

ANALISIS WASTE MATERIAL DENGAN PENERAPAN *LEAN CONSTRUCTION*

Risky Irianto Girik Allo^[1] Adwitya Bhaskara^{[1]*}

^[1] Department of Civil Engineering, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, 55285, Indonesia

Email: riskyirianto020@gmail.com, adwitya.bhaskara@staff.uty.ac.id*

*) Correspondent Author

Received: 10 February 2022 / **Revised:** 08 April 2022 / **Accepted:** 08 April 2022

How to cite this article:

Allo, R.I.G., Bhaskara, A., (2022). Analisis *Waste Material* Dengan Penerapan *Lean Construction*. Jurnal Teknik Sipil, 18(2), 343 - 355. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4494>

ABSTRAK

Waste material mempengaruhi pelaksanaan proyek. Selain itu, berpengaruh juga pada produktivitas proyek serta biaya dan waktu. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan manajemen yang baik dalam penanganan serta meminimalisir terjadinya *waste material*. *Lean Construction* merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam menangani serta meminimalisir terjadinya hal tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indikator *waste material* paling dominan mengetahui estimasi biaya yang diakibatkan dari *waste material* dan estimasi biaya total sampai pekerjaan yang diamati selesai, mengetahui jenis material paling dominan yang menimbulkan *waste material* serta mengetahui persentase penerapan *Lean Construction*. Studi kasus dari penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Fasilitas Kawasan Geodiversitas Indonesia Karangsambung Paket 2. Metode teorema Bayes digunakan untuk mengetahui indikator *waste material* paling dominan yang menimbulkan terjadinya *waste material*. Diagram Pareto digunakan untuk mengetahui jenis material paling dominan yang menimbulkan *waste material*. Data-data dari penelitian ini diperoleh dengan melakukan wawancara, observasi serta pengisian kuisioner *waste material* dan kuisioner penerapan *Lean Construction*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah indikator paling dominan yang menimbulkan *waste material* adalah *Defect* (Cacat) dan *Waiting* (Menunggu) dengan nilai keyakinan masing-masing 100%. Estimasi biaya yang diperoleh selama pengamatan 2 minggu adalah Rp. 10.440.859,91 dan estimasi biaya sampai pekerjaan selesai sebesar Rp 26.102.149,77. Jenis material paling dominan yang menimbulkan *waste material* adalah tulangan ulir Ø22 (Rp. 4.436.673,32), tulangan ulir Ø19 (Rp. 2.051.606,29) dan tulangan ulir Ø16 (Rp. 1.387.546,88). Persentase penerapan *Lean Construction* yang diperoleh adalah sebesar 98,94%.

Kata kunci: Diagram Pareto, *Lean Construction*, Teorema Bayes, *Waste Material*

ABSTRACT. WASTE MATERIAL ANALISYS WITH THE IMPLEMENTATION OF LEAN CONSTRUCTION. *Waste material affects project implementation. In addition, it also affects the productivity of the project as well as costs and time. Based on this, good management is needed in handling and minimizing the occurrence of material waste. Lean Construction is one approach that can be used to handle and minimize this occurrence. This study aims to determine the most dominant waste material indicators that cause material waste, determine the estimated costs resulting from material waste and total cost estimates until the observed work is completed, determine the most dominant type of material that causes material waste and determine the percentage of Lean Construction implementation. The case study of this research was conducted on the Karangsambung Indonesia Geodiversity Area Facility Development Project Package 2. The Bayes theorem method was used to determine the most dominant indicator of material waste that causes material waste to occur. Pareto diagrams are used to determine the most dominant type of material that causes material waste. The data from this study were obtained by conducting interviews, observations and filling out the waste material questionnaire and the Lean Construction application questionnaire. The conclusion of this study is that the most dominant indicators that cause material waste are Defect and Waiting with a confidence value of 100% each. The estimated cost obtained during the 2-week observation is Rp. 10,440,859.91 and the estimated cost until the work is completed is Rp. 26,102,149.77. The most dominant type of material that causes material waste is deformed reinforcement Ø22 (Rp. 4,436,673.32), deformed reinforcement Ø 19 (Rp. 2,051,606 ,29) and threaded*

reinforcement \emptyset 16 (Rp. 1,387,546,88). The percentage of Lean Construction implementation obtained is 98.94%.

