

## Identifikasi *Waste* pada Proyek Jalan Tol Kayu Agung-Palembang Betung dengan Menggunakan *Lean Construction*

Tri Hartono<sup>(1)</sup>, Mohd. Isneini<sup>(2)</sup>, Masdar Helmi<sup>(3)</sup>, C. Niken DWSBU<sup>(4)</sup>,  
Vera Agustriana Noorhidana<sup>(5)</sup>

Program Magister Teknik Sipil, Universitas Lampung,  
Bandar Lampung, 35141, Lampung, Indonesia

Email: <sup>1</sup>thartono81@gmail.com, <sup>2</sup>mohd.isneini@eng.unila.ac.id, <sup>3</sup>  
masdar.helmi@eng.unila.ac.id, <sup>4</sup>chatarinaniken@yahoo.com,  
<sup>5</sup>vera.agustriana@eng.unila.ac.id

---

### Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

---

### Sejarah Artikel

Diterima 27 Januari 2025  
Direvisi 05 Agustus 2025  
Disetujui 23 Mei 2026  
Dipublikasikan 23 Mei 2026

---

### Keywords:

*Lean Construction, Waste, Project Efficiency*

**Abstract:** *Development in Indonesia continues to increase in line with growing community needs. In South Sumatra Province, one of the projects currently underway is the Kayu Agung – Palembang – Betung Toll Road. This study is expected to contribute to the development of Lean Construction methodology in Indonesia and provide practical recommendations for other infrastructure projects. The application of Lean principles in this project has significant potential to reduce waste and improve efficiency. The results of the study show that out of eight categories of waste, seven types of waste were identified. The two most dominant were Defects (24.14%) and Waiting (20.69%). The dominance of Defects indicates weaknesses in quality control, which leads to rework, cost overruns, and reduced resource efficiency. Meanwhile, the high level of Waiting illustrates a lack of synchronization in the workflow due to delays in material supply, ineffective coordination, and slow decision-making. The combination of these two factors has a direct impact on decreased productivity, schedule delays, and increased budgets. Therefore, this study emphasizes the need for stricter quality control and time management strategies through the application of Lean Construction principles.*

---

### Kata Kunci:

*Lean Construction, Pemborosan (Waste), Efisiensi Proyek*

---

### Corresponding Author:

Name:  
Tri Hartono  
Email:  
thartono81@gmail.com

**Abstrak:** Perkembangan pembangunan di Indonesia terus meningkat seiring bertambahnya kebutuhan masyarakat. Di Provinsi Sumatera Selatan, salah satu proyek yang tengah dikerjakan adalah Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan metodologi *Lean Construction* di Indonesia serta memberikan rekomendasi aplikatif bagi proyek infrastruktur lainnya. Penerapan prinsip *Lean* pada proyek ini berpotensi signifikan dalam mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari delapan kategori waste, teridentifikasi tujuh jenis pemborosan. Dua

yang paling dominan adalah *Defects* (24,14%) dan *Waiting* (20,69%). Dominasi *Defects* mengindikasikan kelemahan dalam pengendalian mutu sehingga memicu pengerjaan ulang, pembengkakan biaya, dan penurunan efisiensi sumber daya. Sementara itu, tingginya *Waiting* menggambarkan ketidaksinkronan alur kerja akibat keterlambatan pasokan material, koordinasi yang kurang efektif, maupun lambatnya pengambilan keputusan. Kombinasi keduanya berdampak langsung pada turunnya produktivitas, keterlambatan jadwal, dan meningkatnya anggaran. Oleh karena itu, penelitian ini menekankan perlunya strategi pengendalian kualitas dan manajemen waktu yang lebih ketat melalui penerapan prinsip *Lean Construction*.

## PENDAHULUAN

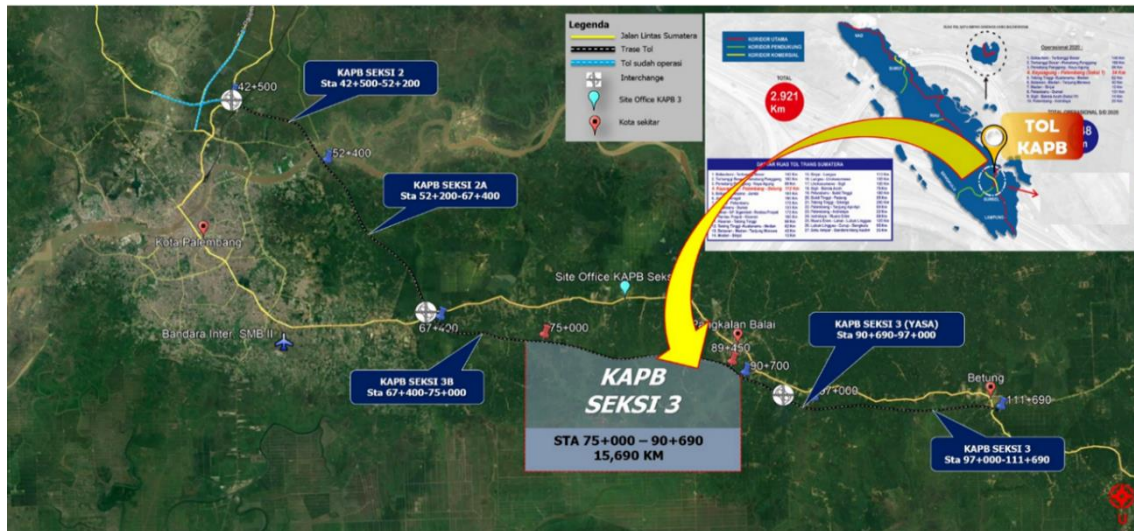
Perkembangan pembangunan di wilayah Indonesia semakin meningkat dengan bertambahnya kebutuhan masyarakat (Lige et al., 2023) seiring dengan fokusnya pemerintah dalam membangun infrastruktur guna mendorong pertumbuhan ekonomi serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Pamungkas et al., 2024). Dalam 10 tahun terakhir pemerintah Indonesia cukup massif dalam pembangunan infrastruktur, tak terkecuali proyek pembangunan jalan (Hapito et al., 2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh pembangunan jalan tol berpengaruh terhadap nilai lahan disekitarnya, nilai jual lahan akan naik karena letak yang strategis. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi jalan, keberadaan sisa material hampir tidak dapat dihindari karena dipengaruhi oleh berbagai kondisi di lapangan (Sugiyarto et al., 2017) permasalahan ini merupakan isu penting yang memerlukan penyelesaian segera (Allo & Bhaskara, 2022). Pada industri konstruksi ditandai dengan semakin banyaknya permasalahan yang sering muncul, tantangan utama yang dihadapi industri konstruksi di Indonesia terletak pada aspek manajemen pengelolaan konstruksi (Islami et al., 2025). Jalan Tol Trans Sumatera, salah satu jalan tol terpanjang yang sedang dibangun di Indonesia, direncanakan memiliki panjang 2.818 km dan melintasi 10 provinsi (Susanti et al., 2019).

