

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Hasil Penelitian Terdahulu**

(I Wayan Jawat et al., 2020) Merupakan penelitian dengan judul “Penelitian Implementasi Metode Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi *Borepile*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji metode pelaksanaan pondasi pada tahap perencanaan pelaksanaan. Metode penelitian yang digunakan adalah mengumpulkan data dasar penelitian dengan melakukan survei dan wawancara mendalam serta menggunakan dokumen informasi yang ada sebagai pendukung awal. Informasi yang terkumpul di lapangan kemudian diolah sebagai kajian kontekstual yang sistematis. Kemudian melakukan analisis data sesuai dengan metode yang diberikan. Hasil dari penelitian ini adalah tahapan pekerjaan pemboran dan pondasi kolom dari awal pekerjaan yaitu. pekerjaan persiapan, pekerjaan pemboran dengan metode pemboran basah dengan volume 1105 m dan durasi 8 hari. Pekerjaan besi dengan volume 9309 kg membutuhkan waktu 13 hari, dan pengecoran dengan volume 74.394 m<sup>3</sup> membutuhkan waktu 11 hari. Mengenai tiang pada pekerjaan pendahuluan penentuan sumbu tiang dan pekerjaan galian, pekerjaan pondasi tiang pancang dengan pasir timbunan beton dengan volume 136.708 m<sup>3</sup> selama 14 hari, pekerjaan penyetrikaan dengan volume 5454,21 kg, durasi 9 hari. Dan pengecoran bekerja 14 hari dengan volume 117.632 m<sup>3</sup>.

(Renita Susanti, 2022) melakukan penelitian tentang “Pengkajian Limbah dan Konstruksi Lean Proyek Gedung Kampus X”. Gedung Kampus X. Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data dengan kuisioner untuk menilai pemborosan dan melakukan wawancara tentang penerapan alat gedung ramping di kampus. proyek konstruksi X. Setelah data terkumpul, dianalisis dengan menggunakan software Microsoft Excel, data

dimasukkan ke dalam spreadsheet kemudian diolah dengan metode Borda untuk mendapatkan grafik nilai titik dan peluruhan. Hasil survei terhadap faktor dan variabel limbah kemudian diolah menggunakan metode Borda, dan dideskripsikan proyek konstruksi. Hasil analisis limbah menunjukkan bahwa variabel limbah yang paling besar pengaruhnya terhadap pelaksanaan proyek adalah penanganan yang tidak tepat (*improper process*). Variabel dengan dampak paling kecil adalah bakat yang tidak digunakan.

(Nurlaelah et al., 2021) melakukan penelitian “Identifikasi Pada Proses Konstruksi Perumahan Sederhana Menggunakan Value Stream Mapping Pada Perumahan XYZ”. Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan sebuah konsep untuk mengatasi masalah sampah yang terjadi pada proses pembangunan rumah. di apartemen sederhana (akomodasi murah). Penelitian ini mengeksplorasi konsep konstruksi ramping menggunakan salah satu alat konsep konstruksi ramping, *Value Stream Mapping* (VSM). Tindakan terdiri dari mengidentifikasi pemborosan dan menemukan penyebab masalah. Kami kemudian mengusulkan solusi untuk meningkatkan residu yang dihasilkan. *Value Stream Mapping* (VSM) digunakan sebagai alat untuk memudahkan penerapan konsep konstruksi ramping dengan mengidentifikasi aktivitas yang memberi nilai tambah (*added value*) dalam aliran proses (*value stream*) dan mengeliminasi aktivitas yang tidak menambah nilai. Identifikasi pemborosan di lokasi menggunakan metode penelitian observasi langsung dan wawancara. Pengamatan dilakukan dengan mengamati langsung proses pembangunan setiap hari mulai pukul 08.00 hingga 17.00 WIB. Dari pekerjaan pertama (penggalian) hingga pekerjaan terakhir (penyelesaian) selama 3-6 bulan. Sebanyak 10 responden yang bertanggung jawab dan dipercaya memahami proses pembangunan rumah juga diwawancarai. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah terciptanya peta status yang diperbarui, yang digunakan untuk mengidentifikasi limbah yang dihasilkan dalam proyek ini. Hasil yang

didapat juga mengetahui rata-rata cycle time dan delay harian proyek. Berdasarkan hasil peta ruangan saat ini, pemborosan diidentifikasi sebelum pekerjaan dilakukan, yaitu. Pemborosan keterlambatan dan pemborosan selama bekerja, Kelebihan produksi limbah, penyimpanan, kekurangan, pergerakan, transportasi, pengolahan dan limbah. Kemudian, berdasarkan hasil analisis peta keadaan saat ini, maka diusulkan untuk memperbaiki proses pembangunan dengan sistem traksi “sistem Kaban”.

(Hidayat, 2018) melakukan penelitian yang subjeknya adalah “perhitungan biaya dan waktu pelaksanaan pembangunan gedung ekstensi Universitas Muhammadiyah Malang (UMM).” Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu dan biaya yang diperlukan untuk pembangunan gedung penyuluhan. Muhammadiyah di Universitas Malang (UMM). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan observasi langsung ke lokasi untuk menentukan harga material, spesifikasi alat yang digunakan, harga material, harga sewa alat dan upah pekerja. Metode pengumpulan data adalah mengelompokkan dan menggabungkan jenis pekerjaan, menghitung volume setiap item pekerjaan, menghitung kapasitas produksi setiap pesanan, menghitung waktu pelaksanaan dan menghitung biaya pelaksanaan. Dari hasil penelitian ini, total waktu pelaksanaan yang diperlukan untuk mendirikan program pascasarjana di Universitas Muhammadiyah Malang adalah 133 hari. Dan biaya pelaksanaan Proyek Pembangunan Perluasan Universitas Muhammadiyah Malang yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 33.115.895.025.

(Julfi Musarifan, 2020) melakukan penelitian tentang “Pemborosan yang tidak memberi nilai tambah dan penilaian yang tidak perlu menggunakan *Value Stream Mapping*. (studi kasus: proyek pembangunan gedung induk SMK Muhammadiyah 4 Pekanbaru)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis dan penyebab limbah yang dihasilkan oleh proyek konstruksi dan menerapkan Value Stream Mapping (VSM) pada limbah yang dihasilkan oleh proyek konstruksi. Pemetaan aliran nilai digunakan sebagai metode. Hasilnya menunjukkan bahwa yang

paling umum tidak bernilai tambah dan tidak perlu (NVAAU) adalah karyawan yang diharapkan. Meskipun alasan NVAAU yang paling umum adalah kurangnya kontrak kerja untuk pekerja lapangan dan kurangnya pekerja lapangan dari kontraktor. Berdasarkan hasil analisis VSM dapat disimpulkan bahwa tingkat aktivitas NVAAU adalah 21,06% sedangkan tingkat aktivitas NVAAN adalah 8,27%. Kemudian 70,67% sisanya adalah aktivitas VAA.