Keywords: *Pareto Diagram, Lean Construction, Bayes Theorem, Waste Material.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pada industri konstruksi ditandai dengan semakin banyaknya permasalahan yang sering muncul. Menurut Sanusi (2015), masalah utama yang dihadapi oleh industri konstruksi di Indonesia adalah mengenai manajemen pengelolaan konstruksi. Masalah tersebut tentunya merupakan hal serius yang membutuhkan solusi. Dalam industri konstruksi, manajemen proyek bertujuan untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan yang diharapkan baik dari segi biaya, waktu serta mutu (Setiawan et al., 1994).

Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi harus diperhatikan tiga unsur secara cermat. Tiga unsur tersebut biasa disebut dengan istilah *Triple Constraint*. *Triple Constraint* ini terdiri atas biaya, mutu serta waktu (Iman Soeharto, 1999). Ketiga unsur ini merupakan komponen yang penting dan berpengaruh besar terhadap keberlangsungan sebuah proyek konstruksi. Menurut Iman Soeharto (1999), dalam proses pencapaian tujuan ada batasan yang harus diperhatikan, yaitu jumlah biaya yang dialokasikan, jadwal dan mutu yang harus dicapai.

Triple Constraint ini juga dipengaruhi oleh sumber daya pada proyek konstruksi. Sumber daya tersebut biasa dikenal dengan istilah 5M. Menurut Harrington Emerson (1960), unsur dari 5M terdiri dari *Machine* (Alat atau Mesin), *Man* (Manusia atau Tenaga Kerja), *Material* (Material), *Method* (Metode) dan *Money* (Uang). Perlunya pertimbangan yang tepat terhadap 5M ini agar pemborosan (*waste*) dapat diminimalisir selama pelaksanaan proyek berlangsung. *Triple Constraint* secara teoritis terdiri atas biaya, mutu dan waktu. Tetapi seiring berjalannya waktu, *Triple Constraint* juga dipengaruhi oleh beberapa hal seperti keselamatan kerja, *repeat order*, dan lain-lain.

Waste merupakan bentuk ketidakefisienan dan pemborosan yang disebabkan dari material, sumber daya manusia, dan waktu (Mudzakir et al., 2017). *Waste* digambarkan sebagai aktivitas manusia yang menggunakan sumber daya tetapi tidak menghasilkan nilai tambah (Womack and Jones, 1996 dalam Formoso et al, 2002). *Waste* juga dapat diartikan sebagai kerugian atau kehilangan dari berbagai sumber daya yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan yang membutuhkan biaya tetapi tidak memiliki nilai tambah terhadap produk atau hasil akhir (Formoso et al, 2002). *Waste* dapat berupa segala bentuk kegiatan yang menggunakan sumber daya namun tidak menambah nilai, hal ini biasa disebut dengan *Non-value Adding Activity* (Mudzakir et al., 2017). Menurut Ohno (1988) dalam bukunya yang berjudul *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, ada 7 macam *waste* yang biasa disebut dengan *Seven*

plus One Type of Waste, yang terdiri dari: *Transportation, Inventory, Motion, Waiting, Overproduction, Overprocessing, Defects*.

Dalam sebuah proyek konstruksi, material adalah salah satu bagian atau komponen penting yang menunjang keberhasilan proyek konstruksi tersebut. Pemilihan material yang akan digunakan harus dilakukan secara selektif agar kualitas bangunan yang dihasilkan sesuai dengan yang sudah direncanakan. Menurut Gavilan dan Bernold (1994), material yang digunakan dalam proyek konstruksi dibagi menjadi dua jenis yaitu material yang menjadi bagian utama dari bangunan konstruksi (*Consumable Material*) dan material yang tidak menjadi bagian utama dari bangunan konstruksi (*Non-Consumable Material*).

Dalam kegiatan proyek konstruksi, *waste material* yang dihasilkan tentunya tidak sedikit dan akan mempengaruhi pada produktivitas proyek dan memberikan dampak yang kurang baik kepada lingkungan di sekitarnya. Ramah lingkungan dalam pengertian suatu bahan biasanya dikaitkan dengan aspek produk dari bahan itu sendiri, yaitu bahan yang tidak merusak lingkungan selama penggunaan atau pembuangannya (Setiawan & Marbun, n.d.). Menurut Skoyles (1976), terdapat dua jenis sisa material konstruksi yaitu *waste material* yang timbul secara langsung dilapangan karena aktivitas konstruksi yang sedang berlangsung (*Direct Waste*) dan *waste material* yang timbul secara tidak langsung karena proses perencanaan, pelaksanaan dan pengadaan (*Indirect Waste*).