Di Provinsi Sumatera Selatan, salah satu proyek yang tengah dibangun adalah Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung. Sebagaimana proyek infrastruktur berskala besar lainnya, pembangunan ruas ini juga tidak terlepas dari berbagai hambatan, baik teknis maupun nonteknis (Mandagi et al., 2022). Salah satu isu utama yang muncul dalam pelaksanaannya adalah terjadinya pemborosan (waste) (Kabirifar et al., 2020), yang berdampak pada menurunnya tingkat efisiensi proyek (Fitriani et al., 2025). Namun, masalah waste ini selalu menjadi masalah yang berulang di setiap proyek konstruksi (Suripto & Susanti, 2021). (Julisa et al., 2019) bahwa pemborosan dalam konstruksi bisa mencapai 30% dari total sumber daya yang digunakan, terutama dalam bentuk waktu yang terbuang, tenaga kerja yang tidak efisien, serta material yang berlebih. Lean construction adalah metode kerja yang menekankan pada proses dengan menerapkan prinsip-prinsip tertentu dalam pelaksanaan proyek konstruksi (Chasan Mudzakir et al., 2017). Pengelolaan limbah material dalam proyek konstruksi memegang peranan penting untuk mewujudkan keberlanjutan serta meningkatkan efisiensi (Silaban & Pamungkas, 2023). Dalam penerapannya prinsip lean pada lean construction tidak bisa semata-mata menduplikasi lean production karna memiliki perbedaan signifikan pada proses produksi, Penelitian lebih lanjut oleh (Berawi et al., 2023) mengidentifikasi faktor-faktor penyebab limbah pada kegiatan konstruksi, dan menemukan 15 aktivitas non-value-added (NVA) yang dapat dieliminasi untuk meningkatkan kinerja proyek secara keseluruhan (Berawi et al., 2023).

Proyek Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung, sebagai bagian dari proyek strategis nasional di Indonesia, menghadapi tantangan yang sama terkait pemborosan dan inefisiensi (Indriani et al., 2025). Kendala seperti cuaca, logistik, dan pengelolaan sumber daya sering kali menyebabkan terjadinya waste, baik dalam bentuk waktu yang terbuang, kelebihan material (Rahmawati et al., 2021), maupun penggunaan tenaga kerja yang tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi waste pada proyek Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung dengan pendekatan Lean Construction karena, Waste dari material yang ditimbulkan akibat kegiatan konstruksi dapat menyebabkan kerusakan lingkungan (Alrizal et al., 2023). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metodologi Lean di Indonesia serta memberikan rekomendasi yang aplikatif untuk proyek-proyek infrastruktur lainnya di masa depan. Penerapan prinsip Lean Construction di proyek ini berpotensi memberikan manfaat signifikan dalam hal pengurangan waste dan peningkatan efisiensi (Fazri & Rahmawati, 2024). Dalam penerapannya prinsip lean pada lean construction tidak bisa semata-mata menduplikasi lean production karna memiliki perbedaan signifikan pada proses produksi.

## METODE

Lokasi penelitian Pada Proyek Jalan Tol Kayu Agung Palembang Betung Paket II Seksi 3 STA 75+000 – 84+825 . yang berlokasi di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan dengan panjang trase 9,825 KM. berikut adalah data proyek dimana lokasi penelitian dilakukan.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data melalui observasi dan dokumentasi. Observasi dilakukan secara langsung untuk memperoleh data primer terkait ruang lingkup serta tahapan konstruksi. Sementara itu, data yang dikumpulkan meliputi bill of quantity, jadwal pekerjaan, anggaran proyek, laporan bulanan, catatan waste sebelumnya, serta literatur pendukung. Analisis data dilakukan dalam pengolahan datanya menggunakan beberapa metode antara lain:

### a. *Fault Tree Analysis*

*Fault Tree Analysis* (FTA) adalah metode analisis deduktif berbasis logika yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis hubungan antara berbagai kejadian penyebab yang dapat menyebabkan kegagalan utama (*top event*). Teknik ini membantu dalam memahami dan memvisualisasikan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap permasalahan tertentu, seperti pemborosan (*waste*) dalam proyek konstruksi (Rahmawati et al., 2021). Penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), *Pareto Analysis*, perhitungan *Waste Level*, dan *Waste Cost*. FTA dan Pareto diterapkan secara kuantitatif berdasarkan data lapangan yang diperoleh melalui observasi langsung serta dokumentasi proyek, sehingga hasil analisis mencerminkan kondisi nyata, bukan sekadar kajian teoritis. Instrumen yang digunakan mencakup *checklist* pengamatan, formulir pencatatan volume material, dokumentasi foto, serta verifikasi melalui diskusi dengan pihak kontraktor. Kajian difokuskan pada tiga jenis material, yaitu *granular backfill*, *lapis pondasi agregat kelas A*, dan *tiang pancang beton bulat pretensioned*. Pemilihan material ini didasarkan pada besarnya nilai kontrak dan volume pekerjaan, sekaligus karena material tersebut tergolong rentan menimbulkan pemborosan akibat metode pelaksanaan, faktor cuaca, maupun lemahnya pengendalian mutu. Dengan pendekatan tersebut, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai faktor utama penyebab waste serta dampaknya terhadap biaya proyek konstruksi

