

Dr. Nurlaelah, S.T., M.T.



Implementasi *Value Stream Mapping*

pada Perumahan Sederhana di Indonesia



**Implementasi Value Stream Mapping
pada Perumahan Sederhana
di Indonesia**

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Implementasi Value Stream Mapping pada Perumahan Sederhana di Indonesia

Dr. Nurlaelah, S.T., M.T.



IMPLEMENTASI VALUE STREAM MAPPING PADA PERUMAHAN SEDERHANA DI INDONESIA

Nurlaelah

Editor : **Zakiyatur Rosidah**

Desain Cover : **Ali Hasan Zein**

Tata Letak : **T. Yuliyanti**

Ukuran : **xx, 247 hlm, Uk: 14x20 cm**

ISBN : **978-623-8171-09-5**

Cetakan pertama : **Februari 2023**

Hak Cipta 2023, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Copyright © 2023 by ITK Press

Penerbit Institut Teknologi Kalimantan (ITK) Press

Anggota IKAPI (007/KTI/2022)

Kampus Institut Teknologi Kalimantan, Karang Joang,

Balikpapan, Kalimantan Timur 76127

Telp: (0542)8530800

Email: itkpress@itk.ac.id

Dicetak Oleh:

PENERBIT DEEPUBLISH

(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman

Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: www.deepublish.co.id

www.penerbitdeepublish.com

E-mail: cs@deepublish.co.id

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan buku ini. Selawat dan salam senantiasa disanjungkan kepada Nabi Muhammad saw. dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Buku dengan judul *Implementasi Value Stream Mapping pada Perumahan Sederhana di Indonesia* disusun dengan harapan dapat memberikan masukan bagi pihak-pihak yang terlibat utamanya bagi pengembang dan kontraktor. Hal ini dirasakan sangat penting mengingat masih banyak terjadi kendala yang berpotensi mengganggu kelancaran proses pembangunan rumah di perumahan sederhana.

Akhirnya, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu penyusunan buku ini. Juga penghargaan dan ucapan terima kasih disampaikan kepada ibuku tercinta yang tidak pernah henti selalu mendoakan yang terbaik untukku, adik-adikku tercinta yang tidak pernah henti memberikan dukungan untuk menyelesaikan buku ini, anak-anakku tercinta, permata hati, yang selalu memberikan cinta kepada ummi untuk menjalani kehidupan ini.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna, sehingga masukan, kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan selanjutnya.

Penulis,
Nurlaelah

DAFTAR ISI

PRAKATA	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB 1 PROLOG: MENILIK TENTANG VALUE STREAM MAPPING	1
BAB 2 WASTE PADA PROYEK KONSTRUKSI	11
A. Definisi <i>Waste</i> Konstruksi.....	11
B. Jenis-Jenis <i>Waste</i> Konstruksi.....	13
C. Penyebab Terjadinya <i>Waste</i>	18
D. Pentingnya Eliminasi <i>Waste</i> dalam Suatu Proses Konstruksi	21
BAB 3 VALUE STREAM MAPPING (VSM) DALAM PROYEK KONSTRUKSI	24
A. Definisi dan Konsep <i>Value Stream Mapping</i> (VSM).....	25
B. Teknik-Teknik Implementasi <i>Value Stream</i> <i>Mapping</i> (VSM).....	29
C. Langkah-Langkah Implementasi <i>Value</i> <i>Stream Mapping</i> (VSM).....	35
D. Keuntungan (<i>Benefit</i>) Implementasi <i>Value</i> <i>Stream Mapping</i> (VSM).....	41

BAB 4	WASTE ASSESSMENT MODEL (WAM)	44
	A. <i>Seven Waste Relationship (SWR)</i>	44
	B. <i>Waste Relationship Matrix (WRM)</i>	49
	C. <i>Waste Assessment Questionnaire (WAQ)</i>	50
BAB 5	ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA)	53
	A. Definisi <i>Root Cause Analysis (RCA)</i>	53
	B. <i>Cause and Effect Diagram</i> sebagai Tools RCA	55
BAB 6	PERUMAHAN SEDERHANA (LOW COST HOUSING)	59
	A. Definisi Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>)	59
	B. Proses Kepemilikan Rumah bagi Konsumen di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>).....	60
	C. Tahapan Pelaksanaan Pembangunan Rumah pada Proyek Perumahan.....	62
BAB 7	PARADIGMA KONSEP	64
BAB 8	TINDAK LANJUT	66
	A. Strategi Pendalaman.....	66
	B. Mengenal Lapangan	70
	C. Generalisasi dan Representasi	71
	D. Pengintegrasian Informasi	71
BAB 9	PAPARAN KOMPREHENSIF	80
	A. Proyek dan Area Utama di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>).....	81
	B. Pengadaan Kontraktor oleh Pengembang di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>)	84

C.	Tahapan Pembangunan Rumah oleh Kontraktor di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>)	85
D.	Identifikasi Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>)	90
BAB 10	VALIDASI PETA KONDISI PERBAIKAN (<i>FUTURE STATE MAP</i>) MENGGUNAKAN <i>FOCUS GROUP DISCUSSION</i> (FGD)	191
A.	Karakteristik Peserta FGD	191
B.	Hasil Validasi Peta Kondisi Perbaikan (<i>Future State Map</i>)	193
BAB 11	<i>VALUE STREAM MAPPING</i> (VSM) PADA PROSES PEMBANGUNAN RUMAH DI PERUMAHAN SEDERHANA (<i>LOW COST HOUSING</i>)	199
BAB 12	PETA KONDISI AWAL (<i>CURRENT STATE MAP</i>) PROSES PEMBANGUNAN RUMAH DI PERUMAHAN SEDERHANA (<i>LOW COST HOUSING</i>).....	203
BAB 13	HASIL <i>ASSESSMENT WASTE</i> BERDASARKAN ANALISIS <i>WASTE ASSESSMENT MODEL</i> (WAM) PADA SETIAP PEKERJAAN.....	220
A.	Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	220
B.	Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	221
C.	Pekerjaan Dinding.....	222
D.	Pekerjaan Pemasangan Atap.....	223
E.	Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	223