## 2.2. Perbedaan Penelitian

Berdasarkan perbandingan dari ketiga penelitian diatas dapat dilihat perbedaan penelitian yang akan diteliti saat ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Perbedaannya yaitu terletak pada penambahan unsur yang diteliti yaitu meneliti monitoring *waste* dan estimasi biaya dengan menggunakan konsep *lean construction*. Penelitian yang dipaparkan dari ketiga penelitian tersebut berbeda dengan yang akan penulis teliti, yaitu “Konsep *Lean Construction* untuk Memonitoring *Waste* dan Mengestimasi Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Dialisa dan HCU RSUD Prof. Dr. Margono Sukoharjo Purwokerto”

## 2.3. *Lean Construction*

Istilah "*lean*" berasal dari sistem produksi Toyota "TPS". yang dikembangkan pada tahun 1990-an. Konsep ini banyak digunakan dalam industri manufaktur dengan nama konsep *lean manufacturing*. Menurut Womack & Jones (1996) (Kusuma Dwi P.A, 2019), konsep *lean* sebenarnya berfokus pada perspektif pelanggan dan karakteristik konsep *lean thinking* berdasarkan filosofi, proses, manusia dan pemecahan masalah. Upaya ini terjalin untuk membentuk rantai produksi dan menghilangkan pemborosan dengan menyederhanakan langkah dan mengurangi beban kerja yang berulang.

Koskela (1992) adalah orang pertama yang memperkenalkan ide penerapan konsep *lean production* pada dunia konstruksi dan istilah *lean*

*construction* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1993 oleh *International Group for Lean Construction*. Pada tahun 1997, Koskela mempresentasikan beberapa teori berdasarkan adopsi konsep industrial *lean thinking* dalam proses konstruksinya, teori *lean thinking*, yaitu: Mengurangi bagian aktifitas yang tidak menambah nilai

- a. Meningkatkan nilai produksi secara sistematis dengan memperhatikan kebutuhan pelanggan
- b. Kurangi *variabilitas*
- c. Mengurangi waktu siklus
- d. sederhanakan dengan meminimalkan jumlah langkah kerja
- e. Meningkatkan *fleksibilitas produksi*
- f. Meningkatkan transparansi proses
- g. Fokus pada pemantauan semua proses
- h. Membangun perbaikan secara berkelanjutan ke dalam proses.

Pada dasarnya, konstruksi ramping (*lean construction*) adalah cara merancang sistem produksi yang dapat meminimalkan pemborosan material, waktu dan tenaga untuk menciptakan nilai sebesar mungkin (Kusuma Dwi P.A, 2019). Karakteristik implementasi konstruksi ramping adalah: Adanya tujuan yang jelas sebagai sistem pengiriman, tujuan untuk memaksimalkan efisiensi proyek secara bersamaan dari perencanaan hingga proses produksi dan secara terus menerus menerapkan kontrol produksi dari perencanaan hingga pengiriman. Manfaat penerapan konstruksi ramping antara lain meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, membuat jadwal yang andal, mengurangi pemborosan, mengurangi kerusakan/perbaikan, dan meningkatkan keselamatan (Allo & Bhaskara, 2022). Rekam jejak perbaikan yang terbukti pada banyak proyek dan pada setiap tahap proyek. Konstruksi ramping membutuhkan lebih banyak waktu dalam fase perencanaan dan desain, tetapi perhatian ini menghilangkan atau meminimalkan konflik yang dapat mengubah biaya dan jadwal secara dramatis. Penerapan konsep *Lean Construction* pada penyedia jasa

konstruksi merupakan solusi yang tepat dalam mengelola proyek konstruksi. Konsep ini memudahkan penyedia jasa konstruksi untuk mengidentifikasi dan meminimalkan limbah yang dihasilkan untuk mencapai nilai yang diharapkan.

### 2.3.1. Prinsip Lean Construction

Prinsip dasar Lean Construction adalah metode yang bertujuan untuk memperbaiki proses dengan menghilangkan semua aktivitas non-additive dan membuat proses kerja menjadi lebih efektif dan efisien, sehingga menghasilkan kualitas yang lebih cepat dan lebih baik (Widyastuty, 2005) (Kusuma) Dwi P.A, 2019) Fokusnya adalah meningkatkan proses dengan mengurangi durasi setiap aktivitas. Konsep konstruksi ramping meletakkan dasar untuk manajemen proyek. Prinsip desain *lean* terdiri dari beberapa kunci (Sari Oryza L. et al., 2022), yaitu :

1. *Specify value* adalah kebutuhan untuk menentukan persyaratan pelanggan dan agen terlibat dalam semua fase dari inisiasi hingga proses pengiriman untuk menentukan produk atau aktivitas yang berharga. Memikirkan kembali nilai pelanggan dan menyetujui penilaian nilai dan teknologi.
2. *Value stream* adalah Memetakan semua aliran nilai, menciptakan kolaborasi antar pemangku kepentingan, mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan untuk meningkatkan proses konstruksi.
3. *Flow* adalah Sebuah konsep yang menggunakan aliran nilai untuk meningkatkan jumlah efektif dari nilai yang tersedia di setiap fase proyek dan akhirnya untuk pelanggan.
4. *Pull*, Pada tingkat strategis, kebutuhan untuk mengirimkan produk ke pelanggan secepat dibutuhkan diakui.

5. *Perfection*, adalah Pengembangan instruksi kerja dan metode operasi serta kontrol kualitas yang ditetapkan.
6. Melakukan transparansi setiap progres pekerjaan, setiap tatanan material dan setiap kendala pelaksanaan.

### 2.3.2. Lean construction tools

Untuk memenuhi kelima prinsip ini, diperlukan alat atau alat untuk mempraktikkannya, yang disebut alat konstruksi ramping. Banyak alat yang digunakan, semuanya tergantung pada kebutuhan dan karakteristik proyek konstruksi yang dilaksanakan.

Welmy Kololu dan B.J Camerling (2017) dalam (Pratama Andi W., 2020) memberikan pendapat tentang persyaratan instrumen lean lain yang digunakan dalam industri konstruksi, seperti prinsip kesempurnaan. Dijelaskan bahwa asas kelengkapan dapat dijawab dengan alat yang dapat terus menerus memperbaiki sistem yang ada, baik secara prosedural maupun dengan sistem koordinasi yang baik. Pemetaan aliran nilai, peningkatan visualisasi, Perancang Terakhir, 5S dan Kaizen (biasanya didukung oleh studi awal dan pertemuan harian) terbukti menjadi alat yang berpotensi untuk mengatasi prinsip kelima ini.