### b. *Pareto Analysis*

*Pareto Analysis* merupakan metode pengambilan keputusan yang berlandaskan pada Prinsip Pareto atau "aturan 80/20," yang menyatakan bahwa sebagian besar (sekitar 80%) dampak atau permasalahan biasanya berasal dari sebagian kecil (20%) penyebab. Meskipun tidak bersifat mutlak, prinsip ini menekankan pentingnya mengenali faktor-faktor yang

memberikan pengaruh terbesar. Dalam manajemen proyek konstruksi, analisis ini dimanfaatkan untuk mengidentifikasi serta memprioritaskan permasalahan utama yang memicu terjadinya pemborosan (*waste*).

*Volume Waste dan Waste Level*

Volume waste diperoleh dari menentukan volume material siap pakai di lokasi berdasarkan *bill of quantity* dan menentukan jumlah material terpasang berdasarkan *as-built drawing*. Metode pendekatan dengan Persamaan 1.

$$V_w = V_{mia} - V_{mng} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- $V_w$  : *Volume waste*
- $V_{mia}$  : *Volume material tersedia*
- $V_{mng}$  : *Volume material terpasang*

Menentukan *Waste level* dari setiap elemen material yang diperiksa untuk mendapatkan estimasi jumlah sisa material yang terbuang pada suatu proyek dalam bentuk persen (%). *Waste level* ditentukan dengan Persamaan 2.

$$W_L = \frac{V_w}{V_{mng}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- $W_L$  : *Waste Level (%)*
- $V_w$  : *Volume waste*
- $V_{mng}$  : *Volume material terpasang*

1. *Waste Cost*

Digunakan untuk menentukan apakah volume waste yang besar menghasilkan waste cost yang tinggi. Sehingga agar mendapatkan data yang akurat menggunakan rumus pendekatan pada Persamaan 3.

$$W_c = W_L \times B_p \times \sum_n \dots\dots\dots (3)$$

Dengan,

- $W_c$  : *Waste Cost (Rp)*
- $W_L$  : *Waste Level (%)*
- $B_p$  : *Bobot Pekerjaan (%)*
- $\sum_n$  : *Nilai Kontrak (Rp)*

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Material Waste**

*Material waste* atau limbah material merupakan sisa bahan yang sudah tidak memiliki nilai guna, khususnya dalam proyek konstruksi (Siregar & Kustiani, 2019), dan umumnya dipandang sebagai hal yang merugikan. Limbah ini dapat berupa material yang terbuang, rusak, tidak terpakai, maupun kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah bagi proyek (Fahmi Firdaus Alrizal et al., 2023). Sesuai dengan batasan masalah pada BAB I poin (c), penelitian ini difokuskan pada tiga jenis material yang berpotensi menjadi waste, yaitu (1) Urugan Material Berbutir (*Granular Backfill*), (2) Lapis Pondasi Agregat Kelas A, dan (3) Tiang Pancang Beton Bulat Pretensioned berdiameter 60 cm. Ketiga material tersebut merupakan bahan yang dibeli dan dapat langsung digunakan tanpa perlu dicampur dengan material lain. Hasil analisis menunjukkan bahwa pekerjaan urugan material berbutir (*granular backfill*) memiliki tingkat waste tertinggi sebesar 15,47%. Kondisi ini mengindikasikan adanya potensi masalah pada metode pemadatan, pengaruh cuaca, maupun lemahnya pengendalian mutu sehingga sebagian material tidak termanfaatkan secara optimal. Sebaliknya, pada pekerjaan penyediaan tiang pancang, tingkat waste hanya 0,1% sehingga relatif kecil dan dapat dianggap masih dalam batas toleransi, meskipun tetap menimbulkan kerugian finansial. Secara keseluruhan, nilai *waste cost* dari ketiga

material yang diteliti hanya mencapai 0,01% dari total nilai kontrak, angka yang tampak kecil. Namun demikian, implikasi strategisnya tetap penting karena menunjukkan adanya inefisiensi yang berulang dan berpotensi menumpuk pada skala proyek yang lebih besar. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan perlunya peningkatan pengendalian mutu dan efisiensi metode kerja agar pemborosan material dapat diminimalkan sejak tahap perencanaan hingga pelaksanaan Rincian pekerjaan yang dianalisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Item pekerjaan penelitian

| No            | Item Pekerjaan  | Satuan         | Volume Kontrak | HSPK (Rp) | Total Harga (Rp) |
|---------------|---|----------------|----------------|-----------|------------------|
| 1             | Urugan Material Berbutir ( <i>Granular Backfill</i> )         | m <sup>3</sup> | 5.700,12       | 386.140   | 21.965.909.376   |
| 2             | Lapis Pondasi Agregat Kelas A                                 | m <sup>3</sup> | 33.995,95      | 646.133   | 2.201.044.336    |
| 3             | Penyediaan Tiang Pancang Beton Bulat Pretensioned, Dia. 60 cm | m              | 145.604        | 1.140.000 | 165.988.560.000  |
| Total         |   |                |                |           | 190.155.513.712  |
| Nilai Kontrak |   |                |                |           | 890.138.324.107  |

