

## Evaluasi *Waste* dan Implementasi *Lean Construction* Proyek Gedung Kampus X

Suripto<sup>1\*</sup>, Ajeng Renita Susanti<sup>2</sup>

- 1) Politeknik Negeri Jakarta (email : [suripto.1965@sipil.pnj.ac.id](mailto:suripto.1965@sipil.pnj.ac.id))
- 2) Politeknik Negeri Jakarta (email : [ajeng.renitasusanti.ts17@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:ajeng.renitasusanti.ts17@mhs.w.pnj.ac.id))

### Info Artikel

#### **Riwayat Artikel:**

Dikirim :14-11-21

Direvisi :22-01-22

Diterima :24-01-22

#### **Keywords :**

*Waste*

*lean construction tools*  
*last planner system*

### ABSTRACT

*Pelaksanaan proyek pembangunan gedung akan menimbulkan waste yang bisa memberikan dampak untuk proyek yang sedang berjalan. Waste merupakan kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah baik kepada customer maupun owner. Salah satu upaya untuk meminimalisir dampak dari waste waktu adalah perlu meminimalkan pemborosan dan meningkatkan value (nilai) seperti prinsip Lean Construction (konstruksi ramping). Analisis dilakukan untuk mengevaluasi variabel dan faktor penyebab waste paling berpengaruh dan implementasi dari Lean Construction tools. Teknik analisis data dilakukan menggunakan kuesioner selanjutnya di analisis dengan metode borda dan wawancara dengan narasumber untuk implementasi Lean Construction. Dalam penelitian ini didapatkan hasil Variabel waste yang paling berpengaruh di dalam proyek gedung kampus X adalah Inappropriate processing (proses yang tidak tepat) dengan 36 poin yaitu 18% dari total keseluruhan. Lean Construction pada proyek gedung kampus X dengan menggunakan lean construction tools yang sudah diterapkan dan dikembangkan di dalam proyek adalah last planner system yang meliputi master schedule, phase schedule, six week look ahead, weekly work plan, daily plan dan percent plan complete. Selain tools tersebut, di dalam proyek juga melaksanakan beberapa tools lain seperti Daily Huddle Meetings, First-run Studies, 5S Process (Visual Work Place), dan Fail-safe for Quality and Safety. Sedangkan, tools yang tidak dilaksanakan adalah Increased Visualization.*

## 1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi sudah mencoba berbagai upaya untuk mengurangi waste, waste adalah bentuk inefisiensi dalam pengelolaan material, SDM dan waktu. Masalah waste yang mengacu pada dampak yang negatif terhadap lingkungan, biaya, produktivitas, waktu, sosial dan ekonomi. Selain itu, masalah ini berkontribusi pada nilai pengurangan produktivitas konstruksi dan mengurangi kinerja proyek secara keseluruhan. (Tamallo & Nursin, 2020) Salah satu prinsip yang digunakan untuk mengevaluasi waste adalah dengan menggunakan prinsip *Lean Construction*. (Mudzakir dkk., 2017).

*Lean construction* adalah suatu prinsip yang digunakan pada pekerjaan konstruksi dengan cara meminimalkan waste berupa material dan waktu, dengan tujuan untuk meningkatkan value (nilai) (Kololu & Camerling, 2017). Manfaat dari metode *lean construction* ditunjukkan dengan perolehan 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).

Peralihan ini dibutuhkan waktu karena masing-masing kegiatan yang mendukung tujuan ideal akan menciptakan masalah baru, manfaat, dan pemahaman (Karim, 2013). Sebuah desain dalam pengiriman bertujuan bahwa seluruh unit dapat menghasilkan keuntungan dari nilai tambah untuk seluruh sistematis, sinergis, dan juga perbaikan terus menerus dalam pengaturan proyek konstruksi dan pemilihan metode, *supply chain*, dan *workflow reliability* yang diperbaharui dalam lapangan kegiatan. (Patel, 2011) Untuk menciptakan proses produksi yang efektif dan efisien pemahaman terhadap ketiga operasi tersebut sangat penting. Hal spesifik yang menjadi perhatian adalah *Non-Value Adding* dan *Necessary but Non-Value Adding*, artinya sebisa mungkin kegiatan tersebut dikurangi atau dihilangkan. Dalam aktivitas tersebut seringkali menimbulkan *waste*. (Wardana & Ciptomulyono, 2012).