Welmy Kololu dan B. J Cameling (2017) telah memetakan beberapa *tools* yang akan di aplikasikan pada *lean construction*, di antaranya seperti yang terlihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

**Tabel 2.1** Tools dalam lean construction

No	Lean Construction Tools	5 prinsip Lean Construction				
		Value Stream	Value Stream	Flow	Pull	Perfection
1	Last Planer System			v	v	v
2	Increased Visualization					v
3	Daily Huddle Meeting					v
4	First Run Studies					v
5	5S Process					v
6	File Safe Quality and Safety			v		
7	Value Stream Mapping		v			v

(Sumber: Welmy Kololu dan B. J Cameling, 2017)

1. *Last Planer System*, adalah alur kerja yang berbeda dalam proyek konstruksi. Alat-alat teknik desain sistem terbaru meliputi: *Baseline* (Perencanaan proyek dikerjakan secara menyeluruh), Jadwal terbalik (Tim perencanaan memiliki teknik yang menarik untuk mengembangkan jadwal tunggal), Enam minggu ke depan (Buat rencana setiap 6 minggu), Rencana kerja mingguan (Buat rencana mingguan), dan Selesai saat ini . rencana kerja (Buat tugas yang mencakup kemajuan yang dibuat dalam seminggu)
2. *Increased Visualization* ,adalah Perangkat berkomunikasi secara efektif dengan staf dengan menempatkan berbagai tanda (tanda) di sekitar lokasi. Alat teknologi pencitraan canggih meliputi:

*Commitment Graph* (merupakan komitmen yang dibuat dalam bentuk grafik), *Security Map* (merupakan alat keamanan dalam bentuk grafik) dan *Mobile Map* (merupakan sistem dalam bentuk grafik). *Daily Huddle Meetings*, yaitu komunikasi yang dilakukan dua arah dalam rangka melaksanakan keterlibatan para personel. *Tools* dari teknik *daily huddle meetings* antara lain: *all foreman meeting* (kegiatan pertemuan antar mandor), dan *start of the day meeting* (kegiatan pertemuan yang dilakukan sebelum memulai pekerjaan).

3. *First-run Studies*, yaitu Kegiatan menggunakan alat (video, foto atau grafik) dengan tujuan untuk mengilustrasikan jalannya suatu proyek konstruksi. Alat untuk teknik penelitian awal meliputi: merencanakan, melakukan, mengendalikan dan bertindak.
4. *5S Process*, adalah Langkah-langkah untuk meningkatkan transparansi proses yang menggunakan singkatan 5S, yaitu: Seiri (pendek), Seiton (bersih), Seiso (bersih), Seiketsu (standarisasi), Shitsuke (pemeliharaan). Proses 5S meningkatkan produktivitas proyek dengan mengurangi waktu yang dihabiskan untuk mencari bahan habis pakai, perkakas dan perlengkapan, dll.
5. *Fail-safe for Quality and Safety*, merupakan metode untuk menghindari kesalahan dalam proses. Alat untuk menjamin keawetan kualitas dan teknik keselamatan: Cek kualitas (cek kualitas sesuai standar yang dipakai) dan cek safety (cek K3).
6. *Value Stream Mapping (VSM)* adalah alat pemetaan proses yang mengidentifikasi aliran material dan informasi dalam proses produksi dari material hingga produk jadi.

Konsep pemborosan dalam konstruksi masih terus berkembang. Viana, Formoso dan Kalsaas (2012) melapor bahwa upaya komunitas manajemen konstruksi untuk memahami limbah relative kecil dibandingkan dengan topik lain, dan banyak penelitian tentang limbah berfokus pada konsekuensinya, bukan pada

penyebab yang harus dihindari. Pemborosan biasanya dipahami dalam dua dimensi, yaitu secara instrumental dan instrinsik, dengan tujuan utama mengurangi atau menghilangkan untuk peningkatan kinerja. Interpretasi limbah ini berbeda dalam konstruksi yang membutuhkan pembenaran empiris, kompatibiliras konseptual, persuasive, dan motivasi untuk bertindak.

Menurut Bossink dan Brouwers (1996) mendefinisikan penyebab signifikan limbah konstruksi menjadi enam sumber : sisa, operasional, penanganan material, pengadaan, desain, dan sumber lainnya yang mungkin menambah nilai proyek. pengklasifikasian sampah dalam dua judul utama; pertama, pemborosan terkait material, yaitu pemesanan berlebihan, produksi berlebih, kesalahan penanganan, penyimpanan yang buruk, cacat produksi, serta pencurian dan vandalisme. Kedua, pemborosan yang berkaitan dengan waktu, seperti menunggu, penghentian, klarifikasi, variasi informasi, pengerjaan ulang, kesalahan dan interaksi antara berbagai spesialis.

#### **2.4.Value Stream Mapping (VSM)**

Tujuan utama dari konstruksi ramping adalah untuk mengurangi pemborosan, sedangkan titik awal dari konstruksi ramping adalah peningkatan dan pengurusan kualitas. Dengan bantuan *value flow mapping* maka dimungkinkan untuk melihat/menggambarkan aliran material dan informasi serta mengidentifikasi *waste* yang dihasilkan di dalamnya, karena VSM merupakan peta yang menggambarkan semua aliran yang terjadi dalam proses informasi dan fisik. Peta ini sangat kompleks dibandingkan dengan peta lainnya, namun memberikan informasi paling lengkap tentang proses dan biasanya digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan. VSM digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan. Dalam hal ini, VSM juga mengidentifikasi proses mana yang menambah nilai pada produk atau

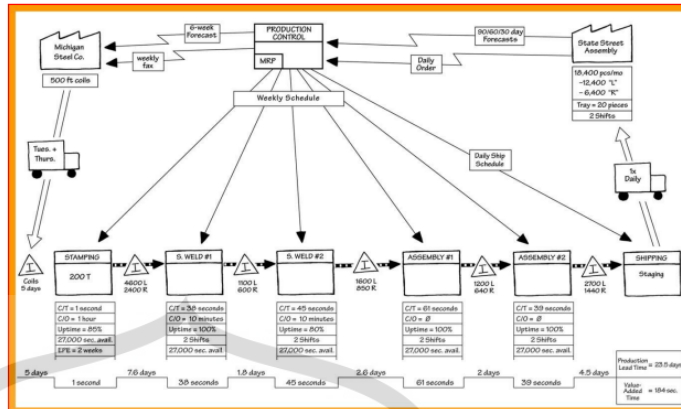
layanan akhir dan bagian proses mana yang tidak berguna dan tidak berpengaruh jika dihilangkan karena tidak menambah nilai.

#### 2.4.1. Pengertian VSM

*Value Stream Mapping (VSM)* adalah sebuah metode untuk memetakan proses produksi dan arus informasi untuk pembuatan produk atau rangkaian produk, tidak hanya di setiap area kerja tetapi di seluruh tingkat produksi, dan untuk mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah. Definisi lain dari Value Stream Mapping adalah metode pemetaan sederhana yang digunakan untuk menggambarkan semua aktivitas yang diperlukan dalam proses produksi suatu produk atau jasa.

Tujuan pengembangan alat pemetaan aliran nilai adalah untuk mengeksplorasi saling ketergantungan antar departemen yang berbeda dan mengatasi situasi di mana alat teknik industri tradisional menangkap isu negatif (Seth & Gupta, 2007 dalam Ponda, 2022). Langkah-langkah untuk membuat Value Stream Mapping (VSM) adalah sebagai berikut (Ponda et al., 2022) :

- 1) Identifikasi dan petakan semua orang yang terlibat dalam proses produksi.
- 2) Jelaskan setiap proses VSM dan identifikasi arah dari setiap proses yang ada dan sifat informasinya.
- 3) Memasukkan jumlah operator
- 4) Waktu yang digunakan merupakan hasil dari jumlah produk dalam satu set dikalikan dengan rata-rata waktu pengerjaan 1 buah.
- 5) Membuat bagan dengan *value added* dan *non value added time* dibagian bawah VSM. Kemudian menghitung *value added ratio* (VAR adalah persentase dari seluruh kegiatan yang *value added*)



**Gambar 2.1** Value Stream Mapping

(Sumber : Hines & Rich, 1997)

Value Stream Mapping terdiri dari 2 jenis, yaitu :

- a. *Current State Map* merupakan Menyiapkan aliran nilai produk saat ini menggunakan simbol dan terminologi khusus untuk mengidentifikasi pemborosan dan area untuk perbaikan atau perbaikan.
- b. *Future State Map* adalah bentuk perbaikan yang diinginkan.