Sumber: RAB dokumen kontrak, AHSP bidang bina marga

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan volume material yang telah terpasang berdasarkan *As Built Drawing* sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Material tersedia dan terpasang

| No | Item Pekerjaan  | Satuan         | Volume Kontrak | Volume Tersedia | Volume Terpasang |
|----|---|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| 1  | Urugan Material Berbutir ( <i>Granular Backfill</i> )         | m <sup>3</sup> | 5.700,12       | 6.119,03        | 5.299,26         |
| 2  | Lapis Pondasi Agregat Kelas A                                 | m <sup>3</sup> | 33.995,95      | 30.570,83       | 30.295,84        |
| 3  | Penyediaan Tiang Pancang Beton Bulat Pretensioned, Dia. 60 cm | m              | 145.604        | 143.430         | 143.293          |

## Material Waste

Tabel 3. Perhitungan waste level

| No | Item Pekerjaan  | Satuan         | Volume Tersedia | Volume Terpasang | Volume Waste | Waste Level (%) |
|----|---|----------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|
| 1  | Urugan Material Berbutir ( <i>Granular Backfill</i> )         | m <sup>3</sup> | 6.119,03        | 5.299,26         | 819,77       | 15,47%          |
| 2  | Lapis Pondasi Agregat Kelas A                                 | m <sup>3</sup> | 30.570,83       | 30.295,84        | 274,99       | 0,91%           |
| 3  | Penyediaan Tiang Pancang Beton Bulat Pretensioned, Dia. 60 cm | m              | 143.430         | 143.293          | 137,00       | 0,10%           |

Berdasarkan hasil perhitungan waste level dari 3 material yang diteliti menunjukkan material yang memiliki *waste level* tertinggi ialah item pekerjaan Urugan Material Berbutir (*Granular Backfill*) dengan *waste level* sebesar senilai 15,47% dan waste level terendah pada item pekerjaan Penyediaan Tiang Pancang Beton Bulat Pretensioned, Dia. 60 cm dengan waste level sebesar 0,10%.

## Waste Cost

Tabel 4. Perhitungan waste cost

| No | Item Pekerjaan | Sat | Vol Waste | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | % Bobot Pekerjaan | Waste Level | Waste Cost (Rp) |
|----|----------------|-----|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------|
|----|----------------|-----|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------|

|                         |   |                |        |           |             |        |        |                 |
|-------------------------|---|----------------|--------|-----------|-------------|--------|--------|-----------------|
| 1                       | Urugan Material Berbutir ( <i>Granular Backfill</i> )         | m <sup>3</sup> | 819,77 | 386.140   | 316.547.826 | 0,0004 | 15,47% | 48.968.727      |
| 2                       | Lapis Pondasi Agregat Kelas A                                 | m <sup>3</sup> | 274,99 | 646.133   | 177.682.430 | 0,0002 | 0,91%  | 1.612.813       |
| 3                       | Penyediaan Tiang Pancang Beton Bulat Pretensioned, Dia. 60 cm | m              | 137,00 | 1.140.000 | 156.180.000 | 0,0002 | 0,10%  | 149.321         |
| <b>Total Waste Cost</b> |   |                |        |           |             |        |        | 50.730.861      |
| <b>Nilai Kontrak</b>    |   |                |        |           |             |        |        | 890.138.324.107 |

Hasil perhitungan *waste cost* pada tiga material yang diteliti menunjukkan bahwa item pekerjaan dengan biaya waste terbesar adalah Urugan Material Berbutir (*Granular Backfill*) sebesar Rp 48.968.727,00, sedangkan yang terendah terdapat pada Penyediaan Tiang Pancang Beton Bulat Pretensioned berdiameter 60 cm dengan nilai Rp 149.321,00. Secara keseluruhan, total *waste cost* mencapai Rp 50.730.861,00 atau setara 0,01% dari nilai kontrak penggunaan material. Penelitian ini juga mengungkap bahwa besarnya *waste cost* sejalan dengan tingkat waste, di mana semakin banyak volume material yang tidak dimanfaatkan, semakin tinggi pula kerugian biaya yang ditimbulkan.

Tabel 5. Rekapitulasi analisis waste akibat durasi pemakaian peralatan

| No   | Peralatan               | Sat | Volume   |               | Vol Waste | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | % Bobot Pengerjaan (%) | Waste Level (%) | Waste Cost (Rp) |
|--|-------------------------|-----|----------|---------------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
|  |                         |     | Terpakai | Analisis AHSP |           |                   |                   |                        |                 |                 |
| <b>Urugan Material Berbutir (<i>Granular Backfill</i>)</b>           |                         |     |          |               |           |                   |                   |                        |                 |                 |
| 1  | <i>Motor Grader</i>     | Jam | 128,33   | 39,21         | 89,12     | 570.000           | 50.797.730        | 0,0057                 | 227,26          | 115.442.831     |
| 2  | <i>baby roller</i>      | Jam | 590,50   | 506,61        | 83,89     | 140.000           | 11.744.731        | 0,0013                 | 16,56           | 1.944.846       |
| 3  | <i>Water tanker</i>     | Jam | 120,00   | 108,10        | 11,90     | 426.000           | 5.067.328         | 0,0006                 | 11,00           | 557.575         |
| <b>Lapis Pondasi Agregat Kelas A</b>                                 |                         |     |          |               |           |                   |                   |                        |                 |                 |
| 1  | <i>Wheel Loader</i>     | Jam | 290,50   | 215,10        | 75,40     | 591.374           | 44.589.355        | 0,0050                 | 35,05           | 15.629.984      |
| 2  | <i>Dump Truck</i>       | Jam | 5.842,16 | 5.735,00      | 107,16    | 734.422           | 78.698.804        | 0,0088                 | 1,87            | 1.470.473       |
| 3  | <i>Motor Grader</i>     | Jam | 335,65   | 321,14        | 14,51     | 597.583           | 8.673.383         | 0,0010                 | 4,52            | 392.003         |
| 4  | <i>Vibratory Roller</i> | Jam | 509,00   | 418,08        | 90,92     | 371.707           | 33.794.654        | 0,0038                 | 21,75           | 7.349.080       |
| <b>Penyediaan Tiang Pancang Beton Bulat Pretensioned, Dia. 60 cm</b> |                         |     |          |               |           |                   |                   |                        |                 |                 |
| 1  | <i>Trailer</i>          | Jam | 191,91   | 157,62        | 34,29     | 889.640           | 30.503.693        | 0,0034                 | 21,75           | 6.635.492       |
| 2  | <i>Crane 10-15 ton</i>  | Jam | 360,16   | 300,92        | 59,24     | 826.664           | 48.975.452        | 0,0055                 | 19,69           | 9.642.368       |
| <b>Total Waste Cost</b>  |                         |     |          |               |           |                   |                   | 159.064.650            |                 |                 |
| <b>Nilai Kontrak</b>   |                         |     |          |               |           |                   |                   | 890.138.324.107        |                 |                 |