Untuk meminimalisir terjadinya *waste material* pada proyek konstruksi, diperlukan manajemen dan pengelolaan yang baik dan tepat. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah metode *Lean Construction*. *Lean Construction* adalah sistem manajemen yang digunakan dalam bidang konstruksi dengan mengadopsi praktik dan prinsip *Lean Production* yang berasal dari Perusahaan Toyota dalam proses manufacturing. Maksud dari *Lean Construction* adalah untuk meningkatkan nilai tambah (*value added*), menghilangkan pemborosan (*waste*), meningkatkan efisiensi dan nilai keseluruhan dari hasil (Koskela, 1992). *Lean Construction* merupakan sebuah konsep dalam manajemen proyek dengan usaha untuk meminimalisir *waste* dan berusaha untuk menghasilkan nilai (*value*) semaksimal mungkin (Tamallo & Nursin, 2020).

Ciri-ciri dari *Lean Construction* yaitu memiliki tujuan yang jelas sebagai sistem pengiriman, tujuan ketika memaksimalkan kinerja proyek, bersamaan dari desain dan proses produk dan penerapan dari kontrol produksi dalam seluruh waktu mulai dari desain hingga pengantaran (Howell, 1999). Manfaat dari penerapan *Lean Construction* adalah peningkatan efisiensi, pengurangan biaya, pembuatan jadwal yang dapat dipercaya, pengurangan pemborosan (*waste*), pengurangan cacat/perbaikan, dan peningkatan keselamatan (Haggard, 2005). Manfaat dari *Lean Construction* juga telah ditunjukkan dengan pencapaian dalam peningkatan dari banyak proyek dan setiap tahapan proyek. *Lean construction* memerlukan lebih banyak waktu dalam

tahap desain dan perencanaan, tetapi perhatian ini menghilangkan atau memperkecil konflik yang dapat secara dramatis mengubah biaya dan jadwal (Adlin, 2016). Penerapan konsep *Lean Construction* bagi penyedia jasa konstruksi merupakan solusi yang tepat dalam mengelola proyek konstruksi. Konsep ini akan memudahkan penyedia jasa konstruksi untuk mengidentifikasi dan meminimalisir *waste* yang terjadi, sehingga dapat mencapai *value* yang diharapkan.

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Fasilitas Kawasan Geodiversitas Indonesia Karangsambung Paket 2 yang terletak di Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Nilai kontrak dari proyek ini adalah sebesar Rp. 121.711.117.000,00. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui indikator *waste* material paling dominan yang menyebabkan terjadinya *waste* material, mengetahui estimasi biaya yang diakibatkan dari *waste* material dan estimasi biaya total sampai pekerjaan yang diamati selesai, mengetahui jenis material paling dominan yang menimbulkan *waste* material serta mengetahui persentase penerapan *Lean Construction*. Penelitian ini menggunakan metode Teorema Bayes untuk mengetahui indikator dan probabilitas dari *waste* material dan diagram Pareto yang digunakan untuk mengetahui jenis material yang menyebabkan terjadinya *waste* material paling dominan.

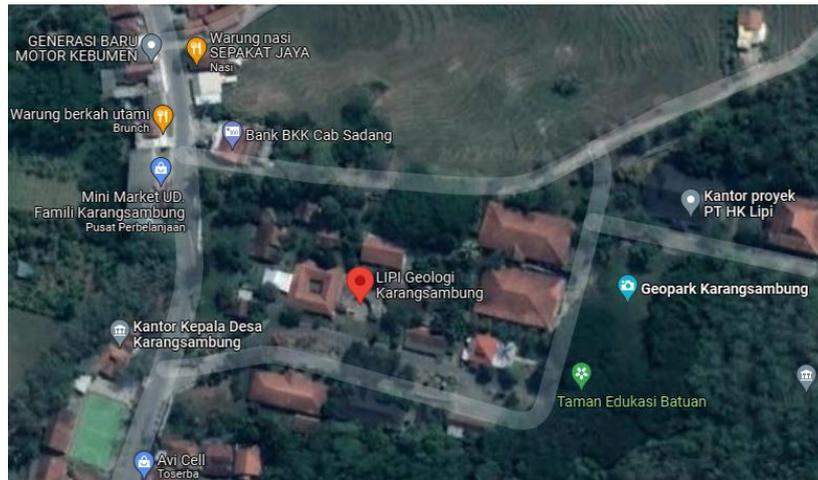
2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi

Waktu penelitian atau observasi dilakukan selama 2 minggu, dimulai tanggal 29 November 2021 sampai dengan 12 Desember 2021. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Fasilitas Kawasan Geodiversitas Indonesia Karangsambung Paket 2. Lokasi proyek berada di Jalan Karangsambung No. KM 19, Karangsambung, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Lokasi dari proyek dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui pengamatan dilapangan, melakukan pengisian kuisisioner serta melakukan wawancara. Data sekunder seperti gambar yang menjadi acuan di lapangan, *BOQ* dan *Time Schedule* diperoleh dari pihak proyek. Untuk pengolahan data menggunakan aplikasi *Software Microsoft Excel*.



Gambar 1. Lokasi Proyek
Sumber: Google Maps, 2021

2.3 Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan teorema Bayes dan diagram Pareto. Teorema Bayes digunakan untuk menganalisis kuisisioner *waste material* untuk mengetahui indikator *waste material* paling dominan yang menyebabkan terjadinya *waste material*. Diagram Pareto digunakan untuk menganalisis hasil observasi dilapangan untuk mengetahui jenis material paling dominan yang menyebabkan terjadinya *waste material*. Berikut rumus-rumus yang digunakan:

Teorema Bayes

1. Persamaan (1) bentuk teorema Bayes untuk *evidence* tunggal E dan hipotesis tunggal H:

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) \times P(H)}{P(E)} \quad (1)$$

Keterangan:

$P(H|E)$ = Probabilitas hipotesis H terjadi jika kejadian *evidence* E terjadi terlebih dahulu.

$P(E|H)$ = Probabilitas *evidence* E terjadi jika kejadian hipotesis H terjadi terlebih dahulu.

$P(H)$ = Probabilitas kejadian hipotesis H tanpa memandang *evidence* apapun.

$P(E)$ = Probabilitas kejadian *evidence* E tanpa memandang apapun.

2. Persamaan (2) bentuk teorema Bayes untuk *evidence* tunggal E dan hipotesis ganda H_1, H_2, \dots, H_n :

$$P(H_i|E) = \frac{P(E|H_i) \times P(H_i)}{\sum_{k=1}^n P(E|H_k) \times P(H_k)} \quad (2)$$

Keterangan:

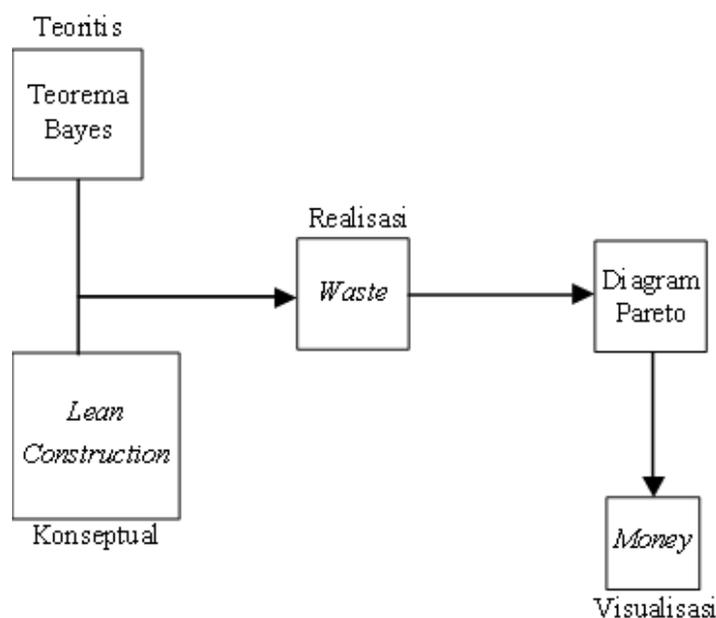
$P(H_i|E)$ = Probabilitas hipotesis H_i terjadi jika *evidence* E terjadi.