F. Pekerjaan Plester dan Acian.	224
G. Pekerjaan Pemasangan Keramik.....	225
H. Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela.	226
I. Pekerjaan Cat dan Instalasi.....	227
J. Pekerjaan <i>Finishing</i>	228
BAB 14 AKAR PENYEBAB TERJADINYA WASTE PROSES PEMBANGUNAN RUMAH DI PERUMAHAN SEDERHANA (<i>LOW COST HOUSING</i>)	231
BAB 15 PETA REKOMENDASI PERBAIKAN (<i>FUTURE STATE MAP</i>) PROSES PEMBANGUNAN RUMAH DI PERUMAHAN SEDERHANA (<i>LOW COST HOUSING</i>)	234
BAB 16 EPILOG	239
REFERENCES	241
PROFIL PENULIS.....	247

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Karya-Karya Terkait	7
Tabel 2.	Jenis <i>Waste</i> Konstruksi	14
Tabel 3.	Uraian <i>Waste</i> Konstruksi	16
Tabel 4.	Prinsip-Prinsip VSM	30
Tabel 5.	Simbol Informasi VSM (Strategos, 2007)	31
Tabel 6.	Hubungan Tujuh <i>Waste</i> (Rawabdeh, 2005)	45
Tabel 7.	Contoh Tabulasi Perhitungan <i>Waste Relationship Matrix</i> (Rawabdeh, 2005)	48
Tabel 8.	Konversi Rentang Skor Keterkaitan Antar- <i>waste</i> (Rawabdeh, 2005)	49
Tabel 9.	Contoh Hasil Perhitungan WRM (Rawabdeh, 2005)	50
Tabel 10.	Waste Assessment Questionnaire (WAQ) (Modifikasi Berdasarkan Rawabdeh, 2005)	51
Tabel 11.	Strategi Pendalaman	66
Tabel 12.	Daftar Pertanyaan untuk Analisis WRM (Rawabdeh, 2005)	72
Tabel 13.	Kuesioner WAQ (Modifikasi Berdasarkan Rawabdeh, 2005)	73
Tabel 14.	Jumlah Kontraktor, Mandor dan Pengawas Lapangan	80
Tabel 15.	Waktu Pelaksanaan Pembangunan	88
Tabel 16.	<i>Cycle Time</i> dan Tenaga Kerja Enam Kontraktor di Perumahan Green New Residence	92
Tabel 17.	<i>Delay/Waiting Time</i> Enam Kontraktor di Perumahan Green New Residence	93

Tabel 18.	<i>Cycle Time</i> dan Tenaga Kerja Tiga Kontraktor di Perumahan Pondok Afi 1.....	95
Tabel 19.	<i>Delay/Waiting Time</i> Tiga Kontraktor di perumahan Pondok Afi 1.....	96
Tabel 20.	<i>Cycle Time</i> dan Tenaga Kerja Empat Kontraktor di Perumahan Pondok Afi 2	98
Tabel 21.	<i>Waste Delay/Waiting Time</i> Empat Kontraktor di Perumahan Pondok Afi 2.....	99
Tabel 22.	<i>Cycle Time</i> dan Tenaga Kerja Empat Kontraktor di Perumahan Pakubuwono Residence.....	101
Tabel 23.	<i>Delay/Waiting Time</i> Empat Kontraktor di Perumahan Pakubuwono Residence.....	102
Tabel 24.	Jenis-Jenis Waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing dan Waiting Pada Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>)	106
Tabel 25.	Penjelasan SWR Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	112
Tabel 26.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	114
Tabel 27.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	116
Tabel 27.	Waste Assessment Questionnaire WAQ (Modifikasi Berdasarkan Rawabdeh, 2005).....	117
Tabel 28.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner erdasarkan WRM Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	118
Tabel 29.	Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	118

Tabel 30.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner WAQ Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	119
Tabel 31.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	120
Tabel 32.	Penjelasan SWR Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	121
Tabel 33.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	124
Tabel 34.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	125
Tabel 35.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	126
Tabel 36.	Bobot Awal Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	127
Tabel 37.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	127
Tabel 38.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	128
Tabel 39.	Penjelasan SWR Pekerjaan Dinding.....	128
Tabel 40.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan Dinding.....	131
Tabel 41.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Dinding	133
Tabel 42.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Dinding.....	133
Tabel 43.	Bobot Awal Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Dinding.....	134
Tabel 44.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Dinding.....	134
Tabel 45.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Dinding.....	135

Tabel 46.	Penjelasan SWR Pekerjaan Pemasangan Atap.....	135
Tabel 47.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan Pemasangan Atap.....	137
Tabel 48.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Pemasangan Atap.....	139
Tabel 49.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pemasangan Atap.....	139
Tabel 50.	Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pemasangan Atap.....	140
Tabel 51.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Pemasangan Atap.....	140
Tabel 52.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Pemasangan Atap.....	141
Tabel 53.	Penjelasan SWR Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	141
Tabel 54.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	144
Tabel 55.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	145
Tabel 56.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	146
Tabel 57.	Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	146
Tabel 58.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner WAQ Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	147
Tabel 59.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	147
Tabel 60.	Penjelasan SWR Pekerjaan Plester dan Acian	148

Tabel 61.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan Plester dan Acian.....	151
Tabel 62.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Plester dan Acian	152
Tabel 63.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner berdasarkan WRM Pekerjaan Plester dan Acian	153
Tabel 64.	Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Plester dan Acian.....	153
Tabel 65.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Plester dan Acian.....	154
Tabel 66.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Plester dan Acian.....	154
Tabel 67.	Penjelasan SWR Pekerjaan Pemasangan Keramik	155
Tabel 68.	Skor dan Tingkat Keterkaitan Pekerjaan Pemasangan Keramik.....	158
Tabel 69.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Pemasangan Keramik	159
Tabel 70.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pemasangan Keramik	160
Tabel 71.	Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pemasangan Keramik	160
Tabel 72.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Pemasangan Keramik	161
Tabel 73.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Pemasangan Keramik	161
Tabel 74.	Penjelasan SWR Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela	162
Tabel 75.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela	164

Tabel 76.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela.....	166
Tabel 77.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela.....	166
Tabel 78.	Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela	167
Tabel 79.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela.....	167
Tabel 80.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela	168
Tabel 81.	Penjelasan SWR Pekerjaan Cat dan Instalasi	168
Tabel 82.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan Cat dan Instalasi	171
Tabel 83.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan Cat dan Instalasi.....	172
Tabel 84.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Cat dan Instalasi	173
Tabel 85.	Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Cat dan Instalasi.....	173
Tabel 86.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Cat dan Instalasi.....	174
Tabel 86.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan Cat dan Instalasi	174
Tabel 87.	Penjelasan SWR Pekerjaan <i>Finishing</i>	175
Tabel 88.	Skor dan Tingkat Keterkaitan <i>Waste</i> Pekerjaan <i>Finishing</i>	177
Tabel 89.	<i>Waste Matrix Value</i> Pekerjaan <i>Finishing</i>	179
Tabel 90.	Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan <i>Finishing</i>	179
Tabel 91.	Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan <i>Finishing</i>	180