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi *waste material* dan waktu tidak dapat dihindari. Berdasarkan *Lean Construction institute* hasil studi dalam bidang konstruksi nilai tambahnya hanya 10% dan tingkat *waste* mencapai 57%. (Nursin dkk., 2014). *Waste* dalam jumlah besar akan mempengaruhi keberlangsungan pelaksanaan proyek konstruksi, akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian dan pembengkakan biaya (Surbakti & Harefa, 2021). Dr. Singeo Singo telah mengidentifikasi *waste* yang kemudian ditulis ulang oleh Koskela (2000) mengenai kategori kegiatan yang dapat menjadi sebuah *waste* yaitu *Defect* (cacat), *Waiting* (menunggu), *Unnecessary inventory*, *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat), *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu), *Excessive Transportation*, *Over Production*. (Archia, 2013).

Rancangan *Lean Construction* menyediakan dasar untuk pondasi manajemen proyek. Asas – asas *Lean Construction* terdiri dari beberapa kunci, yaitu, *Specify value* Memikirkan kembali nilai dari kacamata klien

dan setuju menilai asset dan teknologi. *Value stream*, menurut Womack dan Jones (2008), *value stream* adalah dengan pemetaan seluruh arus nilai, menetapkan kerjasama antara partisipan, mengidentifikasi, dan menghilangkan *waste*, sehingga proses konstruksi dapat ditingkatkan. *Flow* adalah konsep yang digunakan aliran nilai untuk meningkatkan penjumlahan yang efisien dari nilai setiap tahapan dalam proyek. *Pull*, pada tingkat strategis diidentifikasi sebagai kebutuhan untuk mengantar produk ke pelanggan secepat ia memerlukan. *Perfection*, menurut Womack dan Jones (2008), *perfection* adalah instruksi kerja dan pengembangan prosedur, dan ditetapkan *quality control*. (Herliandre & Suryani, 2018).

*Lean Construction tools* digambarkan sebagai berikut: 1. *Last Planner System (LPS)*, yaitu sebuah teknik yang berupa rutur kerja (*workflow*) dan menentukan beragam kegiatan dalam proyek konstruksi. Dalam *last planner system*, memiliki rangkaian implementasi *master schedule*, *Reverse Phase Schedules (RPS)*, *six-week lookahead*, *Weekly Work Plan (WWP)*, *Percent Plan Complete (PPC)*. 2. *Increased Visualization*, yaitu instrumen berkomunikasi secara efektif kepada personel melalui pemasangan bermacam tanda, rambu, dan label disekitar lokasi konstruksi. 3. *Daily Huddle Meetings* Komunikasi dua arah adalah daya utama rapat harian tim dalam rangka melaksanakan keterlibatan para personel. Rancangan ini mirip dengan *employee involvement* pada *lean manufacture*, yaitu memberdayakan personel dengan mengamati tanggapan saat menghadapi masalah, dan memulai komunikasi secara mendalam melalui *tool-box meeting*. (Salem dkk., 2005).