- $P(E|H_i)$ = Probabilitas munculnya *evidence* E jika hipotesis H_i terjadi.
 $P(H_i)$ = Probabilitas hipotesis H_i tanpa memandang *evidence* apapun.
 n = Jumlah hipotesis yang terjadi.

Diagram Pareto

$$\text{Bobot Waste Material (\%)} = \frac{\text{Biaya Waste Material}}{\text{Total Biaya Waste Material}} \quad (3)$$

2.4 Kerangka Pemikiran



Gambar 2. Kerangka Pemikiran
Sumber: Peneliti, 2021

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Indikator Waste Material Paling Dominan Yang Menyebabkan Terjadinya Waste Material

Analisis dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari hasil pengisian kuisioner. Pengisian kuisioner dilakukan oleh 5 responden yang berasal dari kontraktor proyek. Dalam pengisian kuisioner, terdapat data responden yang dapat membantu dalam menentukan tingkat keakuratan dan kompetensi dari responden yang berkaitan dengan penelitian. Data dari 5 responden dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Responden

NAMA	USIA	JABATAN	PENDIDIKAN TERAKHIR	PENGALAMAN KERJA
Arifin	38 Tahun	<i>Site Operasional Manager</i>	S1	16 Tahun
Ardan Sutopo	48 Tahun	<i>Supervisor</i>	D3	20 Tahun
Dariman	38 Tahun	Logistik/Gudang	SMA	4 Tahun
Dimas Satrio	25 Tahun	Asisten <i>Quality Control</i>	S1	6 Bulan
Wibisono				
Aditya Rivaldi	28 tahun	<i>Surveyor</i>	SMK	7 Tahun

Sumber: Kuisisioner Peneliti, 2021

Selanjutnya hasil dari pengisian kuisisioner tersebut dianalisis dengan menggunakan Teorema Bayes. Dari kuisisioner yang telah diisi, akan dibagi menjadi dua bagian yaitu Pakar dan *User*. Pakar digunakan sebagai acuan karena memiliki kompetensi dan sudah memiliki banyak pengalaman. *User* adalah responden-responden umum tetapi mereka memiliki keterkaitan dengan penelitian. Hasil dari analisis kemudian direkapitulasi untuk mengetahui indikator *waste* material paling dominan yang menyebabkan terjadinya *waste* material. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Data

Indikator <i>Waste Material</i>	User 1	Pakar			User 4
		User 2	User 3	(%)	
<i>Defect</i> (Cacat)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<i>Inventory</i> (Inventaris)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Movement</i> (Pergerakan)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<i>Processing</i> (Proses)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Production</i> (Produksi)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Transportation</i> (Transportasi)	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Waiting</i> (Menunggu)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Dari rekapitulasi diatas, dapat diketahui indikator *waste* material paling dominan yang menyebabkan terjadinya *waste* material adalah *Defect* (Cacat) dengan nilai keyakinan 100% dan *Waiting* (Menunggu) dengan nilai keyakinan 100%.

3.2 Perhitungan Estimasi Biaya Yang Diakibatkan Dari *Waste Material* Dan Proyeksi Perhitungan *Waste Material* Biaya Keseluruhan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data *waste* material yang diperoleh dari pengamatan dilapangan selama 2 minggu. Data *waste* material dianalisis untuk diketahui biaya dari *waste* material tersebut. Perhitungan estimasi biaya *waste* material menggunakan harga satuan dari Peraturan Bupati Kebumen Nomor 53 Tahun 2021 Tentang Standar Harga Satuan

Daerah Pemerintah Kabupaten Kebumen Tahun Anggaran 2022. Setelah itu, didapatkan hasil dari estimasi biaya *waste* material selama 2 minggu yang kemudian diproyeksikan sampai pekerjaan yang diamati selesai yaitu 5 minggu. Rekapitulasi perhitungan estimasi biaya *waste* material dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Estimasi Biaya *Waste* Material

Waste Material	Total Biaya (Rp.)
Tulangan Ulir Ø22	4.436.673,32
Tulangan Ulir Ø19	2.051.606,29
Tulangan Ulir Ø16	1.387.546,88
Tulangan Ulir Ø10	1.178.351,24
Tulangan Ulir Ø13	885.239,42
Multipleks	348.892,39
Beton	152.550,38
Total Biaya Waste Material (2 Minggu)	10,440,859,91
Proyeksi Total Biaya Waste Material (5 Minggu)	26,102,149,77