Dua jenis di atas menampilkan semua informasi penting tentang aliran nilai produk seperti waktu siklus, tingkat stok, dll., yang berkontribusi pada peningkatan nyata.

Indeks pengukuran atau indikator kinerja dari *Value Stream Mapping* adalah penyertaan detail dari kualitas, biaya dan *lead time*. Sebagai berikut:

1. FTT (*first time through*): persentase unit yang sepenuhnya diproses dan memenuhi standar kualitas saat pertama kali diproses (tidak ada pembuangan, penggunaan kembali, pengujian ulang, perbaikan atau pengembalian).

2. *BTS (build to schedule)*: Bangun waktu untuk melihat rencana pembuatan produk yang tepat dijalankan pada waktu yang tepat dan dalam urutan yang benar.
3. *DTD (dock to dock time)*: waktu antara pembongkaran bahan baku dan penyelesaian produk jadi.
4. *OEE (overall equipment effectiveness)*: mengukur ketersediaan, efisiensi dan kualitas perangkat, serta kapasitas operasi sebagai batasan penggunaan.
5. *Value rate (ratio)*: Persentase dari semua aktivitas yang menciptakan nilai.

6. Indikator lainnya:

- *A/T: Available Time*

Waktu yang tersedia di tempat kerja dalam satu hari untuk melakukan produksi

$$A/T : \text{Total waktu kerja} - \text{waktu istirahat} \dots\dots\dots(1)$$

- *C/T: Cycle Time*

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses produksi setiap stasiun kerja dalam satu siklus.

$$C/T = \text{waktu produksi} / \text{Volume produksi} \dots\dots\dots(2)$$

- *Lead time* merupakan waktu proses rata-rata aliran produk dari hulu ke hilir (dari awal sampai akhir), termasuk waktu tunggu antar proses yang ada.

- *Process Cycle Efficiency (PCE)*

Pengukuran ini dimulai dengan mengklasifikasikan aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah. Dengan menggunakan rumus:

$$\text{Process Cycle Efficiency} = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \dots\dots\dots(3)$$

**2.4.2. Bagian-bagian dari Value Stream Mapping**

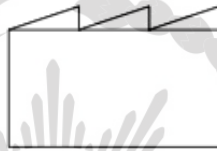

Menurut Nash dan Poling (2008) (Julfi Musarifan, 2020) peta saat ini dan peta masa depan dengan VSM terdiri dari tiga bagian utama yaitu:

1. Aliran proses produksi atau aliran material  
Proses atau aliran material ini terletak di antara informasi dan garis waktu. Alur proses Digambar dari kiri ke kanan .
2. Aliran komunikasi/informasi  
Aliran data dalam pemetaan aliran nilai biasanya di bagian atas. Aliran informasi ini memungkinkan melihat semua jenis informasi dan komunikasi, baik formal maupun informal, terjadi dalam aliran nilai. Arus informasi juga dapat menggali informasi yang sebenarnya tidak diperlukan dan menjadi komunikasi nilai tambah yang tidak menambah nilai pada produk itu sendiri.
3. Garis waktu/ jarak tempuh  
Pada bagian bawah VSM terdapat rangkaian baris yang berisi informasi penting dalam VSM. Anda dapat menggunakan garis waktu ini sebagai dasar untuk membuat perbandingan dan perbaikan. Baris pertama di atas adalah lead time produksi. Waktu tunggu produksi adalah waktu yang diperlukan suatu produk untuk melewati semua proses dari bahan baku sampai ke tangan pelanggan, biasanya dalam satu hari. Baris kedua di bawah memberikan waktu siklus dari semua proses aliran material dan berada di atas garis tepat di bawah proses.

### 2.4.3. Simbol-simbol Value Stream Mapping

Simbol yang bisa digunakan dalam *value stream mapping* ditampilkan pada tabel 2.2 sebagai berikut :

**Tabel 2.2** Lambang Kategori Proses

No.	Nama	Lambang	Fungsi
1	<i>Customer / supplier</i>	 <i>Customer/Supplier</i>	Mewakili pemasok yang ditempatkan di sudut kiri atas, yang merupakan titik awal yang biasa digunakan untuk menggambarkan aliran material. Gambar mewakili pelanggan ketika ditempatkan di pojok kanan atas, biasanya sebagai titik akhir aliran material.
2	<i>Dedicated Process</i>	 <b>Dedicated Process</b>	Identifikasi proses, fungsi, mesin atau departemen yang dilalui bahan. Secara khusus, untuk menghindari alokasi langkah proses individual yang tidak diinginkan, simbol ini biasanya mewakili satu ruang dengan aliran

---

internal yang berkelanjutan.

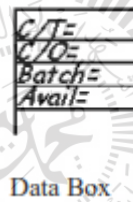
---

3 *Shared Process*



Pernyataan aktivitas proses, departemen atau tempat kerja dengan keluarga yang terlibat dalam aliran nilai. Estimasi jumlah operator yang dibutuhkan dalam aliran nilai dipetakan.

4 Data Box



Simbol ini menunjukkan informasi yang diperlukan untuk menganalisis dan mengontrol sistem.

5 Operator



Ikon ini mewakili operator. Ikon ini menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan dalam proses.

---

---

6 *Work Cell*



Workcell

Menunjukkan bahwa banyak proses diintegrasikan ke dalam sel kerja produksi, seperti sel yang biasanya menangani lot terbatas dari produk yang sama atau satu produk. Produk berpindah dari satu langkah proses ke langkah berikutnya dalam batch kecil atau bagian individual.

---

7 *Inventory*



Inventory

Menunjukkan adanya repositori antara dua proses. Ketika lebih dari satu saham telah terakumulasi.




---

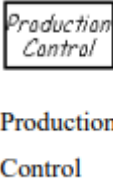
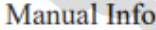

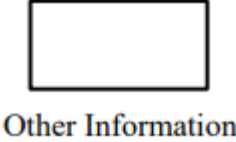
(sumber: Rother & Shook, 2003)

Dari Tabel 2.2 di atas diketahui bahwa dalam kategori proses terdapat tujuh simbol yang digunakan dalam pemetaan value stream, yaitu *customer/supplier, dedicated process, shared process, data field, operator, work cell inventory*.