Sebuah metode manajemen waktu untuk menanggulangi masalah tersebut, salah satunya adalah dengan menerapkan rangkaian implementasi dari metode *Last Planner System (LPS)* (Arifin & Ghuzdewan, 2017). *Last Planner System (LPS)* dikembangkan oleh Ballard (2000)

dan Howell (1999) sebagai perencanaan produksi dan sistem kontrol untuk membantu merapikan alur pekerjaan proyek konstruksi yang bervariasi, mengembangkan perencanaan, dan mengurangi ketidakpastian dalam pelaksanaannya. (Patel, 2011). *Last Planner System* (LPS) telah akurat dalam mencapai dan mempertahankan rencana kerja di atas 90%. (Ballard, 2000) *Last Planner System* (LPS) membuat stakeholder (semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan proyek) bekerja secara lebih terorganisir, efektif dan produktif sehingga hasil pekerjaan proyek keseluruhan dapat meningkat secara signifikan. Selain itu, penilaian dan evaluasi terkait masalah atau kendala dalam proyek dapat segera dipelajari. (AlSehaimi, Abdullah O., Tzortzopoulos, Patricia and Koskela, 2009) (Nursin dkk., 2020). Metode *Last Planner* ini masih belum banyak digunakan dalam tahap perencanaan dalam bidang konstruksi di Indonesia. Dalam manajemen proyek, metode *Last Planner* memiliki indikator kinerja untuk mengukur progress aliran pekerjaan seperti *Master Plan*, *Lookahead Planning*, *Constraints Analysis*, *Weekly Work Plan* and *Percent Plan Complete*, dan menentukan jadwal proyek. (Rupianto, 2020).

Penelitian ini akan meninjau variabel *waste* yang paling dominan yang terjadi pada proyek gedung kampus X. Mengevaluasi variabel dan faktor penyebab dari *waste* serta mengevaluasi penerapan *lean construction* pada proyek gedung kampus X.

Manfaat dari penelitian ini untuk menambah wawasan pembaca dalam mengetahui variabel dan faktor *waste* serta pengimplementasian *lean construction tools* dalam proyek gedung kampus X, dan untuk perusahaan konstruksi dapat menghasilkan evaluasi terhadap variabel dan faktor *waste* yang terjadi didalam proyek yang diharapkan hasil evaluasi bisa menjadi solusi untuk memperbaiki penerapan *lean construction tools* kedepannya.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengumpulan datanya menggunakan kuesioner untuk evaluasi *waste* dan dengan wawancara untuk penerapan *lean construction tools* pada proyek gedung kampus X. Responden dari kuesioner merupakan salah satu anggota dari setiap bagian didalam proyek yang berjumlah 7 orang. Kuesioner dilaksanakan dengan pemeringkatan untuk faktor yang paling berpengaruh terhadap variabel serta pemeringkatan variabel terhadap proses berjalannya proyek.

Dari data yang terkumpul kemudian dianalisis dengan menggunakan software microsoft excel, dimana data yang ada dimasukkan kedalam *spread sheet*, kemudian diolah menggunakan rumus metode borda untuk mendapatkan poin serta peringkatnya dan digambarkan grafiknya. Selanjutnya, peneliti mendeskripsikan hasil dari kuesioner tentang faktor dan variabel *waste* yang diolah dengan metode borda yaitu merangkingkan jumlah poin yang didapat dari kuesioner dan mendeskripsikan hasil wawancara tentang penerapan *lean constructions tools* dalam proyek gedung kampus X.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, terhadap variabel *waste* dalam proyek didapatkan variabel *waste* yang berpengaruh paling besar terhadap proyek gedung kampus X adalah *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat) dengan perolehan poin sebesar 36 poin sedangkan variabel *waste* yang memiliki pengaruh yang kecil adalah *NonUtilized talent* (Pekerja yang tidak terampil). Dalam analisis ini, didapatkan variabel yang memiliki pengaruh yang sama yaitu variabel *Defect* (Cacat) dan *Waiting* (Menunggu) berada di posisi rangking ke-4 dengan perolehan poin sebesar 29 poin sebagaimana disajikan dalam Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Hasil pemeringkatan variabel *waste*

No	Variabel Waste	Rangking
1	<i>Defect</i> (Cacat)	4
2	<i>Waiting</i> (Menunggu)	4
3	<i>Unnecessary inventory</i> (persediaan yang tidak perlu).	2
4	<i>Unnecessary motion</i> (gerakan yang tidak perlu)	3
5	<i>Over Production</i> (Kelebihan Produksi)	6
6	<i>Inappropriate processing</i> (proses yang tidak tepat)	1
7	<i>Transportation</i>	7
8	<i>Non-Utilized talent</i>	8

