisia*, 8(1), 95–112. <https://doi.org/10.31933/ujsj.v8i1.481>
- Negara, A. S., Rifai, A., & Shebubakar, A. (2024). Resiko Kontraktual Pelaksanaan Kontrak Engineering Procurement Construction (EPC) Dengan Pola Pembiayaan Proyek. *Unes Journal of Swara Justisia*, 8(1), 223–236. <https://doi.org/10.31933/995mz446>
- Nurafifah, N. M., Dewita, H., & Sembiring, K. (2025). *Analisis Waktu pada Pekerjaan Tambahan Proyek Pembangunan Gedung*. 9(1), 101–108.
- Nurchahyo, C. B., Joko, T., Adi, W., Utomo, C., & Indryani, R. (2025). *Pelatihan Pengembangan Infrastruktur Berkelanjutan Melalui Penerapan Konstruksi Ramping Skala UMKM*. 9(2).
- Nursin, A., Fitria, & Sari, W. (2020). *Last Planner System Pada Proyek Rumah Susun Transit Oriented Development*. 2715–5668.
- Pradana, A. Y., & Pulansari, F. (2021). Analisis Pengukuran Waktu Kerja Dengan Stopwatch Time Study Untuk Meningkatkan Target Produksi Di Pt. Xyz. *Juminten*, 2(1), 13–24. <https://doi.org/10.33005/juminten.v2i1.217>
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, . (2018). *Guide to the project management body of knowledge*. PROJECT MANAGEMENT INST.
- Putri, P. S., Sm, H., & Iduwin, T. (2024). *Analisis Penjadwalan Pada Proyek EPC Berbasis Critical Chain Management*.
- Putu, N., Larashati, O., Praganingrum, T. I., Luh, N., Ayu, M., & Pradnyadari, M. (2024). ANALISIS MONITORING VARIAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK SETELAH TERJADINYA CONTRACT CHANGE ORDER MENGGUNAKAN PROGRAM MICROSOFT PROJECT. *Jurnal Ilmiah Teknik UNMAS*, 4(1).
- Ruff, Y. Y., & Andreas, A. (2024). *Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan dan Percepatan Proyek menggunakan Metode Fast Track, Crash Program dan Penambahan Shift Kerja (Studi Kasus: Proyek EPC Sumbawa)*. 4(1), 24–33.

- Rusdiana, V., Ardra, F. R., Utama, A. B., & Friatmojo, E. K. (2022). Penerapan Last Planner System Pada Proyek Penataan Kawasan Masjid Di Kota Semarang The Application Of Last Planner System At Mosque Area Development Project In Semarang City. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 21(2), 161–172.
- Santoso, K. J., Wijaya, K. A., Chandra, H. P., & Ratnawidjaja, S.-. (2021). Potret industri konstruksi di surabaya dalam masa pandemi Covid-19. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 10(1), 57–64.
- Saputra, R. H. (2023). Analisis Pengaruh Penerapan Lean Construction Pada Waste Material Terhadap Kinerja Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 45–52. <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v13i1.964>
- Sari, O. L., Situmorang, R., & Septiana, N. (2023). Penanganan Faktor Penyebab Waste Dengan Menggunakan Pendekatan Lean Construction (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Sei Alalak Banjarmasin). *Spektrum Sipil*, 10(2), 147–152. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v10i2.271>
- Sekarningtyas, N., Priastiwi, Y. A., & Widayat, W. (2024). *Evaluasi Waktu Pekerjaan Bored Pile dengan Lean Construction Metode Last Planner System pada Proyek RSWS Makassar*. 2(3), 136–140.
- Setiawan, B. (2023). Pendekatan Lean Construction dalam Penggunaan Sumber Daya dalam Proyek Konstruksi. *Journal Of Social Science Research*, 4, 5311–5325.
- Setiawan, F., & Janizar, S. (2021). Percepatan Jadwal Konstruksi Dan Pengaruhnya Terhadap Biaya Penyelesaian Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 2(1), 23–58. <https://doi.org/10.51988/vol1no1bulanjulitahun2020.v2i1.29>
- Sidik, M. Z. (2024). Manajemen Risiko dalam Proyek Konstruksi: Mencegah Keterlambatan dan Pembengkakan Biaya. *Teknik Sipil*, 1–8.