Tabel 92.	Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner WAQ Pekerjaan <i>Finishing</i>	180
Tabel 93.	Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Pekerjaan <i>Finishing</i>	181
Tabel 94.	Akar Penyebab <i>Waste</i> Proses Pembangunan Perumahan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>) Berdasarkan RCA.....	183
Tabel 95.	Frekuensi Kejadian Akar Penyebab <i>Waste</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>).....	186
Tabel 96.	Karakteristik Peserta FGD.....	191
Tabel 97.	Hasil FGD tentang Kartu Kanban.....	193
Tabel 98.	Hasil FGD tentang Penerapan Kartu Kanban.....	194
Tabel 99.	Hasil FGD tentang Kesulitan Menerapkan Kartu Kanban.....	195
Tabel 100.	Hasil FGD tentang Manfaat Kartu Kanban.....	196
Tabel 101.	Hasil FGD tentang Operator Logistik dan Fungsinya.....	196
Tabel 102.	Hasil FGD tentang Perlunya Keterlibatan Operator Logistik.....	197
Tabel 103.	Spesifikasi Material yang Digunakan di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>).....	210
Tabel 104.	Data Waktu Terjadinya <i>Defect</i> Bangunan Rumah di Perumahan Citra Garden Residence.....	213
Tabel 105.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	220
Tabel 106.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Galian Pondasi dan <i>Sloof</i>	221
Tabel 107.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Dinding.....	222
Tabel 108.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Pemasangan Atap.....	223
Tabel 109.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	224
Tabel 110.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Plester dan Acian.....	224

Tabel 111.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Pemasangan Keramik	225
Tabel 112.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela	226
Tabel 113.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan Pemasangan Cat dan Instalasi.....	227
Tabel 114.	Peringkat <i>Waste</i> Pekerjaan <i>Finishing</i>	228
Tabel 115.	Rekapitulasi <i>Waste Assessment Model</i> (WAM) Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>).....	229
Tabel 116.	Total <i>Lead Time</i> Sebelum dan Sesudah Dilakukan Reduksi terhadap <i>Delay</i>	237

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Produksi sebagai Aliran (<i>Flow</i>) (Ismail, <i>et al.</i> , 2015).....	23
Gambar 2.	Langkah-Langkah dalam Suatu Proses (Sondalini, 2005).....	28
Gambar 3.	Langkah-Langkah dalam Membuat VSM (Munlyappa, <i>et al.</i> , 2014).....	36
Gambar 4.	Lima Langkah Utama Metode <i>Value Stream Mapping</i> (Langstrand, 2016)	38
Gambar 5.	Current State Map (Reprinted dari Yu, <i>et al.</i> , 2009).....	39
Gambar 6.	Future State Map (Reprinted dari Yu, <i>et al.</i> , 2009).....	40
Gambar 7.	Hubungan Tujuh <i>Waste</i> (Rawabdeh, 2005)	45
Gambar 8.	<i>Waste Relationship Matrix</i> (WRM) (Rawabdeh, 2005).....	49
Gambar 9.	Prosedur Penerapan RCA (<i>Quality, Mangement & Training</i> , 2008)	54
Gambar 10.	Diagram Ishikawa/ <i>Fishbone Diagram</i> (Reprinted dari https://gc21.giz.de/ibt/en/opt/site/ilt/ibt/regionalportale/sadc/downloads/ishikawa_diagram.pdf)	56
Gambar 11.	<i>Fishbone Diagram</i> (Tague, 2005).....	57
Gambar 12.	Proses Kepemilikan Rumah pada Proyek Perumahan (Diolah, 2019).....	61
Gambar 13.	Paradigma Konsep	64
Gambar 14.	Langkah-Langkah	68

Gambar 15.	Area Pada Proyek Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, Pakubuwono Residence. (Diolah, 2019).....	82
Gambar 16.	Tahapan Pembangunan Rumah oleh Kontraktor di Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence (Diolah, 2019).....	85
Gambar 17.	Urutan Pekerjaan Pembangunan Rumah di Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence (Diolah, 2019)	90
Gambar 18.	<i>Current State Map</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan <i>Green New Residence</i>	94
Gambar 19.	<i>Current State Map</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pondok Afi 1	97
Gambar 20.	<i>Current State Map</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pondok Afi 2.....	100
Gambar 21.	<i>Current State Map</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pakubuwono Residence	103
Gambar 22.	Waktu Keterlambatan Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, Pakubuwono Residence (Diolah, 2019).....	104
Gambar 23.	WRM Pekerjaan Galian Tanah dan <i>Septictank</i>	115
Gambar 24.	WRM Pekerjaan Pondasi dan <i>Sloof</i>	125
Gambar 25.	WRM Pekerjaan Dinding.....	132
Gambar 26.	WRM Pekerjaan Pemasangan Atap.....	138
Gambar 27.	WRM Pekerjaan Pemasangan Plafon.....	145
Gambar 28.	WRM Pekerjaan Plester dan Acian.....	152
Gambar 29.	WRM Pekerjaan Pemasangan Keramik.....	159

Gambar 30.	WRM Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela.....	165
Gambar 31.	WRM Pekerjaan Cat dan Instalasi	172
Gambar 32.	WRM Pekerjaan <i>Finishing</i>	178
Gambar 33.	<i>Fishbone Diagram</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>)	182
Gambar 34.	<i>Future State Map</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>)	189
Gambar 35.	Tahapan Eliminasi <i>Waste</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>).....	201
Gambar 36.	Peta Kondisi Awal (<i>Current State Map</i>) Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>).....	204
Gambar 37.	Aliran Informasi Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Green New residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence (Diolah, 2019).....	205
Gambar 38.	Aliran Material Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2. dan Pakubuwono Residence (Diolah, 2019).....	208
Gambar 39.	Sepuluh Penyebab <i>Delay</i> pada Proyek Perumahan di Malaysia (Mydin, <i>et al.</i> , 2014)	217
Gambar 40.	Persentase <i>Waste</i> Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (<i>Low Cost Housing</i>)	229

BAB 1

PROLOG:

MENILIK TENTANG VALUE STREAM MAPPING

Perumahan merupakan sekumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik di perkotaan maupun perdesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni (Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman Bab I Pasal 1). Menurut Dirjen Penyediaan Perumahan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat/Kemen PUPR tahun 2017, perumahan yang layak merupakan sektor yang luar biasa penting dan strategis bagi perekonomian, karena berkaitan dengan 170 industri lain. Apabila sektor perumahan bergerak, maka 170 sektor industri lain juga akan bergerak. Oleh karena itu, dibutuhkan peran serta pengembang dalam mewujudkan rumah yang layak huni bagi masyarakat.