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, faktor terhadap variabel *waste* didapatkan faktor yang berpengaruh paling besar terhadap variabel *waste* nya adalah sebagai berikut:

1. *Defect* (cacat) Dalam analisis variabel *waste defect* (cacat) didapatkan faktor terbesarnya adalah material yang tidak sesuai standar mutu sedangkan faktor terkecilnya adalah alokasi tenaga kerja untuk pekerjaan *repair* sebagaimana disajikan dalam Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Hasil Pemeringkatan Faktor terhadap Variabel *Waste Defect*

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
a. Material yang tidak sesuai standar mutu	4	1	1	1	15	1
b. kurangnya tenaga kerja	3	1	2	1	13	2
c. Alokasi tenaga kerja untuk pekerjaan <i>repair</i>	0	1	3	3	5	4
d. Penyimpanan Material yang buruk	0	4	1	2	9	3

*Waiting* (Menunggu) Dalam analisis variabel *waste Waiting* (Menunggu) didapatkan faktor terbesarnya adalah perubahan desain

sedangkan faktor terkecilnya adalah keterlambatan material tiba di lokasi sebagaimana disajikan dalam Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Hasil Pemeringkatan Faktor terhadap Variabel *Waste: Waiting* (Menunggu)

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
a. Perubahan desain	4	2	1	0	17	1
b. Keterlambatan material tiba di lokasi	0	1	3	3	5	4
c. Perencanaan dan Penjadwalan yang buruk	2	3	0	2	12	2
d. Buruknya jadwal pengiriman material	1	1	3	2	8	3

2. *Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu). Dalam analisis variabel *waste Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu) didapatkan faktor terbesarnya adalah perencanaan dan penjadwalan yang buruk sedangkan faktor terkecilnya adalah keterlambatan material tiba di lokasi sebagaimana disajikan dalam Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Hasil Pemeringkatan Faktor terhadap Variabel *Waste: Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu)

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
a. Perencanaan dan Penjadwalan yang buruk	4	1	1	1	15	1
b. Keterlambatan material tiba di lokasi	1	1	1	4	6	4
c. Penyimpanan melebihi volume gudang	2	2	2	1	12	2
d. Material rusak akibat terlalu lama disimpan	0	3	3	1	9	3

3. *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu) Analisis variabel *waste Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu) didapatkan faktor terbesarnya adalah layout lokasi kerja yang tidak sesuai sedangkan faktor terkecilnya adalah peralatan yang tidak ergonomis seperti Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Pemeringkatan Faktor terhadap Variabel *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu)

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
a. Layout lokasi kerja yang tidak sesuai	3	1	3	0	14	1
b. Pengelolaan tempat kerja yang buruk	2	3	1	1	13	2
c. Metode kerja yang tidak konsisten	1	3	2	1	11	3
d. Peralatan yang tidak ergonomis	1	0	1	5	4	4

4. *Over Production* (Kelebihan Produksi) Dalam analisis variabel *waste Over Production* (Kelebihan Produksi) didapatkan faktor terbesarnya adalah perubahan desain sedangkan faktor terkecilnya adalah kurangnya skill tenaga kerja sebagaimana disajikan dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Pemeringkatan Faktor terhadap Variabel *Waste: Over Production* (Kelebihan Produksi)

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
a. Penanganan material tidak sesuai standar	0	2	4	1	8	3
b. Produksi lebih awal	2	4	0	1	14	2
c. Kurangnya skill tenaga kerja	0	0	2	5	2	4
d. Perubahan desain	5	1	1	0	18	1

5. *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat) Dalam analisis variabel *waste Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat) didapatkan faktor terbesarnya adalah ketidaksesuaian peralatan sedangkan faktor terkecilnya adalah kegagalan dalam kombinasi alat sebagaimana disajikan dalam Tabel 7 berikut.