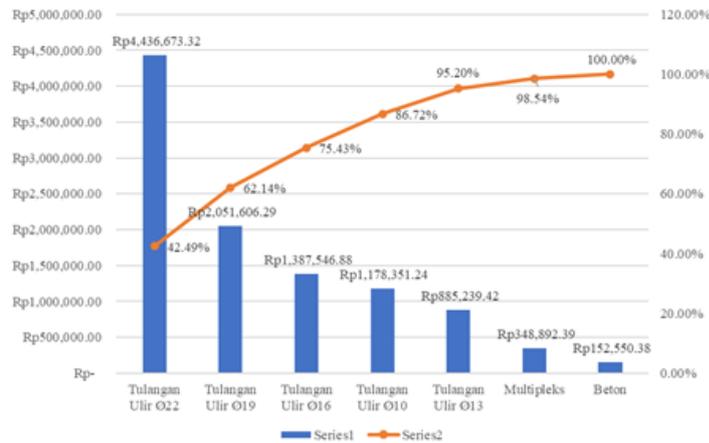
Dari rekapitulasi Tabel 3, total biaya *waste* material selama pengamatan (2 minggu) adalah sebesar Rp. 10.440.859,91 dan proyeksi total biaya *waste* material (5 minggu) adalah sebesar Rp. 26.102.149,77.

3.3 Analisis Jenis Material Paling Dominan Yang Menyebabkan Terjadinya *Waste* Material

Analisis ini menggunakan diagram Pareto untuk mengetahui jenis material paling dominan yang menyebabkan terjadinya *waste* material. Berdasarkan prinsip Pareto 80/20, 80% *waste* material yang terjadi diakibatkan karena 20% jenis material. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4. Hasil Analisis Perhitungan Pareto

Material	Total Biaya (Rp.)	Kumulatif Biaya (Rp.)	Bobot (%)	Kumulatif Bobot (%)
A	B	C = B + C	D = B/Total x 100%	E = D + E
Tulangan Ulir Ø22	4.436.673,32	4.436.673,32	42.49	42.49
Tulangan Ulir Ø19	2.051.606,29	6.488.279,61	19.65	62.14
Tulangan Ulir Ø16	1.387.546,88	7.875.826,48	13.29	75.43
Tulangan Ulir Ø10	1.178.351,24	9.054.177,73	11.29	86.72
Tulangan Ulir Ø13	885.239,42	9.939.417,15	8.48	95.20
Multipleks	348.892,39	10.288.309,53	3.34	98.54
Beton	152.550,38	10.440.859,91	1.46	100.00
Total	10.440.859,91		100.00	



Gambar 3. Diagram Pareto *Waste Material*
 Sumber: Hasil Analisis Data, 2021

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa jenis material paling dominan yang menyebabkan terjadinya *waste material* adalah tulangan ulir Ø22 (Rp. 4.436.673,32), tulangan ulir Ø19 (Rp. 2.051.606,29) dan tulangan ulir Ø16 (Rp. 1.387.546,88).

3.4 Perhitungan Persentase Penerapan *Lean Construction*

Untuk mengetahui penerapan *Lean Construction* dilakukan observasi, wawancara dan pengisian kuisioner *Lean Construction Tools*. Pengisian kuisioner ini diberikan kepada pihak kontraktor. Hasil dari pengisian kuisioner dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengisian Kuisioner Penerapan *Lean Construction*

No	Tools	Measure Items	Keterangan
1	<i>Daily Huddle Meetings (Tool-box Meetings)</i>	<i>All Foreman Meeting</i> : Pembahasan kerja kontraktor dengan subkon atau mandor	Ada
		<i>Start Of the Day Meeting</i> : <i>Briefing</i> atau <i>meeting</i> pagi	Ada
2	<i>Fail Safe for Quality and Safety</i>	<i>Check For Quality</i> : Memeriksa kualitas	Ada
		<i>Check For Safety</i> : Memeriksa keselamatan	Ada
3	<i>First Run Studies</i>	<i>Act</i> : Berkumpulnya tim untuk mengkomunikasikan metode kerja berdasarkan kendala yang terjadi	Ada
		<i>Check</i> : Mendiskripsikan dan mengukur yang terjadi	Ada
		<i>Do</i> : Mencoba ide untuk pertama kalinya	Ada
		<i>Plan</i> : Mengacu pemilihan proses kerja untuk dipelajari, menganalisis langkah-langkah proses	Ada
4	<i>Increased Visualization</i>	<i>Commitment Chart</i> : Target kinerja	Ada
		<i>Mobile Chart</i> : Jadwal kerja dan diagram kerja	Ada
		<i>Quality Chart</i> : Kualitas kerja	Ada
		<i>Safety Chart</i> : Rambu-rambu keselamatan	Ada
		<i>Workflow</i> : Alur kerja	Ada