Berdasarkan data Real Estate Indonesia (REI) tahun 2017, sebanyak 3700 pengembang (70 persen anggota REI), baik pengembang besar maupun kecil telah ikut berpartisipasi untuk membangun rumah, termasuk perumahan sederhana (*low cost housing*) dengan harga yang murah dan bersubsidi di seluruh Indonesia, termasuknya daerah-daerah terpencil. Sejalan dengan berjalannya waktu, peminat hunian ini senantiasa mengalami peningkatan, sehingga REI terus berusaha untuk meningkatkan pembangunan perumahan yang menysasar kelas tersebut.

Perumahan sederhana (*Low Cost Housing*) merupakan jenis perumahan yang biasanya diperuntukkan bagi masyarakat yang

berpenghasilan rendah (MBR) dan memiliki keterbatasan daya beli. Jenis perumahan ini mempunyai fasilitas yang masih minim. Hal ini karena pihak pengembang tidak bisa menaikkan harga jual bangunan dan fasilitas pendukung operasional seperti pada perumahan menengah dan mewah, di mana harga sarana dan prasarana perumahan dibebankan kepada konsumen. Perumahan sederhana biasanya terletak jauh dari pusat kota. Hal tersebut karena harga tanah di sekitar pusat kota yang mahal sehingga tidak bisa dibebankan kepada konsumen (Suparno, *et al.*, 2006). Pembangunan perumahan sederhana dilakukan untuk luas lahan tidak lebih dari lima hektare dan paling kurang 0,5 hektare serta berada dalam satu lokasi yang diperuntukkan bagi pembangunan rumah tapak (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2016 tentang pembangunan perumahan masyarakat berpenghasilan rendah (*low cost housing*)).

Dalam perkembangannya, pengembang pada perumahan sederhana memberikan tanggung jawab pembangunan kepada kontraktor yang dipilih, baik secara langsung maupun melalui tender. Kontraktor harus menyelesaikan kewajiban membangun sesuai dengan Surat Perintah Kerja (SPK) yang disepakati oleh kedua belah pihak. Namun faktanya, hal tersebut tidak bisa dipenuhi oleh kontraktor, sehingga menyebabkan terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek. Sebagaimana data dari Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia (YLKI) tahun 2018, dari 60 aduan yang ada di bidang perumahan, proses pembangunan menjadi permasalahan terbanyak yang diadukan. Proses pembangunan yang dimaksud ialah pembangunan perumahan yang tidak jelas dari sisi penyelesaian waktunya. Bahkan, terdapat beberapa aduan yang proses pembangunannya belum dijalankan selama kurun waktu tertentu, sesuai dengan janji pengembang.

Permasalahan lain yang dihadapi oleh perumahan sederhana berkaitan dengan kualitas rumah konsumen yang kurang layak. Hal-

hal yang berkaitan dengan penurunan kualitas bangunan rumah sebagaimana yang diungkapkan oleh Dirjen Pembiayaan Perumahan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Winayanti (2017) bahwa terdapat masalah yang berhubungan dengan kualitas rumah, terutama rumah bersubsidi. Akibatnya, rumah yang sudah dibeli oleh konsumen banyak yang tidak ditempati. Beberapa faktor penyebab rumah mempunyai kualitas yang kurang baik, ialah kualitas pekerja yang kurang baik, material bahan bangunan yang kurang berkualitas, serta lemahnya pengawasan selama proses pembangunan.

Bentuk penurunan kualitas rumah ialah terjadinya cacat bangunan (*defect*) yang ditandai dengan adanya kebocoran, dinding retak, pengecatan belang, lantai, dan dinding keramik retak, plafon yang pecah, kusen pintu dan jendela kayu seret, kusen pintu dan jendela aluminium seret, kerusakan sanitair, dan sebagainya. Hal ini diperkuat dengan pendapat Che Ani, *et al.*, (2014) bahwa sebagian besar rumah yang baru dibangun mengalami *defect* yang parah. Begitu juga dengan Rotimi, *et al.*, (2015) yang melakukan penelitian terhadap 216 bangunan perumahan baru di Selandia Baru dan menemukan fakta bahwa lazimnya, bangunan rumah yang baru dibangun sebagian besar mempunyai *defect*. Di Malaysia (Abdul Rahman, *et al.*, 2012), *defect* yang terjadi terdiri dari kerusakan pipa, kerusakan sistem suplai air, retak pada dinding, kerusakan *handle* pintu dan dinding yang lembap. Sedangkan, di Hongkong dan Inggris (Cheng, 2015), *defect* mencakup kelembapan (*dampness*), cat yang memudar, dan retak pada dinding.

Kedua masalah di atas (keterlambatan penyelesaian dan kualitas rumah yang kurang layak) mengindikasikan bahwa telah terjadi pemborosan (*waste*) dalam pelaksanaan proses konstruksinya. Seperti yang diungkapkan Denzer, *et al.*, (2015) bahwa *waste* dalam industri konstruksi berhubungan dengan upaya menghabiskan waktu yang sia-sia. *Waste* dalam proyek konstruksi adalah segala

bentuk inefisiensi penggunaan peralatan, bahan, tenaga kerja, atau modal dalam jumlah yang lebih besar daripada kebutuhan dalam memproduksi suatu bangunan. *Waste* mencakup insiden kerugian material dan pelaksanaan pekerjaan yang tidak perlu, yang menghasilkan biaya tambahan, tetapi tidak menambah nilai pada produk (Polat, *et al.*, 2004 *cit.* Ingle, *et al.*, 2015). *Waste* mencakup setiap kerugian yang dihasilkan oleh kegiatan yang menghasilkan biaya langsung maupun tidak langsung, tetapi tidak menambah nilai pada produk dari sudut pandang klien. *Waste* digambarkan sebagai segala aktivitas manusia yang menyerap sumber daya dalam jumlah tertentu tetapi tidak menghasilkan nilai tambah, seperti kesalahan yang membutuhkan pembetulan, hasil produksi yang tidak diinginkan oleh pengguna, proses atau pengolahan yang tidak perlu, pergerakan tenaga kerja yang tidak berguna dan menunggu hasil akhir dari kegiatan-kegiatan sebelumnya. *Waste* ini tidak sekadar berkaitan dengan *waste* material saja, tetapi juga berkaitan dengan aktivitas-aktivitas yang tidak menambah nilai (*non-value added*) (Alwi, *et al.*, 2002).