### Analisis Distribusi Frekuensi

Tujuan utama dari analisis distribusi frekuensi adalah untuk memahami karakteristik data serta melihat bagaimana data tersebut menyebar dalam suatu populasi atau sampel. Dalam penelitian ini, analisis distribusi dilakukan dengan mencatat frekuensi munculnya faktor



Berdasarkan Tabel 7, indikator dengan frekuensi tertinggi adalah *Defects* sebanyak 7 kali, diikuti oleh *Waiting* sebanyak 6 kali. Sementara itu, indikator dengan frekuensi terendah adalah *Motion*, karena tidak muncul sebagai faktor penyebab pada ketiga item pekerjaan yang diteliti sehingga bernilai 0. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa permasalahan yang paling dominan pada tiga item pekerjaan dalam pembangunan Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung Tahap II (Sta. 75+000 – 84+825) adalah pada indikator *Defects dan Waiting*.

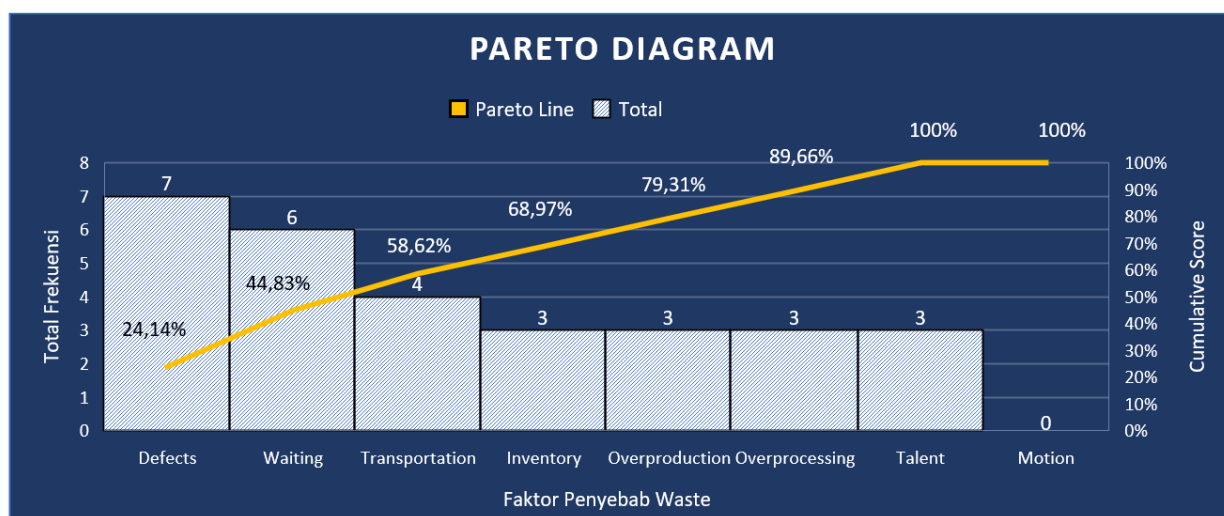
### Diagram Pareto

Diagram Pareto merupakan salah satu alat analisis mutu yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh dalam suatu permasalahan atau proses. Diagram ini berbentuk grafik yang menampilkan distribusi frekuensi relatif dari data berdasarkan beberapa kategori. Pentingnya Diagram Pareto terletak pada kemampuannya memberikan gambaran yang jelas mengenai besarnya kontribusi setiap faktor atau kategori terhadap suatu permasalahan atau kejadian. Tahap awal dalam penyusunan diagram Pareto adalah melakukan analisis persentase nilai serta *cumulative score*. Pada penelitian ini, perhitungan persentase dan *cumulative score* dilakukan yaitu  $((\text{nilai pemborosan} / \text{total keseluruhan nilai}) \times 100\%)$ . Berdasarkan rumus tersebut, hasil analisis persentase dari instrumen penelitian disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 8. Peringkat dan *cumulative score* pada instrumen penelitian

| Pemborosan            | Total | Bobot  | Cumulative Score | Rank |
|-----------------------|-------|--------|------------------|------|
| <i>Defects</i>        | 7     | 24,14% | 24,14%           | 1    |
| <i>Waiting</i>        | 6     | 20,69% | 44,83%           | 2    |
| <i>Transportation</i> | 4     | 13,79% | 58,62%           | 3    |
| <i>Inventory</i>      | 3     | 10,34% | 68,97%           | 4    |
| <i>Overproduction</i> | 3     | 10,34% | 79,31%           | 5    |
| <i>Overprocessing</i> | 3     | 10,34% | 89,66%           | 6    |
| <i>Talent</i>         | 3     | 10,34% | 100,00%          | 7    |
| <i>Motion</i>         | 0     | 0,00%  | 100,00%          | 8    |