Tabel 5. Hasil Pengisian Kuisioner Penerapan *Lean Construction* (Lanjutan)

No	Tools	Measure Items	Keterangan
5	<i>Last Planner System (LPS)</i>	<i>Master Schedule</i> : Pembuatan jadwal proyek secara keseluruhan	Ada
		<i>Percent Plan Complete (PPC)</i> : Alat ukur tercapainya target mingguan	Ada
		<i>Reverse Phase Scheduling (RPS)</i> : Pembuatan rencana penjadwalan yang dimulai dari target selesai sampai waktu mulai (teknik <i>pull</i>)	Ada
		<i>Six-Week Lookahead (SWLA)</i> : Rencana 6 mingguan	Tidak Ada
		<i>Weekly Work Plan (WWP)</i> : Rencana kerja mingguan	Ada
6	<i>The 5S/5R Process (Visual Work Places)</i>	<i>Shine (Resik)</i> : Area kerja bersih dan rapi	Ada
		<i>Sort (Ringkas)</i> : Memisahkan barang sesuai kategori	Ada
		<i>Standardize (Rawat)</i> : ringkas, rapi, resik menjadi standar kerja	Ada
		<i>Straighten (Rapi)</i> : Menyimpan barang di tempat yang mudah dijangkau	Ada
		<i>Sustain (Rajin)</i> : Membiasakan kedisiplinan	Ada

Sumber: Kuisioner Peneliti, 2021

Persentase penerapan *Lean Construction* dilakukan dengan menghitung total harga pekerjaan yang diamati sampai selesai dengan jumlah estimasi biaya *waste material* sampai pekerjaan tersebut selesai. Hasil perhitungan seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Penerapan *Lean Construction*

Pekerjaan	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Total Biaya (Rp.)
Kolom	Pembesian	Kg	33609,30	18.000,00	604.967.334,79
	Pengecoran	m ³	98,99	384.500,00	38.063.193,00
	Bekisting	m ²	678,72	61.805,56	41.948.669,68
Balok	Pembesian	Kg	52269,64	18.000,00	940.853.508,90
	Pengecoran	m ³	188,04	384.500,00	72.301.380,00
	Bekisting	m ²	1317,792	61.805,56	81.446.872,52
Plat Lantai	Pembesian	Kg	26693,86	18.000,00	480.489.421,28
	Pengecoran	m ³	238,07	384.500,00	91.537.915,00
	Bekisting	m ²	1913,8	61.805,56	118.283.480,73
Total Biaya Pekerjaan Sampai Selesai (5 Minggu)					2.469.891.775,90
Total Estimasi Biaya Waste Material Sampai Pekerjaan Selesai (5 Minggu)					26.102.149,77
Hasil Pengurangan					2.443.789.626,13
Persentase Penerapan <i>Lean Construction</i>					98,94%