**Tabel 7.** Hasil Pemeringkatan Faktor terhadap Variabel *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat)

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
a. Ketidakesuaian Peralatan	1	4	2	0	13	2
b. Ketidakesuaian prosedur kerja	5	2	0	0	19	1
c. Maintenance peralatan yang kurang baik	1	1	1	4	6	3
d. Kegagalan dalam mengkombinasikan alat	0	0	4	3	4	4

6. *Transportation* Dalam analisis variabel *waste Transportation* didapatkan faktor terbesarnya adalah layout lokasi kerja yang tidak efektif sedangkan dalam variabel ini memiliki dua faktor terkecil di posisi peringkat ketiga adalah pemesanan material yang terlalu jauh dan jadwal pengiriman material yang tidak sesuai sebagaimana disajikan dalam Tabel 8 berikut.

**Tabel 8.** Hasil Pemeringkatan Faktor terhadap Variabel *Transportation*

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
a. Material yang tidak langsung menuju lokasi proyek	2	1	2	2	10	2
b. Layout lokasi kerja yang tidak efektif	3	2	1	1	14	1

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
c. Pemesanan Material yang terlalu jauh	2	0	3	2	9	3
d. Jadwal pengiriman material yang tidak sesuai	0	4	1	2	9	3

7. *Non-Utilized talent* Dalam analisis variabel *waste Non-Utilized talent* didapatkan faktor terbesarnya adalah kurangnya skill tenaga kerja sedangkan faktor terkecilnya adalah waktu lembur yang berlebih sebagaimana disajikan dalam Tabel 9 berikut.

**Tabel 9.** Hasil Pemeringkatan Faktor terhadap Variabel *Non-Utilized talent*

Faktor	Peringkat				Jumlah Poin	Peringkat
	1	2	3	4		
a. Kurangnya skill tenaga kerja	5	0	1	1	16	1
b. Gambar kerja kurang jelas	1	2	2	2	9	3
c. Pekerja tidak disiplin	1	3	3	0	12	2
d. waktu lembur yang berlebih	0	2	1	4	5	4

### Implementasi *lean construction tools*

Dalam analisis hasil wawancara mengenai implementasi *lean construction tools* didapatkan bahwa pada proyek gedung kampus X berfokus untuk mengembangkan penerapan *tools Last planner system*, sedangkan untuk *tools* yang lain masih dalam tahap demonstrasi. Informasi yang didapat dalam wawancara implementasi *lean construction* dirangkum sebagai berikut:

1. *Last Planner System* a. *Master schedule* dan *Phase Schedule* Kontraktor telah membuat *master schedule* dan *phase schedule* sebagai acuan untuk proses berjalannya proyek gedung

kampus X. b. *Six Week Look Ahead* Kontraktor telah membuat *Six Week Look Ahead* sebagai bahan untuk memonitoring pekerjaan dalam jangka waktu per 6 minggu. c. *Weekly Work Plan*, *Weekly Work Plan* dibuat oleh Kontraktor sebagai monitoring detail pekerjaan yang harus dicapai di minggu depan dan sebagai evaluasi ketercapaian pekerjaan di minggu sebelumnya. d. *Daily Plan*, *Daily Plan* dibuat kontraktor untuk acuan pelaksanaan pekerjaan harian yang akan dilaksanakan pada hari yang telah ditentukan. e. *Percent Plan Complete*, *Percent Plan Complete* dibuat kontraktor untuk mengetahui seberapa besar ketercapaian target pada perencanaan jadwal yang telah ditentukan.

2. *Increased Visualization* Kontraktor tidak menggunakan *tools Increased Visualization* yaitu sebagai alat berkomunikasi secara efektif kepada pegawai melalui pemasangan berbagai tanda, rambu, dan label disekitar lokasi konstruksi.

3. *Daily Huddle Meetings*. *Tools Daily Huddle Meetings* yang dilakukan untuk komunikasi dua arah antar para pegawai dilakukan kontraktor dalam waktu per 2 minggu sekali untuk evaluasi dan progress di minggu depan.