Setelah diketahui peringkat dan cumulative score instrumen penelitian kemudian dilakukan visualisasi dengan grafik diagram pareto yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram pareto hasil analisis

*Waste material* atau sisa material merupakan kelebihan bahan bangunan yang terbuang, tercecer, maupun mengalami kerusakan sehingga tidak dapat lagi dimanfaatkan sesuai fungsi aslinya. Keberadaan sisa material ini menimbulkan dampak negatif terhadap kinerja proyek konstruksi. Kerugian terbesar muncul dari biaya tinggi yang dikeluarkan untuk pengadaan material namun akhirnya berakhir sebagai limbah. Selain itu, ketidak efisienan dalam pelaksanaan proyek serta pemborosan sumber daya juga dapat berpengaruh pada rendahnya pencapaian target proyek konstruksi dampak yang ditimbulkannya sangat besar apabila intensitasnya besar dan terus-menerus (Fitriani et al., 2025).

### Implementasi *Lean Construction*

Penerapan *Lean Construction* dilakukan dengan mengadopsi konsep dasar *Lean*, di mana prinsip produksi ramping mampu secara signifikan mengurangi inefisiensi melalui dukungan terhadap kelancaran aliran material maupun proses kerja. Pendekatan ini membantu meminimalkan waktu terhenti sehingga proyek dapat berlangsung lebih efektif. Setiap proyek konstruksi perlu mengidentifikasi, mengurangi, bahkan menghilangkan delapan jenis pemborosan dalam *lean*. Upaya tersebut akan menghasilkan pengelolaan proses produksi yang lebih optimal, manajemen proyek yang lebih efisien, serta pemanfaatan sumber daya konstruksi yang lebih bijak, sehingga tercipta aliran kerja yang berkesinambungan. Rekomendasi strategis berdasarkan prinsip *lean construction* selanjutnya disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekomendasi strategis meminimalisir *waste*

| Pemborosan            | No | Rekomendasi Perbaikan  |
|-----------------------|----|--|
| <i>Defects</i>        | 1  | Terapkan <i>First Run Studies (FRS)</i> sebelum pekerjaan massal untuk memastikan metode pemadatan efektif. Gunakan <i>Visual Management (checklist lapangan, papan kendali mutu)</i> untuk kontrol kualitas timbunan harian   |
|                       | 2  | Gunakan <b><i>Just-In-Time (JIT) delivery</i></b> : material masuk sesuai kebutuhan agar tidak menumpuk dan terkena hujan. Terapkan 5S ( <i>Sort, Set, Shine, Standardize, Sustain</i> ) di <i>stockpile</i> untuk memastikan kebersihan dan pemisahan material. Bangun <i>temporary shelter/cover</i> di <i>stockpile</i> untuk cegah kontaminasi lumpur  |
|                       | 3  | Buat <i>Last Planner System (LPS)</i> dengan jadwal realistis agar produksi– <i>curing</i> –pemancangan sinkron. Gunakan <i>Pull Planning</i> : pemancangan hanya bisa dilakukan bila QC sudah mengeluarkan <i>release note</i> umur beton. Terapkan <i>Kanban system</i> (label warna pada pile : hijau = siap, merah = belum umur)   |
|                       | 4  | Terapkan 5S dan <i>Visual Management</i> di lapangan (zona material diberi marka warna, papan petunjuk). Gunakan <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> untuk analisis alur logistik material agar aliran lebih efisien. Atur <i>daily huddle meeting</i> singkat (5–10 menit) antar mandor untuk koordinasi lokasi dumping   |
| <i>Waiting</i>        | 1  | <i>Last Planner System (LPS)</i> : buat <i>lookahead schedule</i> → fokuskan pekerjaan di area bebas lahan, sambil menunda di lokasi bermasalah. <i>Pull Planning</i> : alur kerja ditarik dari tanggal target → lahan yang belum bebas tidak dimasukkan ke rencana jangka pendek, sehingga sumber daya tidak <i>idle</i> . <i>Visual Management</i> : buat peta progres pembebasan lahan → pekerja, kontraktor, dan owner bisa melihat area <i>clear vs not clear</i> . <i>Workface Planning (WFP)</i> : alihkan tim dan alat ke pekerjaan alternatif (drainase, workshop, fabrikasi, <i>stockpile</i> ) agar tidak terjadi pemborosan waktu  |
|                       | 2  | <b><i>Buffer &amp; Flexible Scheduling</i></b> : siapkan <i>buffer activity</i> seperti pekerjaan prefabrikasi, perakitan di workshop, atau pekerjaan indoor yang bisa jalan saat hujan. <i>Just-In-Time (JIT)</i> : atur kedatangan material sesuai prakiraan cuaca → hindari penumpukan material yang bisa rusak. 5S & <i>Visual Management</i> : buat <i>temporary protection</i> (cover/tenda, drainase sementara) agar site tetap aman dan rapi saat hujan. <i>Kaizen/Continuous Improvement</i> : evaluasi rutin → gunakan data cuaca historis untuk perencanaan jangka panjang. <i>Standardized Work</i> : SOP kondisi darurat (misalnya, kapan pekerjaan harus dihentikan saat hujan deras, langkah evakuasi, perlindungan material) |
| <i>Transportation</i> | 1  | Buat pemetaan alur transportasi dari <i>stockpile</i> → <i>site</i> → posisi <i>unloading</i> → identifikasi <i>non-value added movement</i> → perbaiki jalurnya   |
|                       | 2  | Buat SOP baku: waktu <i>standby</i> , kapasitas angkut, prosedur <i>loading–unloading, safety check</i> sebelum jalan  |
|                       | 3  | Gunakan <b><i>kanban card/digital logistik board</i></b> → permintaan material dari <i>site</i> dikirim ke <i>stockpile</i> secara <i>pull system</i> , bukan <i>push system</i>   |