Menurut Ohno sebagai penemu teori *Toyota Production System* (dalam Jackson, 2013), ada tujuh tipe *waste* pada suatu proses produksi (barang maupun jasa), di antaranya 1) *Over production*, yakni memproduksi lebih dari yang diminta pelanggan atau sebelum mereka memintanya, 2) *Inventory*, yakni lebih banyak bahan atau informasi daripada yang dibutuhkan, 3) *Defect*, yakni terjadinya ketidaksempurnaan produk yang berakibat pada proses pengerjaan ulang (*rework*), banyak *scrap*, dan pengerjaan klaim konsumen (*repair*), 4) *Motion*, yakni gerakan fisik yang tidak perlu selama proses pekerjaan berlangsung, 5) *Transportation*, yakni pengangkutan produk yang tidak perlu, dari satu lokasi ke yang lain, atau serah terima dari satu pekerja ke yang lain, 6) *Processing*, yakni kegiatan yang tidak perlu dan tidak memberikan nilai pada produk, dan 7)

Waiting, yakni menunggu yang dilakukan oleh pekerja atau pelanggan.

Seiring dengan berjalannya waktu, ide Ohno tentang jenis *waste* tersebut mulai diperkenalkan dan diadopsi dalam industri konstruksi (Koskela, *et al.*, 2013). Beberapa contoh *waste* yang dimaksud ialah *waiting*/menunggu perbaikan peralatan (Ralph, *et al.*, 2012), *inventory*/kelebihan bahan di lokasi proyek, gerakan kendaraan dan truk yang buruk (Emuze, *et al.*, 2013), *processing*/pemeriksaan yang berlebihan di lokasi proyek serta order material yang tidak perlu dan berlebihan (Arleroth, *et al.*, 2011; Rahman, *et al.*, 2012), *transportation*/pengangkutan material yang berlebihan (Ralph, *et al.*, 2012), *defect*/hasil pekerjaan yang tidak sempurna seperti kerusakan pipa, kerusakan sistem suplai air, retak pada dinding, kerusakan *handle* pintu dan dinding yang lembap (Abdul Rahman, *et al.*, 2012) atau kelembapan (*dampness*), cat yang memudar, dan retak pada dinding (Cheng, 2015).

Berdasarkan fakta di atas, maka dibutuhkan suatu pendekatan konsep yang secara komprehensif bisa digunakan untuk menanggulangi masalah *waste* dalam proses pembangunan rumah di perumahan sederhana, sama halnya *Value Stream Mapping* (VSM). VSM merupakan suatu alat perbaikan yang dibuat dalam bentuk peta guna membantu memvisualisasikan proses secara komprehensif, baik aliran material maupun aliran informasi. Pemetaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi semua jenis pemborosan (*waste*) di sepanjang *value stream* dan untuk mengambil langkah sebagai upaya untuk mengeliminasi *waste* tersebut. (Rother, *et al.*, 2003). Dalam Lean Construction Institute (2015), VSM didefinisikan sebagai alat yang bisa membantu secara visual memahami proses sebagai bagian integral untuk mengidentifikasi *waste*, merancang solusi dan mengoptimalkan fungsi untuk mengeliminasi/reduksi terhadap *waste*. Ditambahkan kembali, VSM bisa berfungsi untuk 1) mengidentifikasi peluang untuk perbaikan

proses, 2) mengidentifikasi dan menyamakan alur kerja melalui optimalisasi sumber daya, 3) mendorong filosofi peningkatan berkelanjutan, 4) memungkinkan perubahan budaya dengan memungkinkan orang mengidentifikasi dan meningkatkan proses, 5) sebagai alat mentor yang hebat, dan 6) membantu menuju tujuan proyek atau perusahaan (Lean Construction Institute, 2015).

Hansen (2018) mengungkapkan bahwa dalam VSM, aliran keseluruhan materi dan informasi di seluruh proses terlihat, sehingga membawa keselarasan dengan organisasi, dengan melibatkan orang-orang yang sebenarnya melakukan pekerjaan, dan menyediakan *platform* untuk perbaikan dan implementasi. Selain itu, VSM bertujuan untuk merancang “kondisi ideal” atau sering juga disebut dengan “kondisi masa depan” (*Future State Map*) berdasarkan hasil analisis “kondisi saat ini” (*Current State Map*). Hal ini penting dilakukan mengingat sifat VSM yang dinamis. Pada *current state map*, akan terlihat proses alur kerja dan pemborosan (*waste*) yang teridentifikasi di sepanjang alur kerja tersebut. Sedangkan, *future state map* merupakan langkah-langkah eliminasi terhadap *waste* yang dituangkan dalam bentuk *map* sehingga bisa diketahui solusi dan rekomendasi yang akan dilakukan.

Lebih lanjut, diungkapkan kembali oleh Hansen (2018), VSM berbeda dengan alat tradisional lainnya, karena VSM bersifat dinamis dan terus diperbarui ketika proses sedang diperbaiki dan fokus pada proses dan bukan pada produk. Ini memberikan pandangan holistik mengenai bagaimana sesuatu bekerja dengan perspektif pelanggan. VSM menghasilkan keamanan dalam organisasi, yang penting untuk kesuksesan. Ketidakamanan kerap mengakibatkan tidak terdapat informasi penting mengenai aliran dan proses, dan akibatnya akan mengakibatkan keterlambatan dan kehilangan nilai. Keuntungan dari penerapan VSM, adalah bahwa ia menyediakan bahasa yang sama saat berbicara tentang proses, dan

memungkinkan seseorang untuk beroperasi hanya berdasarkan fakta.