Untuk melengkapi keseluruhan peta VSM, terdapat beberapa tanda/symbol yang muncul pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

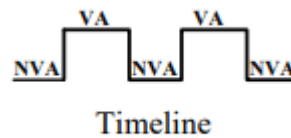
**Tabel 2.3** Lambang yang Melengkapi Peta Keseluruhan

No.	Nama	Lambang	Fungsi
1	<i>Shipments</i>	 Shipments	Mewakili transfer bahan baku dari pemasok ke gudang akhir pabrik. Atau, transfer produk jadi di gudang pabrik hingga sampai ke tangan konsumen.
2	<i>Push Arrow</i>	 Push Arrow	Mewakili pergerakan material dari sumber berarti bahwa proses dapat menghasilkan sesuatu terlepas dari persyaratan kecepatan proses hilir.
3	<i>External Shipments</i>	 External Shipment	Simbol ini berarti pengiriman dari pemasok ke konsumen atau dari pabrik ke konsumen dengan pengangkutan eksternal (di luar pabrik).

4	<i>Production Control</i>		Mewakili departemen perencanaan, sumber daya manusia atau manajemen operasional produksi utama
5	<i>Manual Info</i>		Panah lurus dan tipis menunjukkan aliran umum informasi yang dapat diperoleh dari catatan, laporan, atau diskusi. Jumlah dan jenis catatan lain dapat dikaitkan
6	<i>Electronic Info</i>		Mewakili arus listrik dengan: Electronic Data Interchange (EDI), Internet, Intranet, LAN (Local Area Network), WAN (Wide Area Network). Panah ini dapat digunakan untuk identifikasi.
7	<i>Other</i>		Beritahu informasi penting atau hal lainnya

---

## 8 *Timeline*



Menunjukkan waktu yang menambah nilai (cycle time) dan waktu yang tidak menambah nilai (waiting time). Gunakan simbol ini untuk menghitung lead time dan total cycle time.

---

(sumber: Rother & Shook, 2003)

### 2.4.4. Langkah-Langkah Pembuatan *Value Stream Mapping*

Tahapan pemetaan aliran nilai adalah sebagai berikut (Gaspersz, 2007):

a. Pemilihan Keluarga Produk

Langkah pertama dalam pemetaan aliran nilai adalah pemilihan aliran nilai produk, karena beberapa kelompok produk dipilih berdasarkan langkah pemrosesan yang serupa dan peralatan yang digunakan bersama. Sebuah keluarga produk dipilih dari beberapa keluarga produk berdasarkan total permintaan tahunan terbesar.

b. Pengumpulan data

Analisis proses dimulai dengan mengumpulkan data tentang aliran proses yang ada, pemrosesan, jadwal, jumlah operator dan jumlah shift kerja, dll. Dari berbagai permintaan, karyawan dengan keahlian di bidang ini langsung berpartisipasi dalam waktu berbagai proses. Informasi ini dikumpulkan melalui interaksi terus menerus dengan proses desain dan observasi visual. Pengolahan data dikumpulkan pada saat proses dilakukan

dan dilakukan pada tahap awal bersama dengan supervisor yang mengetahui prinsip Lean.

c. Membuat *Current State Map*

Peta keadaan saat ini adalah peta aliran nilai yang terjadi (beroperasi) dalam keadaan saat ini. Peta ini menunjukkan semua detail dari setiap langkah dalam proses dan bagaimana setiap langkah dilakukan dan apa yang terjadi pada objek dalam proses tersebut. .

#### 2.4.5. Kelebihan dan Kekurangan *Value Stream Mapping*

Kelebihan *Value Stream Mapping* adalah :

1. Cepat dan mudah disiapkan
2. Tidak diperlukan perangkat lunak komputer khusus untuk pembuatannya
3. Mudah dipahami
4. Anda bisa menulis dengan pulpen dan pulpen
5. Buat landasan awal untuk berdiskusi dan mengambil keputusan.
6. Meningkatkan pemahaman tentang sistem produksi yang sedang berjalan dan memberikan gambaran tentang alur pesanan produksi

Setiap alat dan metode memiliki kekurangan dalam menggunakan alat atau metode tersebut, yang merupakan kelemahan dari pemetaan aliran nilai:

1. Aliran material hanya dapat memengaruhi satu produk atau jenis produk yang sama dalam VSM yang dianalisis.
2. VSM bersifat statis dan terlalu menyederhanakan masalah ruang produksi.

## 2.5.Rencana Anggaran Pelaksanaan

Berdasarkan analisis anggaran pelaksanaan pekerjaan. Secara umum, ada tiga hal pokok yang harus diperhitungkan dalam anggaran pelaksanaan, yaitu:

### 2.5.1. Upah Pekerja

Perhitungan upah pekerja dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti: durasi pekerjaan yang ditugaskan untuk setiap pekerjaan, kondisi lingkungan kerja, dan keterampilan dan kompetensi karyawan. Rumus biaya untuk akuntansi penggajian adalah :

$$\text{Biaya Pekerja} = \text{Durasi Pekerjaan} \times \text{Upah Pekerja} \dots\dots\dots(4)$$

### 2.5.2. Alat-alat Produksi

Peralatan konstruksi meliputi struktur sementara, mesin dan perkakas tangan. Pemeliharaan peralatan tergantung pada jenis peralatan apa yang sudah dimiliki oleh kontraktor atau perlu membeli peralatan baru di beberapa titik. Perhitungan anggaran biaya pelaksanaan tergantung dari waktu pemakaian alat, masa pakai alat dan jumlah pekerjaan yang harus dilakukan. Sedangkan biaya operasional peralatan meliputi biaya sewa, biaya transportasi, pemasangan alat, peralatan bergerak, biaya pembongkaran dan pengoperasian, yang juga dapat dimasukkan dalam upah operator mesin dan asistennya. Rumus untuk menghitung biaya alat berat adalah:

$$\text{Biaya alat berat} = \text{Durasi} \times \text{Harga Sewa Alat Berat} \dots\dots\dots(5)$$

## 2.6.Estimasi Biaya

Perkiraan biaya memainkan peran penting dalam pelaksanaan proyek. Menurut *US National Evaluation Society*, evaluasi perencanaan adalah kemampuan untuk memperkirakan jumlah biaya yang mungkin

dikeluarkan oleh suatu kegiatan berdasarkan informasi yang tersedia pada saat itu. Oleh karena itu, perkiraan biaya sangat bergantung pada ketersediaan detail proyek pada tahap proyek di mana perkiraan tersebut dibuat. Estimasi diperlukan selama proses perencanaan ketika keputusan awal tentang proyek harus dibuat, kemudian diperlukan untuk keperluan anggaran, dan kemudian estimasi juga diperlukan selama fase pengembangan proyek, baik dalam proses perencanaan maupun pengembangan.

Bachtiar Ibrahim dalam bukunya *Plan and Estimate Real Cost* (1993) mengacu pada perhitungan jumlah material, gaji dan biaya lain yang berkaitan dengan pembangunan proyek.

Menurut Iman Suharto (1997) dalam (Eman et al., 2018) Memperkirakan biaya proyek memainkan peran penting dalam pelaksanaan proyek. Pada tahap awal digunakan untuk menentukan berapa dana yang dibutuhkan untuk membangun proyek tersebut. Oleh karena itu, penyusunan perkiraan (perhitungan) melibatkan biaya :

1. Pengetahuan dan keterampilan teknis penilai, membaca gambar, membuat perkiraan (perhitungan), dll
2. Penilaian pribadi berdasarkan pengalaman asisten .