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| Inventory      | 1 | <i>Pull Planning &amp; Just-In-Time (JIT)</i> : material dipesan/dikirim sesuai kebutuhan aktual site, bukan berdasarkan perkiraan kasar. <i>Kanban System</i> : gunakan kartu/tag (fisik atau digital) untuk menandai material siap pakai, hampir habis, atau tidak layak. <i>First In First Out (FIFO)</i> : atur alur penggunaan material → material yang masuk lebih dulu harus digunakan lebih dulu. <i>Visual Management</i> : labelisasi stok (warna, papan informasi) untuk mencegah salah pakai atau penumpukan material lama. <i>Root Cause Analysis (A3/Fishbone)</i> : evaluasi tiap akhir minggu → kenapa ada sisa material, lalu update metode perhitungan kebutuhan |
|                | 2 | <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> : analisis aliran material → potong proses yang menyebabkan kelebihan stok. <i>Last Planner System (LPS)</i> : buat <i>lookahead plan</i> → material dipesan hanya jika pekerjaan benar-benar siap. <i>Just-In-Time (JIT)</i> : sinkronisasi dengan supplier agar pengiriman bertahap sesuai progres. <i>5S &amp; Standardized Work</i> : atur <i>stockyard</i> → kapasitas maksimal jelas, ada SOP <i>reorder point</i> , dan jalur masuk-keluar material tertib. <i>Kaizen (Continuous Improvement)</i> : review mingguan → perbaiki estimasi kebutuhan dan pola pemesanan   |
| Overproduction | 1 | <b>Menerapkan produksi Just-In-Time (JIT)</b> artinya, memproduksi persis apa yang dibutuhkan, pada saat dibutuhkan, berdasarkan permintaan proyek yang sebenarnya, bukan asumsi   |
|                | 2 | Evaluasi mingguan: bandingkan rencana vs aktual kebutuhan material. <i>Update metode forecasting</i> agar lebih akurat dan adaptif terhadap perubahan desain/progres   |
| Overprocessing | 1 | <b>Mengoptimalkan proses persetujuan</b> , dapat menghemat waktu berhari-hari atau bahkan berminggu-minggu selama berlangsungnya suatu proyek  |
| Talent         | 1 | Buat SOP baku opname & pengukuran → langkah-langkah, alat yang digunakan, serta toleransi deviasi  |
|                | 2 | Terapkan prinsip kompetensi sesuai tugas → pastikan opname dilakukan oleh surveyor/teknisi yang terlatih. Hindari menugaskan staf administrasi atau pekerja umum untuk pekerjaan teknis yang butuh keahlian  |
|                | 3 | Terapkan sistem <b>double-check</b> (2 orang tanda tangan: pelaksana & pengawas) sebelum hasil opname difinalkan   |
|                | 4 | Gunakan aplikasi/software digital (misalnya BIM, aplikasi survey) untuk mengurangi salah input angka   |
|                | 5 | Lakukan evaluasi rutin → setiap kali ada perbedaan hasil opname, analisis penyebabnya (human error, alat, prosedur). Dokumentasikan best practice → jadi referensi untuk proyek berikutnya   |

## SIMPULAN

Hasil identifikasi pada Proyek Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung (STA 75+000 – 84+825) menunjukkan terdapat 7 dari 8 jenis pemborosan menurut pendekatan lean construction. Skor tertinggi terdapat pada **Defects (24,14%)** dan **Waiting (20,69%)**, sementara jenis lainnya seperti Transportation, Inventory, Overproduction, Overprocessing, dan Non Utilizing Talent masing-masing 10,34–13,79%. Pada penelitian terdahulu oleh (Berawi et al., 2023) pada proyek jalan tol Segmen Pekanbaru-Dumai, Section 2 Sta. 9+ 500 –33+ 600, ditemukan 15 aktivitas **non-value-added (NVA)** yang dapat dieliminasi untuk meningkatkan kinerja proyek secara keseluruhan sedangkan pada penelitian identifikasi dan evaluasi *waste* pada Proyek Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung Sta. 75+000 – 84+825 dengan pendekatan *lean construction*, ditemukan 39 aktivitas penyebab *material waste* dan *waste cost*. indikator dominan dengan 2 skor tertinggi yang mempunyai permasalahan cukup signifikan dari berlangsungnya pekerjaan di 3 item pekerjaan yang diteliti selama pembangunan Pembangunan Jalan Tol Kayu Agung Palembang Betung Tahap II (Sta. 75+000 – 84+825) yakni indikator *Defects* dan *Waiting*. Dampak yang ditimbulkan dari adanya waste dalam penelitian ini mencakup tidak tercapainya volume pekerjaan sesuai target sehingga mengakibatkan keterlambatan penyelesaian dan peningkatan biaya, munculnya produk cacat yang tidak sesuai spesifikasi sehingga menurunkan kualitas, serta berulangnya pekerjaan akibat metode kerja yang kurang tepat yang pada akhirnya mengurangi produktivitas tenaga kerja maupun peralatan. Penerapan prinsip Lean Construction pada proyek-proyek mendatang dapat mengurangi potensi dampak tersebut, sekaligus mengefisienkan biaya operasional, meningkatkan keuntungan, dan memperlancar proses konstruksi.