Pada dasarnya, pemaparan data-data untuk argumentasi masalah di atas masih bersifat makro. Hal ini karena masih sedikitnya data yang membahas tentang *waste* pada proses pembangunan rumah di perumahan sederhana. Namun, berdasarkan riset yang telah dikemukakan, perlu dipikirkan bagaimana masalah *waste* pada proses pembangunan rumah di perumahan sederhana ini bisa diatasi dengan menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM).

Buku ini diharapkan bisa menjelaskan lebih lanjut tentang *waste* pada proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*low cost housing*) menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM). Lebih lanjut, buku ini bertujuan untuk menganalisis deskripsi eksisting/peta kondisi awal (*Current State Map*) proses pembangunan rumah di perumahan sederhana, jenis-jenis *waste* yang terjadi dalam proses pembangunan rumah di perumahan sederhana, penyebab terjadinya *waste* dalam proses pembangunan rumah di perumahan sederhana, dan solusi dan rekomendasi terhadap *waste* yang dituangkan dalam peta kondisi perbaikan (*Future State Map*) proses pembangunan rumah di perumahan sederhana.

Karya-Karya Terkait

Tabel 1. Karya-Karya Terkait

No	Peneliti	Judul Penelitian	Negara	Tujuan	Hasil
1	Fernanda Pasqualini, Paulo, Antônio Zawislak (2005)	<i>Value Stream Mapping in Construction: A Case Study in a Brazilian Construction Company</i>	Brazil	Mengidentifikasi masalah utama dan mengusulkan tindakan untuk perbaikan sepanjang aliran nilai.	Dapat mengidentifikasi masalah dan mempertimbangkan beberapa tindakan perbaikan, dengan beberapa langkah dan meningkatkan <i>flow</i> yang direncanakan.

No	Peneliti	Judul Penelitian	Negara	Tujuan	Hasil
2	Dinesh Seth, Nitin Seth, Deepak Goel (2007)	<i>Application of value stream mapping (VSM) for minimization of wastes in the processing side of supply chain of cottonseed oil industry in Indian context</i>	India	Mengidentifikasi dan mengatasi berbagai <i>waste</i> dalam rantai pasokan industri minyak biji kapas menggunakan pendekatan VSM untuk meningkatkan produktivitas dan pemanfaatan kapasitas dalam konteks India.	Dapat mengurangi berbagai proses yang tidak perlu di sisi pemasok industri minyak biji kapas India, menggunakan VSM
3	Haitao Yu, Mohammed Al Hussein (2009)	<i>Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping (VSM)</i>	Kanada	Membuat model produksi <i>Lean</i> yang baru dengan menggunakan VSM pada proyek konstruksi perumahan.	Pemaparan yang jelas tentang koleksi data, aliran nilai (<i>Value Stream Collection</i>), analisis praktik yang sebenarnya (<i>Current Practice Analysis</i>).
4	Peter Simonsson, Anders Björnfot, Jarkko Erikshammar & Thomas Olofsson (2012)	<i>'Learning to see' the Effects of Improved Workflow in Civil Engineering Projects</i>	Swedia	Menunjukkan bagaimana VSM dapat digunakan oleh para praktisi di lokasi untuk melihat aliran pekerjaan sehari-hari, dan memahami efek peningkatan langsung ke aliran kerja, dan melihat efek dari penerapan metode kerja industri.	Penambahan metrik yang mudah dipahami dan dihitung untuk <i>lead time</i> , tingkat inventaris dan biaya produksi, potensi penghematan langkah-langkah alur kerja yang reaktif dan proaktif ($\approx 80\text{-}90\%$).
5	Kelma Pinheiro Leite Jose de Paula Barros Neto (2013)	<i>Value Stream in Housing Design</i>	Brazil	Meningkatkan aliran informasi dalam desain pada perusahaan perumahan berdasarkan prinsip-prinsip <i>Lean Thinking</i> menggunakan VSM.	Aliran informasi dapat ditingkatkan dengan menggunakan <i>tools</i> VSM (<i>Current State Map</i> dan <i>Future State Map</i>) dalam desain.
6	Don Cummings, Boppana V. Chowdary (2014)	<i>Improvement of Housing Delivery Schedules: A Lean Construction Approach</i>	Trinidad dan Tobago	Memperbaiki jadwal penyelesaian pembangunan perumahan dengan menerapkan alat dan teknik <i>Lean</i> menggunakan VSM.	Penggunaan VSM secara tepat waktu akan menghasilkan penggunaan sumber daya yang lebih baik, seperti tenaga kerja, material dan waktu.
7	Pooja Bhosale, Prof Hemant Salunke (2015)	<i>Value Stream Mapping: Case Study on Residential Construction Sector</i>	India	Memperkenalkan ide <i>Lean Production</i> dalam konstruksi perumahan secara lebih sistematis, mengidentifikasi masalah utama dan	Melalui VSM dapat diidentifikasi masalah dan memberikan pertimbangan pengembangan agar produksinya lebih lancar,

No	Peneliti	Judul Penelitian	Negara	Tujuan	Hasil
				tindakan-tindakan yang dapat diusulkan untuk meningkatkan aliran nilai dengan VSM.	tidak tersendat dan peningkatan perencanaan yang lebih baik.
8	Barathwaj R, R V Singh, Gunarani GI (2017)	<i>Lean Construction: Value Stream Mapping for Residential Construction</i>	India	Mengimplementasikan VSM untuk mendorong penerapan sistem <i>Lean Construction</i> pada proyek perumahan.	VSM digunakan untuk mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang mendatangkan nilai (VA), tidak mendatangkan nilai (NVA)/ <i>waste</i> . Aktivitas yang menimbulkan <i>waste</i> dapat dikurangi.
9	Torres L. A, Souza M.C.S, Xavier A.C.B, Melo R.S.S (2018)	<i>Value Stream Mapping of the Design Process in a Design Build Firm</i>	Brazil	Penerapan metodologi perbaikan dalam proses desain menggunakan <i>Value Stream Mapping</i> (VSM).	Implementasi kaizen diusulkan untuk menurunkan total <i>lead time</i> menjadi setengah dari jumlah awal.

Sumber: Diolah (2019)

Dari tabel tersebut, ditunjukkan bahwa analisis *waste* menggunakan VSM pada proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*low cost housing*) masih jarang dilakukan.

Buku ini bisa digunakan untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Manajemen Konstruksi yang berkaitan dengan penerapan konsep *Value Stream Mapping* (VSM) pada proyek perumahan. Hal ini bisa dijadikan sebagai acuan bagi pengembang beserta seluruh pihak yang terlibat dalam proses pembangunan rumah sehingga berdampak pada peningkatan kualitas bangunan rumah sederhana bersubsidi dan bisa mengurangi keterlambatan proses pembangunan.