Menurut Dipohusudo (1995) dalam bukunya *Project & Construction Management*, estimasi dalam arti yang lebih luas pada dasarnya adalah upaya menilai atau menaksir nilai berdasarkan perhitungan analitis dan pengalaman. Dalam proses konstruksi, penilaian mencakup banyak topik yang mencakup berbagai tujuan dan manfaat untuk berbagai tingkat manajemen organisasi. Misalnya, pengusaha menggunakannya sebagai alat untuk menentukan biaya investasi modal, mengatur pembiayaan, menentukan kelayakan finansial proyek, mengatur produktivitas tenaga kerja, menghitung pajak, asuransi, dan untuk tujuan evaluasi penting lainnya. Konsultan, insinyur, dan arsitek menggunakannya

untuk membantu mereka memilih lokasi, menentukan rencana ruang dan perumahan, menentukan kelayakan desain, atau menilai kemajuan konstruksi. Pada saat yang sama, perkiraan biaya dalam kontrak digunakan sebagai bagian dari penawaran tarif tetap untuk membuat harga tender, untuk membuat perhitungan sebagai bagian dari negosiasi kontrak atau untuk kontrol konstruksi itu sendiri.

Namun perkiraan biaya proses konstruksi biasanya dimaksudkan untuk memperkirakan nilai pembiayaan proyek dan bukan biaya tetap (biaya aktual) yang harus diperhitungkan. Hal ini berlaku saat menyiapkan estimasi tender untuk tender atau harga kontrak dalam konteks kompetisi. Metode penilaian sangat bervariasi, mulai dari perkiraan belaka hingga perhitungan detail harga grosir. Jenis asesmen yang diperlukan tergantung pada penggunaan dan tujuan yang dimaksud. Memperkirakan biaya membutuhkan pengetahuan dan keterampilan teknis dari estimator, seperti membaca gambar, membuat perkiraan (perhitungan) dan penilaian pribadi berdasarkan pengalaman estimator. Estimasi biaya dalam sebuah proyek konstruksi diperlukan untuk:

- Mendukung keputusan yang baik
- Menjadwalkan pekerjaan
- Menentukan berapa lama proyek perlu dilakukan dan berapa biayanya
- Menentukan apakah proyek layak dikerjakan
- Mengembangkan kebutuhan arus kas
- Menyusun anggaran dan menetapkan *baseline* proyek

Dalam proses konstruksi, penilaian mencakup banyak topik yang mencakup berbagai tujuan dan manfaat untuk berbagai tingkat manajemen organisasi. Pemilik menggunakannya sebagai alat untuk menentukan biaya investasi modal di fasilitas tersebut. Konsultan menggunakannya sebagai alat untuk menentukan kelayakan desain. Secara garis besar penilaian dapat dibedakan menjadi empat jenis penilaian, yaitu:

a. Estimasi kasar untuk pemilik

Pemilik membutuhkan perkiraan biaya ini untuk memutuskan apakah akan menerapkan ide bangunan atau tidak. Dalam hal ini, pemilik biasanya didukung dalam studi kelayakan.

b. Estimasi pendahuluan oleh konsultan perencana

Penilaian ini terjadi setelah konsultan desain menyelesaikan desain. Perkiraan ini lebih akurat dari perkiraan sebelumnya karena gambar dan RKS yang disiapkan.

c. Estimasi detail oleh kontraktor

Estimasi ini disiapkan oleh kontraktor setelah meninjau rencana konsultan desain (patokan dan gambar). Penilaian lebih detail dan menyeluruh, karena memperhitungkan semua kemungkinan (dipertimbangkan di lokasi, mempertimbangkan metode pelaksanaan, di stok). bahan tertentu).

d. Biaya sesungguhnya setelah proyek selesai

Harga tetap aktual yang dikomunikasikan kepada pemilik dalam kontrak adalah yang terakhir, dengan pengecualian bahwa ada lebih banyak pekerjaan dan lebih sedikit pekerjaan dalam pelaksanaannya. Bagi pengusaha, nilai adalah pendapatan tetap, sedangkan pengeluaran sebenarnya (*actual cost*) adalah apapun yang digunakan untuk menyelesaikan proyek. Hanya kontraktor yang mengetahui biaya sebenarnya.

Penilaian konstruksi biasanya mencakup analisis komputer dari lima elemen utama, yaitu:

1. Biaya material

Analisis tersebut meliputi perhitungan setiap komponen bangunan, baik material dasar maupun pendukung, kebutuhan volume apa saja yang digunakan dan biaya material.

## 2. Biaya Tenaga Kerja

Memperkirakan fraksi tenaga kerja adalah bagian tersulit dari analisis total biaya konstruksi. Banyak faktor yang mempengaruhi harus dipertimbangkan, seperti kondisi kerja, kualifikasi, masa kerja, kepadatan penduduk, persaingan, produktivitas dan indeks biaya hidup lokal.

## 3. Biaya Peralatan

Perkiraan biaya peralatan termasuk pembelian atau sewa, mobilisasi, pemasangan, pembongkaran dan pengoperasian selama konstruksi. Karena pembiayaannya mahal. Oleh karena itu, saat memilih suatu perangkat, seseorang harus memahami kebutuhan sebenarnya berdasarkan karakteristik, kapasitas, mode pengoperasian, dan spesifikasi teknis lainnya.

## 4. Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung dibagi menjadi dua kelompok, yaitu biaya overhead dan biaya proyek, yang dirangkum sebagai biaya overhead: Gaji kunci tetap dan staf lapangan, sewa kantor, telepon, dll. Biaya yang dirangkum sebagai biaya proyek dapat dibebankan ke proyek tetapi tidak termasuk dalam biaya bahan, tenaga kerja atau peralatan .

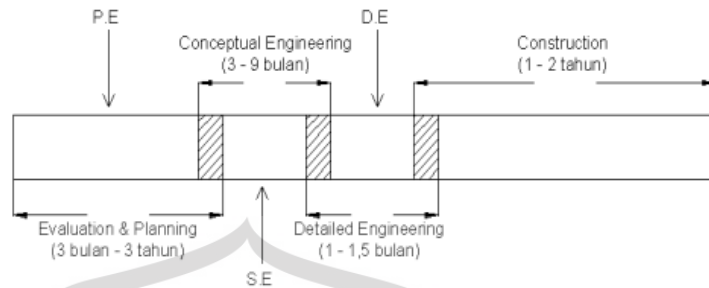
## 5. Keuntungan Perusahaan

Nilai pendapatan perusahaan biasanya dinyatakan sebagai persentase dari total pendanaan. Nilainya dapat bervariasi antara 8 dan 12%.

Waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan proyek sangat bervariasi tergantung pada ukuran atau kesulitan proyek. Selalu ada empat fase dalam sebuah proyek (Roring, 2019), yaitu:

- a. Tahapan *evaluation and planning*
- b. Tahapan *conceptual engineering*
- c. Tahapan *detailed engineering*

d. Tahapan *construction*



**Gambar 2.2** Tahapan Estimasi

(Sumber: Roring (2019))

### 2.7. Waste Konstruksi

Pemborosan adalah suatu bentuk ketidakefisienan yang diakibatkan oleh penggunaan peralatan, tenaga kerja, material, dan biaya yang melebihi atau di bawah yang diperlukan untuk menyelesaikan konstruksi. Limbah konstruksi adalah bahan sisa konstruksi, renovasi atau pembongkaran yang tidak lagi memiliki nilai, manfaat atau tidak digunakan lagi dan dapat disebabkan secara langsung atau tidak langsung (Thoengsal, 2018). Pemborosan dalam industri konstruksi adalah perencanaan dan penjadwalan yang buruk, keterlambatan dalam pelaksanaan, kesalahan dalam pekerjaan, perubahan desain, perbaikan dan pengerjaan ulang, waktu menunggu revisi gambar, dan sedikit pengawasan.