4. *First-run Studies*. Kontraktor pernah melakukan demonstrasi untuk *tools First-run Studies* dengan melakukan simulasi proses pelaksanaan pekerjaan pembangunan dengan menggunakan software BIM (*Building Information Modelling*), Revit.

5. *5S Process (Visual Work Place)*. Dalam proyek X kontraktor sudah menerapkan *5S process* yang memiliki lima tahap pembenahan untuk membantu meminimalkan waste (Kobayashi, 1995; Hirano, 1996), yaitu: Seiri (ringkas; *sort*), Seiton (rapi; *straighten*), Seiso (resik; *shine*), Seiketsu (rawat; *standardize*) dan Shitsuke (rajin; *sustain*).

6. *Fail-safe for Quality and Safety*. Pada *tools Fail-safe for Quality and Safety* kontraktor melakukan pemeriksaan terhadap kualitas dari material yang akan digunakan dan melakukan pemeriksaan *safety* terhadap alat maupun metode pekerjaan yang akan dilaksanakan di lapangan.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, menganalisis variabel dan faktor *waste* dengan *lean construction tools* yang diperoleh dari kajian pustaka didapatkan bahwa tidak diterapkannya *lean construction tools* secara keseluruhan menyebabkan terjadinya *waste*. Kemunculan *waste* yang disebabkan oleh faktor terbesar yang terjadi di dalam proyek gedung kampus X yaitu *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat) disebabkan oleh belum diterapkannya salah satu *lean construction tools* yaitu *Increased Visualization* yang berperan sebagai alat berkomunikasi secara efektif kepada pegawai melalui peletakan berbagai tanda, rambu, dan label disekitar lokasi konstruksi, sehingga menyebabkan ketidaktepatan pada proses konstruksi. *Waste* yang disebabkan oleh faktor terkecil yang terjadi di dalam proyek gedung kampus X yaitu *Non-Utilized talent* (Pekerja yang tidak terampil) disebabkan karena telah diterapkannya *Fail-safe for Quality and Safety* yang berperan dalam pemeriksaan kualitas dari hasil pekerjaan, sehingga menyebabkan pekerja yang ada di dalam proyek merupakan pekerja yang terampil. Mengenai faktor yang berpengaruh terhadap variabel *waste*, *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat) disebabkan oleh faktor ketidaksesuaian prosedur dan peralatan, maintenance peralatan yang kurang baik, dan kegagalan dalam mengkombinasikan alat. Sedangkan, faktor yang berpengaruh terhadap variabel *waste*, *Non-Utilized talent* (Pekerja yang tidak terampil) disebabkan oleh kurangnya skill tenaga kerja, pekerja yang tidak disiplin, gambar kerja kurang jelas, dan waktu lembur berlebih.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi dengan tujuan yang telah ditentukan, kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini tentang evaluasi *waste* dan implementasi *lean construction* dengan studi kasus proyek gedung kampus X dijelaskan dalam poin – poin berikut ini:

1. Dari hasil analisis variabel *waste* terhadap proyek gedung kampus X didapatkan bahwa variabel *waste* yang memiliki pengaruh terbesar dalam berjalannya proyek adalah *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat). Variabel *waste* yang memiliki pengaruh terkecil adalah *Non-Utilized talent* (Pekerja yang tidak terampil).

2. Evaluasi faktor terhadap *waste* didapatkan bahwa penyebab utama dalam variabel *waste* *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat) adalah ketidaksesuaian prosedur kerja, variabel *Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu) adalah perencanaan dan penjadwalan yang buruk, variabel *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu) adalah layout lokasi kerja yang tidak sesuai, variabel *Defect* (Cacat) adalah material yang tidak standar mutu, variabel *Waiting* (Menunggu) adalah perubahan desain, variabel *Over Production* (Kelebihan Produksi) adalah perubahan desain, variabel *Transportation* layout lokasi kerja yang tidak efektif, variabel *Non-Utilized talent* (Pekerja yang tidak terampil) adalah kurangnya skill tenaga kerja.