- Simanjuntak, M. R. A., & Christin, B. (2020). *Analisis Faktor-Faktor Risiko Contingency Cost Proyek Epc Pipeline Analysis of Risk Factors Contingency Cost Epc Pipeline Project*. 4, 429–437.
- Subakti, A. A., & Harefa, M. B. (2021). KAJIAN LEAN CONSTRUCTION PADA PROYEK PEMBANGUNAN JARINGAN IRIGASI SIDILANITANO KABUPATEN TAPANULI UTARA Asri. *Juitech*, 5(1).
- Sudarsana, A. G., & Herzanita, A. (2024). *PEMBANGUNAN GEDUNG FASILITAS PENGEMBANGAN SKALA PILOT ( GEDUNG NO 34 ) ( STUDI KASUS : PEKERJAAN BORED PILE ) ramping tersebut adalah The Last Proyek pembangunan Gedung Fasilitas ( Gedung dan mengkaji implementasi penggunaan Last Planner System ( LPS ) ke. 6(2)*.
- Suparno, Teki Tjendani, H., & Witjaksana, B. (2025). Analysis of Cost and Schedule Variances Using Earned Value Method on Waru-Buduran Frontage Road Bridge Construction Project. In *Asian Journal of Engineering, Social and Health* (Vol. 4, Issue 2). <https://ajesh.ph/index.php/gp>
- Tamalika, T., & Fuad, I. S. (2022). Analisis Penjadwalan Waktu Pekerjaan Proyek Poltekkes Jurusan Farmasi Tahap I dalam Perspektif Manajemen Proyek. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 8207–8214.
- 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>
- Tanjung, D., & Yahfizham, Y. (2024). Perancangan Aplikasi Manajemen Proyek Sistem Informasi Dalam Pengelolaan Kosan D2 Berbasis Web. *Syntax : Journal of Software Engineering, Computer Science and Information Technology*, 5(1), 378–384. <https://doi.org/10.46576/syntax.v5i1.4479>

- Tanuwihardjo, G. A., Anondho, B., & Sutandi, D. A. (2025). *ANALISIS METODE EARNED VALUE UNTUK DURASI PENYELESAIAN PEMBANGUNAN PROYEK X DI KARAWANG* (Vol. 8, Issue 2).
- Teki Tjendani, H., & Witjaksana, B. (2025). Analysis of Cost and Schedule Variances Using Earned Value Method on Waru-Buduran Frontage Road Bridge Construction Project. In *Asian Journal of Engineering, Social and Health* (Vol. 4, Issue 2). <https://ajesh.ph/index.php/gp>
- Utama, W., & Syairudin, B. (2021). Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi dengan Metode Critical Chain Project Management dan Root Cause Analysis. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.54339>
- 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>
- Widyarso, R., Witjaksana, B., & Purnama, J. (2025a). *ANALYSIS OF COST AND TIME VARIANCE IN CONSTRUCTION PROJECTS USING CV AND SV PARAMETERS: A CASE STUDY OF THE JEMBER LUNG HOSPITAL BUILDING*. 5(1).
- Widyarso, R., Witjaksana, B., & Purnama, J. (2025b). *ANALYSIS OF COST AND TIME VARIANCE IN CONSTRUCTION PROJECTS USING CV AND SV PARAMETERS: A CASE STUDY OF THE JEMBER LUNG HOSPITAL BUILDING*. 5(1).
- Winoto, M. C., Guwinarto, K., & Limanto, S. (2023). Faktor Penyebab dan Dampak Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi menurut Kontraktor terhadap Indikator Performa Proyek. *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 12, 57–63.
- Yuniar, R., Handayani, E., & Amalia, K. R. (2023). Analisa Waste Material Konstruksi Dengan Menggunakan Metode Lean Construction Studi Kasus: Pekerjaan Pembangunan Puskesmas Purwodadi Kabupaten Tanjung Jabung Barat. *Jurnal Civronlit Unbari*, 8(2), 83. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v8i2.119>
- Yurianto, Y., & Kadri, T. (2020). Identifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keterlambatan Proyek Infrastruktur Kereta Cepat Jakarta-Bandung. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 3(1), 35–41. <https://doi.org/10.25105/cesd.v3i1.8022>