Menurut Lee (1999) (Lubis Azhar K., 2021) menunjukkan bahwa pemborosan dalam proyek konstruksi dan industri meliputi keterlambatan waktu, biaya, kualitas, kurangnya keselamatan, perbaikan, transportasi yang tidak perlu, jarak yang jauh, pilihan atau pengelolaan metode yang salah, dll. Peralatan dan konstruksi yang buruk Limbah yang dihasilkan dalam proses konstruksi meliputi: Penggunaan material yang berlebihan, pengerjaan ulang, cacat desain, konflik antara pembeli, konflik antara kontraktor lain, rantai pasokan yang tidak efisien.

### 2.7.1. Kategori Waste Konstruksi

Kategori limbah menurut sumber penyebab materialnya dapat dibedakan menjadi dua kategori (Thoengsal, 2018), yaitu:

a. Sisa Material Langsung (*Direct Waste*)

Limbah langsung adalah sisa bahan yang timbul dari proyek, karena rusak atau hilang, atau yang tidak dapat digunakan kembali:

1. *Delivery Waste*

Bahan sisa yang dihasilkan dari pengangkutan bahan di lokasi konstruksi, termasuk pembongkaran dan penyimpanannya di gudang.

2. *Site Storage Waste*

Residu material yang dihasilkan dari penumpukan atau penyimpanan yang tidak tepat di lokasi berbahaya dalam suatu proyek.

3. *Conversion Waste*

Bahan lain yang dibuat oleh perubahan ukuran yang tidak ekonomis, seperti kayu, besi, & keramik.

4. *Fixing Waste*

Residu dari pemotongan material seperti tiang, besi, baja WF, batu bata, keramik.

5. *Cutting Waste*

Residu dari pemotongan material seperti tiang, baja tulangan, baja WF, batu bata, keramik.

6. *Criminal Waste*

Material sisa pencurian atau tindak kriminal di area proyek.

7. *Management Waste*

Materi yang ditinggalkan oleh umpan balik keputusan yang tidak tepat atau alat bantu keputusan.

Hal ini disebabkan struktur organisasi yang lemah dan kurangnya pemantauan proyek.

8. *Wrong Use Waste*

Material sisa akibat penggunaan grade atau grade yang tidak memenuhi spesifikasi dalam dokumentasi kontrak.

9. *Learning Waste*

Bahan sisa disebabkan oleh pekerja seperti pekerja terampil.

b. Sisa Material Tidak Langsung (*Indirect Waste*)

*Indirect waste* adalah Limbah material yang dihasilkan dari suatu penggunaan yang menyimpang dari tujuan penggunaan semula atau jumlah material merupakan penggunaan tambahan yang direncanakan sehingga tidak ada sisa material fisik yang tertinggal di lapangan dan berdampak pada biaya tersembunyi. Sampah tidak langsung dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. *Substitution Waste*

Bahan sisa yang dihasilkan dari penggunaan di luar tujuan atau spesifikasi aslinya, menyebabkan hilangnya biaya yang dapat disebabkan oleh tiga hal:

- Terlalu banyak material yang dibeli
- Material yang rusak
- Makin ada kebutuhan material tertentu

2. *Production Waste*

Bahan sisa karena penggunaan yang berlebihan, karena remunerasi didasarkan pada volume kontrak sesuai dengan dokumen kontrak, mis. B. Dinding yang tidak rata menyebabkan tambahan konsumsi mortar karena plesteran lebih tebal.

### 3. *Negligence Waste*

Sisa material yang timbul karena kesalahan lokasi (location error) jika kontraktor menggunakan material lebih dari yang ditentukan, sebagai contoh yaitu: menggali pondasi yang terlalu lebar atau terlalu dalam akibat kesalahan atau kecerobohan operator, sehingga mengakibatkan penggunaan volume beton yang berlebihan dalam penuangan pondasi.

#### **2.7.2. Bentuk-bentuk Waste**

Puing-puing konstruksi dapat diartikan sebagai kerugian atau hilangnya berbagai sumber daya yaitu material, waktu dan material. 8 bentuk limbah proyek konstruksi diidentifikasi :

**Tabel 2.4** Bentuk *Waste* dalam Bentuk Konstruksi

<b>Waste</b>	<b>Proyek Konstruksi</b>
<b>Defect</b>	Bahan yang masih dibutuhkan rusak karena kesalahan perakitan, pembuatan atau penyimpanan
<b>Overproduction</b>	Memperbaiki atau merenovasi bangunan
<b>Waiting</b>	sedang menunggu bahan, peralatan, dan pekerja Menunggu perangkat diperbaiki Cuaca tidak mendukung aktivitas menunggu instruksi dari manajer lapangan menunggu keputusan pemilik
<b>Unappropriate Processing</b>	Peralatan atau metode kerja yang tidak memenuhi standar yang ditetapkan
<b>Unnecessary Motion</b>	Gerakan karyawan yang tidak produktif (bergerak, mencari dan pergi)
<b>Excessive Transportation</b>	Perpindahan yang berlebihan dari aliran material fisik
<b>Unnecessary Inventory</b>	Siapkan lebih banyak bahan dari yang diperlukan
<b>Design</b>	<i>Desain</i> bangunan yang tidak sesuai dengan keinginan klien

(Sumber: Hapsari, 2011)

Dalam hal limbah konstruksi dapat dipahami sebagai kerugian atau hilangnya berbagai sumber daya yaitu material, waktu dan material dari tabel di atas, yang merupakan bentuk limbah yang dihasilkan oleh proyek konstruksi.

Limbah didefinisikan berdasarkan kriteria kinerja dari sistem produksi. Kegagalan untuk memenuhi kebutuhan unik pelanggan menghasilkan pemborosan, waktu tunggu, dan kemalasan (Howell, 1999). Menurut Womack dan Jones (1996) dalam (Kusuma Dwi P.A, 2019) *waste* konstruksi meliputi :

1. *Defect* : Setiap kali ada bug yang membutuhkan waktu, sumber daya, atau uang tambahan untuk memperbaikinya, kami melihat pemborosan bug dan perbaikan. Jenis pemborosan ini dapat mencakup apa saja mulai dari pengerjaan ulang karena kesalahan hingga perubahan produksi karena perubahan desain.
2. *Over Production* : muncul ketika sesuatu diproduksi atau diproduksi terlalu banyak, atau ketika diproduksi terlalu cepat dan kemudian harus disimpan. Karena itu, persyaratan pelanggan (pemilik) tidak jelas, otomasi diterapkan dengan buruk, dan bahan hanya diproduksi saat dibutuhkan.
3. *Waiting* : Setiap pekerjaan harus berhenti karena suatu alasan, tidak peduli jika itu rusak. Menunggu tanggapan, jika tidak, sesuatu akan habis. Dalam beberapa kasus, hambatan atau pengurangan efisiensi dapat mengakibatkan informasi dan materi menjadi lambat.
4. *Over Processing* : Pemrosesan tambahan terjadi saat menyelesaikan pekerjaan yang tidak perlu membutuhkan waktu atau tidak menambah nilai bagi pelanggan. Pemrosesan tambahan dapat berupa apa saja mulai dari gambar yang tampak tidak lengkap hingga memerlukan banyak tanda tangan pada formulir ketika cukup untuk menghasilkan salinan kedua dan laporan elektronik.
5. *Motion* : Pemborosan ini mengacu pada semua waktu yang dihabiskan untuk bergerak daripada melakukan pekerjaan bernilai tambah. Ini mungkin termasuk berjalan di sekitar area

proyek untuk menemukan alat dan menyortir dan menyimpan bahan.