3. Pengimplementasian *Lean Construction* pada proyek gedung kampus X dengan menggunakan *lean construction tools* yang sudah diterapkan dan dikembangkan di dalam proyek adalah *last planner system* yang meliputi *master schedule*, *phase schedule*, *six week look ahead*, *weekly work plan*, *daily plan* dan *percent plan complete*. Selain tools tersebut, di dalam proyek juga melaksanakan beberapa tools lain seperti *Daily Huddle Meetings*, *First-run Studies*, *5S Process* (*Visual Work Place*), dan *Fail-safe for Quality and Safety*. Sedangkan, tools yang tidak dilaksanakan adalah *Increased Visualization*.

#### 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.

- AlSehaimi, A. O., Tzortzopoulos, P. and Koskela, L. (2009) *Last planner system: experiences from pilot implementation in the middle east*. In: *Proceedings of IGLC 17: 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Chien-Ho Ko. ISBN 9789574165308
- Archia, I. (2013). *Penerapan Metode Lean Construction dan Penjadwalan Critical Chain Project Management Dalam Pembangunan Proyek Konstruksi Gedung Universitas Widya Mandala (UWM) Surabaya Studi Kasus : PT.PP (Persero) Tbk*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Arifin, A., & Ghuzdewan, T. A. (2017). *Eksplorasi Penggunaan LPS (Last Planner System) untuk monitoring dan evaluasi progress pekerjaan proyek konstruksi*. Universitas Gajah Mada.
- Herliandre, A., & Suryani, F. (2018). Penerapan Konstruksi Ramping (*Lean Construction*) pada Pembangunan Gedung di Bintaro. *Jurnal IKRA-ITH Teknologi*, 2(7), 34–41.
- Karim, M. B. (2013). Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi menggunakan *Critical Chain Project Management* dan *Lean Construction* Untuk Meminimasi Waste (Studi Kasus : Pembangunan Gedung BPPKB Tahap 2). In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Nomor 9). Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kololu, W., & Camerling, B. J. (2017). Tinjauan Penggunaan Metode *Lean Construction* Pada Proyek Konstruksi (Studi kasus Pada Pesona Alam Estate). *Arika*, 11(2), 109–118.  
<https://doi.org/10.30598/arika.2017.11.2.109>
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.
- 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>
- Nursin, A., Fitria, & Sari, T. W. (2020). *Last Planner System Pada Proyek Rumah Susun Transit Oriented Development*. Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, *Prosiding Online 2020*, 816–825.
- Nursin, A., Latief, Y., & Abidin, I. (2014). Pertumbuhan Barang Sisa Konstruksi (*Construction Waste*) Di Indonesia. *Politeknologi*, 13(1), 1–6.
- Patel, A. (2011). *The Last Planner System For Reliable Project Delivery*. University Of Texas.
- Rupianto, D. (2020). *Peningkatan Produktivitas Pekerjaan Kolom Slipform dengan Metode Last Planner pada Proyek Jakarta International Stadium (JIS)*. Universitas Gajah Mada.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Luegring, M. (2005). *Site implementation and assessment of lean construction techniques*. *Lean Construction Journal*, 2(2), 1–21.
- Surbakti, A. A., & Harefa, M. B. (2021). Kajian Lean Construction Pada Proyek Pembangunan Jaringan Irigasi Sidilanitano Kabupaten Tapanuli Utara. *Juitech*, 5(1).
- 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>
- Wardana, R. A., & Ciptomulyono, U. (2012). Analisis *Lean Construction* Dan Resiko Pada Proyek Pembangunan *Marine Loading Arm (MLA)* Di Pt. Pertamina (Persero) *Engineering Services Region III Jatim Balinus*. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVI*, 1–8.
- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (2008). *The Machine That Changed The World*. New York: Simon and Schuster Inc.