Berdasarkan hasil perhitungan, penerapan *Lean Construction* pada Proyek Pembangunan Fasilitas Kawasan Geodiversitas Indonesia Karangsambung Paket 2 adalah sebesar 98,94%. Persentase yang didapatkan cukup tinggi dan hal ini cukup baik karena hampir semua *tools* telah diterapkan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari analisis kuisioner *waste material* dengan menggunakan teorema Bayes menunjukkan bahwa indikator paling dominan yang menyebabkan terjadinya *waste material* adalah *Defect* (Cacat) dan *Waiting* (Menunggu) dengan nilai keyakinan masing-masing 100%.
2. Perhitungan estimasi biaya *waste material* menggunakan data yang didapatkan dari hasil pengamatan dilapangan selama 2 minggu. Estimasi biaya *waste material* yang diperoleh selama 2 minggu adalah sebesar Rp. 10.440.859,91. Kemudian, diperoleh total estimasi biaya *waste material* sampai dengan pekerjaan yang diamati selesai (5 minggu) adalah sebesar Rp. 26.102.149,77.
3. Hasil analisis dengan menggunakan diagram Pareto, jenis material paling dominan yang menyebabkan *waste material* adalah tulangan ulir Ø22 (Rp. 4.436.673,32), tulangan ulir Ø19 (Rp. 2.051.606,29) dan tulangan ulir Ø16 (Rp. 1.387.546,88).
4. Hasil pengisian kuisioner penerapan *Lean Construction* menunjukkan bahwa hampir semua prinsip *Lean Construction* diterapkan oleh kontraktor, tetapi dalam penerapannya belum maksimal. Persentase penerapan *Lean Construction* pada Proyek Pembangunan Fasilitas Kawasan Geodiversitas Indonesia Karangsembung Paket 2 yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan adalah sebesar 98,94%.

4.2 Saran

Saran yang dapat digunakan sebagai bahan referensi dan bahan pertimbangan dalam penelitian selanjutnya yang sejenis adalah sebagai berikut:

1. Perlunya pemahaman yang baik mengenai *Lean Construction*, baik dari pemahaman secara teori dan juga penerapannya di proyek.
2. Menggunakan *tools Lean Construction* yang paling relevan dan sesuai dengan jenis dan kondisi proyek yang akan dijadikan tempat penelitian.
3. Memilih penggunaan metode yang paling relevan dan yang sesuai dengan jenis serta kondisi proyek yang akan dijadikan tempat penelitian.
4. Dalam melakukan pengamatan atau observasi di proyek, diharapkan agar dilakukan lebih teliti dan lebih baik lagi agar data yang didapatkan lebih akurat dan hasil yang diperoleh bisa maksimal.

5. Pengerjaan penelitian diharapkan dilakukan dengan semaksimal mungkin dan dengan waktu yang maksimal agar penelitian bisa lebih baik lagi dan bisa maksimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adlin, R. A. (2016). *Analisa Waste Material Konstruksi dengan Aplikasi Metode Lean Construction (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Showroom Auto 2000)*. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Emerson, Harrington dalam Phiffner John F dan Presthus Robert V. (1960). *5 Unsur Manajemen*.
- Formoso, C. T. & Soibelman, L. & De Cesare, C. & Isatto, E. L. (2002). Material waste in building industry: main causes and prevention. *Journal of construction engineering and management*, 128(4), 316–325.
- Gavilan, R. M. & Bernold, L. E. (1994). Source evaluation of solid waste in building construction. *Journal of construction engineering and management*, 120(3), 536–552.
- Haggard, R. 2005. *Project Team: Lean Principles in Construction*.
www.constructioninstitute.org/script/content/ac2004/slides/tweedie.ppt.
- Howell, G. (1999). What is lean construction-1999. *Proceedings IGLC*, 7, 1-10.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. 72.
- Mudzakir, A. C., Setiawan, A., Wibowo, M. A., & Khasani, R. R. (2017). Evaluasi Waste Dan Implementasi Lean Construction (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), 145–158.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/16261>
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Cambridge: Mass Productivity Press.
- Sanusi, R. S. (2015). *Permasalahan pemborosan/biaya-tak-perlu pada pelaksanaan konstruksi di indonesia*. November 1–9. <https://doi.org/10.13140/2.1.2719.3609>
- Setiawan, D., & Marbun, M. K. (n.d.). *Kajian Indikator Material Mechanical, Electrical, dan Plumbing Ramah Lingkungan*. 145–157.
- Setiawan, D., Simatupang, R., Jurusan, D., Sipil, T., Teknik, F., & Maranatha, U. K. (1994). *Pengembangan Model Simulasi Proyek Konstruksi Di Bawah Ketidakpastian*. 165–192.
- Skoyles, E. F. (1976). *Material wastage: A misuse of resources, Building Research and Practice*, July/April 1976, pp. 232–243
- Branz. 2002. *Easy Guide to Reducing Construction Waste*. New Zealand.
- Soeharto, Iman. (1999). *Manajemen Proyek*. Jakarta: Erlangga.
- 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>

Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard Business Review*, 74(5), 140–172.