6. *Transportation* : Cara paling efisien untuk menyelesaikan tugas adalah memiliki bahan dan alat yang dibutuhkan. Cara yang lebih baik untuk menyimpan, menangani, dan mengelola bahan harus ditemukan sehingga tidak perlu dipindahkan berkali-kali.
7. *Inventory* : Tempat penyimpanan material konstruksi yang bebas dari unsur-unsurnya dan mudah dijangkau sangat penting untuk mempercepat proses konstruksi dan meminimalisir limbah.

### **2.7.3. Jenis Waste**

Timbulnya limbah dalam industri konstruksi tidak hanya disebabkan oleh material, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh produktivitas pekerjaan. Kehilangan waktu dapat dikurangi menjadi pemborosan. Limbah ini terbagi menjadi tiga bahan utama yaitu limbah bahan atau peralatan, limbah teknis dan limbah perilaku (Prasetyo, 2010). Jenis limbah dapat ditentukan sebagai berikut:

- a. Limbah material atau peralatan, terutama limbah yang disebabkan oleh terbatasnya peralatan dan material di lokasi, yaitu:
  1. kerusakan alat; waktu pengrajin mungkin terbuang percuma untuk memperbaiki alat tersebut .
  2. Jumlah alat yang terbatas karena waktu pengrajin yang terbuang untuk mencari alat.
  3. Bahan tidak sampai. Kontraktor mungkin membuang waktunya untuk menunggu atau memilih sendiri materialnya .
  4. Bahan tidak memenuhi syarat, maka bahan akan diganti dengan yang lain.

- b. *Waste* teknis, yaitu Limbah yang dihasilkan dari kurangnya pengrajin terampil untuk melakukan pekerjaan tertentu
  1. *Rework*, yaitu pekerja mengulangi pekerjaan karena ada kesalahan dalam pengerjaan .
  2. Kekeliruan Pemakaian bahan atau peralatan, yaitu ketidakmampuan pekerja dalam menggunakan bahan dan peralatan .
- c. *Waste* perilaku, yaitu Pemborosan yang timbul dari perilaku manual dan biasanya tidak tampak pada pekerjaan .
  1. Mulai bekerja tidak tepat waktu .
  2. Kehilangan waktu akibat terjadi kecelakaan kerja.
  3. Menunggu pekerjaan orang lain dapat disebabkan keterbatasan ruang gerak atau penyelesaian pekerjaan yang didahului oleh pekerjaan lain.
  4. Lakukan pekerjaan lain, ketika seorang tukang kayu membantu seorang pandai besi .
  5. Perpanjang waktu istirahat siang dengan memulai istirahat sebelum waktunya habis atau mengakhiri istirahat setelah waktu yang tersedia.
  6. Melakukan aktivitas yang salah saat bekerja, seperti bersantai, tidur, pergi ke toko dan lain-lain.
  7. Penyelesaian pekerjaan sebelum pekerjaan berakhir .

#### **2.7.4. Waste Time**

Pemborosan waktu dalam proyek konstruksi pada umumnya masih menjadi masalah dalam hal inefisiensi sumber daya dan pemborosan waktu proses. Limbah adalah definisi limbah dalam hal bahan, waktu atau sumber daya milik proyek. Pekerjaan yang tidak bernilai tambah mengakibatkan sumber daya dan pemborosan yang tidak efisien (Trismi Ristyowati et al, Journal of Industrial System Optimization:2017), majalah tersebut juga menjelaskan bahwa

penyebab pemborosan proyek bisa karena berbagai hal, seperti keterampilan karyawan yang tidak merata dan perencanaan berbagai aspek yang tidak cukup untuk menciptakan waktu luang yang seharusnya digunakan untuk proyek yang sedang berjalan agar lebih optimal. . . Penelitian manajemen proyek jurnal lean tentang pengurangan limbah mengidentifikasi tiga jenis limbah yang dapat terjadi dalam proyek konstruksi:

- a. Cacat pada produk
- b. Produksi yang berlebihan
- c. *Waiting* (waktu menunggu)

#### **2.7.5. Faktor-faktor Penyebab Waste**

Pada sebuah penelitian terdahulu dari (Sudiro & Musyafa', 2018) bahwa penyebab utama pemborosan pada struktur adalah perubahan desain, sedangkan menurut penelitian Thoengsal (2014) terdapat faktor penyebab kerugian material (limbah):

##### **1. Proses pengiriman material**

Kondisi ini dapat menjadi penyebab timbulnya limbah material jika proses pengiriman tidak berjalan dengan baik atau tidak berjalan dengan lancar. Contoh: kesalahan penyiapan material pada saat pengiriman dan proses bongkar material yang tidak tepat .

- a. Perubahan desain
- b. Perubahan pekerjaan oleh *owner*
- c. Pekerjaan yang diulang (*rework*)

Kondisi ini dimanifestasikan oleh pihak pelaksana karena kurangnya keterampilan dan komunikasi para pekerja atau pihak-pihak yang terlibat

dalam pelaksanaan proyek, sehingga terjadi pekerjaan yang berulang-ulang.

2. Kualitas material

Kualitas material, yang mempengaruhi jumlah sisa material dalam proses konversi.

3. Keterampilan dan kompetensi SDM (skill)

4. Metode penyimpanan material dan keahlian di lokasi proyek Pengawasan

5. Metode kerja

Faktor ini sering dipengaruhi oleh tingkat kompetensi dan kompetensi dalam penggunaan sumber daya manusia dalam pelaksanaannya, metode kerja yang tidak tepat dalam proses pelaksanaan menyebabkan pekerjaan tidak selesai sehingga dapat menyebabkan rework.

6. *Miss* komunikasi

7. Informasi kurang jelas

8. Konsider lapangan

9. Kesalahan estimasi volume pekerjaan

10. Keterlambatan pengiriman material

11. Keterlambatan pengambilan keputusan

12. Perencanaan yang tidak standar

13. Penyimpanan material yang tidak layak

14. Kondisi peralatan yang tidak layak

15. Mendesain dengan pola yang rumit

16. Penanganan pengiriman material yang buruk

17. Kebijakan yang tidak diterapkan

18. Kebiasaan

19. Penggunaan material konvensional

20. Faktor cuaca