Bagi masyarakat, buku ini bisa menjadi informasi penting bagi mereka di dalam memilih rumah yang akan mereka beli, yakni rumah yang berkualitas baik berdasarkan performansi kualitas yang diberikan oleh pengembang. Sedangkan, bagi pemerintah bisa menjadi masukan (*input*) untuk merencanakan, merancang, dan merealisasikan pembangunan perumahan yang berkualitas, sehingga

bisa dituangkan ke dalam bentuk Undang-Undang tentang proses pelaksanaan konstruksi yang dijalankan oleh organisasi pengembang serta pihak-pihak lain yang terlibat, seperti Perum Perumnas, Real Estate Indonesia (REI), dan Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK).

BAB 2

WASTE PADA PROYEK KONSTRUKSI

A. Definisi *Waste* Konstruksi

Istilah *waste* digunakan untuk merujuk kegiatan yang tidak menambah nilai (NVA) dalam konsep *lean thinking* (Josephson, *et al.*, 2007; Denzer, *et al.* 2015). *Waste* merupakan kewajiban/tugas (*task*) yang tidak mempunyai nilai tambah (*not value added/NVA*) dan sekitar 70% kegiatan dalam desain dan konstruksi tidak mempunyai nilai tambah (Lean Construction Institute, 2015). *Waste* tersebut sulit untuk dilakukan pengukuran. Beberapa studi di beberapa negara menjelaskan bahwa *waste* pada proyek konstruksi mempunyai tingkat persentase yang tinggi sehingga berpengaruh terhadap biaya proyek. Jumlah *waste* yang tinggi juga memengaruhi keseluruhan kinerja proyek, sehingga harus dilakukan langkah-langkah yang serius untuk memperbaikinya (Goit, *et al.*, 2016).

Dalam Simonsson, *et al.*, (2012), Womack, *et al.*, (2003) mendefinisikan *waste* sebagai aktivitas manusia yang menyerap sumber daya tanpa menciptakan nilai apa pun, yakni waktu tunggu (*waiting time*), produksi berlebih (*over production*), inventaris yang tidak perlu (*unnecessary inventory*), proses yang salah (*erroneous processes*), perpindahan dan transportasi yang tidak perlu (*unnecessary movement and transports*), produk dengan kesalahan (*products with errors*), dan tidak memenuhi permintaan pelanggan (*not meeting customer demands*). Koskela (2000) mengidentifikasi *waste* konstruksi sebagai kualitas produk yang buruk/tidak benar, pengerjaan ulang, bahan berlebih dan sisa, penanganan bahan, bahan dalam persediaan, dan bekerja dalam kondisi yang kurang optimal. Dalam Denzer, *et al.*, (2015)

Koskela mengaitkan *waste* dengan kegiatan/usaha dalam produksi konstruksi yang berhubungan waktu dan uang yang tidak memberikan nilai tambah. *Waste* merupakan penggunaan lebih dari yang dibutuhkan, atau hasil yang tidak diinginkan selama proses produksi (Bølviken, *et al.*, 2014), dan tidak sesuai dengan keinginan pelanggan (Pieńkowski, 2014).

Hwang, *et al.*, (2009) mengungkapkan *waste* berdampak pada produktivitas konstruksi secara negatif (Horman, *et al.*, 2005; Han, *et al.*, 2007; Alwi, *et al.*, 2002; Abdel Razek, *et al.*, 2007; Hanna, *et al.*, 2005). Horman, *et al.*, (2005) berpendapat bahwa sebanyak 49,6% waktu kegiatan konstruksi mungkin dikhususkan untuk *waste* NVA. Bahkan lembur yang nampaknya menjadi kebiasaan dalam industri konstruksi berdampak negatif terhadap produktivitas dan bisa meningkatkan kelelahan, insiden, dan kecelakaan yang pada akhirnya meningkatkan biaya dan waktu yang dihabiskan untuk proyek konstruksi (Hanna, *et al.*, 2005). *Waste* ini jika dibiarkan bisa berdampak parah bagi daya saing organisasi dan dengan perluasan produktivitas industri (Alwi, *et al.*, 2002; Koskenvesa, *et al.*, 2010).

Waste NVA yang diidentifikasi selama tahap desain (desain ulang yang tidak perlu, manajemen desain yang buruk, dan *briefing* desain yang tidak memadai) tidak sekadar mengonsumsi sumber daya, tetapi juga memengaruhi kegiatan hilir rantai pasokan konstruksi (Nghona, *et al.*, 2009). Oleh karena itu, kegiatan untuk mengurangi *waste* merupakan peluang yang sangat signifikan untuk dijalankan oleh para *stakeholder* konstruksi (Emuze, *et al.*, 2011). Eliminasi *waste* (*waste elimination*) akan menjadi salah satu cara yang paling efektif guna meningkatkan keuntungan pada bisnis apa pun. Keuntungan bisa ditingkatkan dengan mengurangi biaya secara bersamaan melalui penghilangan *waste* yang tidak diinginkan (Tersine, *et al.*, 2004).

B. Jenis-Jenis *Waste* Konstruksi

Menurut Ohno sebagai penemu teori *Toyota Production System* (1988), terdapat tujuh jenis *waste* dalam rangkaian proses produksi industri manufaktur, di antaranya 1) *Over production*, yakni kegiatan memproduksi barang jadi atau setengah jadi secara berlebihan, 2) *Waiting time (delay)*, yakni kegiatan menunggu kedatangan material, informasi, peralatan, dan perlengkapan yang tidak memberi nilai tambah, 3) *Excessive transportation*, yakni pergerakan material, informasi, peralatan, dan perlengkapan yang tidak memberi nilai tambah tetapi membutuhkan biaya, 4) *Inappropriate processing*, yakni terjadinya kegiatan yang tidak sesuai dengan proses atau metode operasi produksi akibat penggunaan *tool* yang tidak sesuai dengan fungsi atau kesalahan prosedur atau sistem operasi, 5) *Excessive inventory*, yakni adanya tumpukan produk jadi atau bahan baku yang berlebih di gudang, 6) *Unnecessary motion*, yakni pergerakan yang tidak ergonomis karena rancangan stasiun kerja atau metode kerja yang buruk, 7) *Defect*, yakni terjadinya ketidaksempurnaan produk yang berakibat pada proses pengerjaan ulang (*rework*), banyak *scrap*, dan pengerjaan klaim konsumen (*repair*).