## DAFTAR RUJUKAN

- A llo, R. I. G., & Bhaskara, A. (2022). Analisis Waste Material Dengan Penerapan Lean Construction. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 343–355.
- Alrizal, F. F., Listyaningsih, D., & Saputra, I. G. (2023). Analisis Perbandingan Biaya, Waktu, Dan Dampak Lingkungan Pada Pekerjaan Lapis Pondasi Atas menggunakan Material Recycle Dan Cut And Fill (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalur Lintas Selatan Tulung Agung -trenggalek). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(2), 195–202. <https://doi.org/10.22225/pd.12.2.6698.195-202>
- Berawi, M. A., Sari, M., Miraj, P., Mardiansyah, Saroji, G., & Susantono, B. (2023). Lean Construction Practice On Toll Road Project Improvement A Case Study In Developing Country. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 9(12), 3186–3201. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-12-016>
- Rahmawati, D., Firmawan, F., Auliya, M. B., & Martiano, D. (2021). Analisis dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan FTA ( Fault Tree Analysis) Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung Kabupaten Batang. 5(2), 115–122. <http://journals.usm.ac.id/index.php/jprt/index>
- Chasan Mudzakir, A., Setiawan, A., Agung Wibowo, M., & Radian Khasani, R. (2017). Evaluasi Waste dan Implementasi Lean Construction (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), 145–158. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Fahmi Firdaus Alrizal, Diah Listyaningsih, & Ihsan Galang Saputra. (2023). Analisis perbandingan biaya, waktu, dan dampak lingkungan pada pekerjaan lapis pondasi atas menggunakan material recycle dan cut and fill (studi kasus: proyek pembangunan jalur lintas selatan Tulungagung -Trenggalek). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(2), 195–202. <https://doi.org/10.22225/pd.12.2.6698.195-202>
- Fazri, I., & Rahmawati, Y. (2024). Kajian Penerapan Konsep Konstruksi Ramping Di Palembang. *Arsir*, 8(1), 64–77. <https://doi.org/10.32502/arsir.v8i1.122>
- Fitriani, N., Nuswantoro, W., & Purwanto, A. (2025). Identifikasi Waste pada Proyek Konstruksi dengan Penerapan Metode Lean Project Management (Studi Kasus: Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah). *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 197–203.
- Hapito, Anwardi, & Hamdy, M. I. (2020). Identifikasi Waste Proyek Konstruksi Jalan dengan Menggunakan Metode Lean Project Management. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 5(2), 115. <https://doi.org/10.24014/jti.v5i2.8999>
- Indriani, S. N., Anisah, & Wirdianto, A. (2025). Analisis Varianc e pada Penerapan Lean Construction Terhadap Waktu Produksi Proyek EPC ( Studi Kasus Proyek Mogas PT XYZ ). 1(5), 3095–3113.
- Islami, F. N., Suprpto, B., & Aasniari. (2025). Analisis Waste Material Pembesian Struktur Bawah Menggunakan Metode Konvensional Dan Software Cut Optimization Pro Pada Proyek Jembatan Utama Akses Tol Bandara Dhoho Kediri Sta 6 +655,06. 15(2), 230–240.
- Julisa, Mulyani, E., & M.Nuh, S. (2019). Identifikasi Dan Evaluasi Lean Contruction Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Jalan Kakap - Punggur. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 6(1), 232–238.
- Kabirifar, K., Mojahtahedi, M., Wang, C., & Tam, V. W. . (2020). Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management. *Journal of Cleaner Production*, 263(April). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121265>
- Lige, F. N., Utiahrahman, A., & Tuloli, M. Y. (2023). Evaluasi Metode Lean Construction Dan Penjadwalan Critical Chain Project Management (Studi Kasus Rekonstruksi Jalan Ruas Gorontalo-Biluhu Barat). 3(1), 15–22. <https://doi.org/10.37905/jc.v3i1.71>

- Mandagi, J. V., Nisumanti, S., & Puspita, N. (2022). Evaluasi Kinerja Biaya Dan Waktu Pada Pelaksanaan Pekerjaan Bracing Perkuatan Tiang Pancang Proyek Tol Kapal Betung Paket I Seksi IA. *Jurnal Tekno Global*, 11(2), 67–71. <https://doi.org/10.36982/jtg.v11i2.3051>
- Munawaroh, F. A., & Sari, O. L. (2022). Analisis Faktor Penyebab Waste Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan-Samarinda. *Info-Teknik*, 23(1), 29. <https://doi.org/10.20527/infotek.v23i1.13855>
- Pamungkas, T. O., Rifai, M., & Soeryodarundino, K. (2024). Penerapan Lean Construction menggunakan Root Cause Analysis dan Metode Borda dalam Mengidentifikasi Waste Non-Value Added Activity (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya). *And Engineering Journal*, 1(2), 1–14. <https://journal.pubmedia.id/index.php/civilengineering>
- Rahmawati, D., Firmawan, F., Auliya, M. B., & Martiano, D. (2021). Analisis dan Evaluasi Sisa Material Kontruksi Menggunakan FTA (Fault Tree Analysis) Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung Kabupaten Batang. 5(2), 115–122. <http://journals.usm.ac.id/index.php/jprt/index>
- Silaban, M. E., & Pamungkas, A. H. (2023). Analisis Waste Material Menggunakan Fault Tree Analysis Pada Pekerjaan Concrete Barrier. *Technologic*, 14(2). <https://doi.org/10.52453/t.v14i2.363>
- Siregar, A. M., & Kustiani, I. (2019). Contractors' perception on construction waste management case study in the City of Bandar Lampung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 245(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/245/1/012035>
- Sugiyarto, Hartono, W., & Prakoso, I. T. (2017). Analisis Dan Identifikasi Sisa Material Kontruksi Dalam Proyek Pembangunan Dan Peningkatan Jalan Solo-Gemolong-Geyer Bts Kab. Sragen. *Matriks Teknik Sipil*, September, 1070–1077.
- Suripto, & Susanti, A. R. (2021). Evaluasi Waste dan Implementasi Lean Construction Proyek Gedung Kampus X. *Jurnal Riset Dan Inovasi Teknologi*, 01(02), 65–72.
- Susanti, B., Melisah, & Juliantina, I. (2019). Penerapan Konsep Earned Value Pada Proyek Konstruksi Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Kayuagung - Palembang -Betung). *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 15(1), 12. <https://doi.org/10.25077/jrs.15.1.12-20.2019>