Ide Ohno untuk jenis *waste* lalu diperkenalkan dan diadopsi dalam industri konstruksi. Koskela, *et al.*, (2013) yang mengungkapkan bahwa dalam konteks industri konstruksi, ketujuh *waste* di atas penting untuk diidentifikasi dan didefinisikan, khususnya yang berkaitan dengan proses produksi. Ketujuh jenis *waste* konstruksi tersebut kemudian didefinisikan oleh Ismail *et al.*, (2015) seperti Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Jenis Waste Konstruksi

No	Jenis Waste	Definisi
1	<i>Defect</i>	Produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi
2	<i>Overproduction</i>	Memproduksi dengan jumlah yang lebih besar dan lebih cepat dari yang dibutuhkan
3	<i>Waiting</i>	Menunggu karena lemahnya manajemen, perencanaan dan monitoring material dan aliran kerja
4	<i>Inventory</i>	Pengujian, peralatan, penyimpanan data, inventaris proses, material dan pasokan lebih dari yang dibutuhkan
5	<i>Motion</i>	Pergerakan operator yang tidak perlu dari satu tugas ke tugas lain, atau dari satu tempat ke tempat lain
6	<i>Transportation</i>	Pergerakan material atau peralatan yang tidak perlu
7	<i>Overprocessing</i>	Kegiatan memproses yang tidak memberikan nilai tambah pada produk

Sumber: Ismail, *et al.*, (2015)

Berkaitan dengan jenis-jenis *waste* konstruksi, Ball, *et al.*, (2002) meneliti dan menghasilkan 10 jenis *waste* konstruksi, di antaranya 1) cacat (*defects*), 2) pengerjaan kembali (*rework*), 3) pengangkutan (*transportation*), 4). produksi berlebih (*overproduction*), 5) menunggu (*waiting*), 6) proses yang tidak perlu (*unnecessary processing*), 7) gerakan yang tidak perlu (*unnecessary movement*), 8) inventaris (*inventory*), 9) perilaku (*behaviours*), 10) sistem yang tidak terdelegasi (*system underdelegation*). Begitu pula dengan Formoso, *et al.*, (2002), menyebutkan jenis-jenis *waste* konstruksi adalah 1) produksi berlebih (*overproduction*), 2) penggantian (*substitution*), 3) waktu tunggu (*waiting time*), 4) pengangkutan (*transportation*), 5) proses (*processing*), 6) inventaris (*inventories*), 7) gerakan (*movement*), 8) memproduksi produk cacat (*production of defective product*), 9) lainnya (*others*) seperti perampokan (*burglary*), vandalisme, cuaca buruk (*inclement weather*), kecelakaan (*accidents*). Sedangkan, Koskela, *et al.*, (2002), secara lebih rinci menjelaskan tentang jenis-jenis *waste* konstruksi mencakup 1) kurangnya sumber daya atau kesiapan yang berasal dari keterlambatan (*lack of resources or their readiness, originating delays*), 2) tahapan dan tugas yang tidak perlu (*unnecessary stages and tasks*), 3)

pergerakan material, peralatan dan orang yang tidak perlu (*unnecessary movement of materials, equipment and people*), 4) kelebihan sumber daya untuk menjalankan tugas (*excess of resources for the accomplishment of a task*), 5) inventarisasi dan kesesuaian material (*material inventories and respective declarations of material conformance*), 6) produksi berlebihan karena penggunaan sumber daya yang terlalu banyak (*excessive production due to the use of too many resources*), dan 7) kekurangan produksi, tetapi menggunakan material dan tenaga kerja yang lebih banyak (*production deficiencies, originating correction and consequently the use more materials and manpower*).

Sedangkan, Alwi, *et al.*, (2002) mengemukakan bahwa jenis *waste* konstruksi adalah 1) Perbaikan (*Repair*), 2) waktu tunggu (*waiting time*), 3) material, 4) sumber daya manusia (*human resources*), 5) operasional (*operation*). Haggard, *et al.*, (2005) menyebutkan jenis-jenis *waste* konstruksi mencakup 1) penanganan material yang berlebihan (*excessive material handling*), 2) pengerjaan kembali (*rework*), 3) kesalahan desain (*design error*), 4) konflik antar pembeli (*conflict between buyers*), 5) konflik antar kontraktor (*conflict between contractor*), 6) rantai pasok yang tidak efektif (*ineffective supply chain*). Senaratne, *et al.*, (2008) menjelaskan ada 4 jenis *waste* konstruksi, yaitu 1) kelebihan material (*excess materials*), 2) penundaan (*delays*), 3) pengerjaan kembali (*rework*) dan 4) cacat (*defects*). Forbes, *et al.*, (2011), menguraikan jenis-jenis *waste* konstruksi terdiri dari 1) produksi berlebih (*overproduction*), 2) waktu menganggur (*idle time*), 3) pengangkutan (*transportation*), 4) proses (*processing*), 5) inventaris (*inventory*), 6) gerakan operator yang sia-sia (*wasted operator motion*), 7) memproduksi barang cacat (*producing defective goods*), 8) kepuasan (*'making do'*), 9) tidak berbicara dan tidak mendengarkan (*not speaking and not listening*). Sementara Farrar, *et al.*, (2004) menjelaskan jenis-jenis *waste* konstruksi yang berhubungan dengan waktu, yakni waktu tunggu (*waiting time*) dan waktu pengangkutan (*transportation time*).

Selain itu, beberapa peneliti berikut juga mengemukakan pendapatnya tentang jenis-jenis *waste* konstruksi, di antaranya pemeriksaan yang berlebihan di lokasi proyek (Rahman, *et al.*, 2012), menunggu perbaikan peralatan dan penundaan mulai aktivitas (Ralph, *et al.*, 2012), tidak mendengarkan dan tidak berbicara, kelebihan informasi (Macomber, *et al.*, 2004), gerakan kendaraan dan truk yang buruk, kelebihan bahan di lokasi proyek (Emuze, 2013), order material yang tidak perlu dan berlebihan (Arleroth, *et al.*, 2011; Rahman, *et al.*, 2012), penanganan material yang berlebihan (Ralph, *et al.*, 2012), jarak berjalan yang panjang (Tersine, *et al.*, 2004), dan pengawasan yang berlebihan (Modegh, 2013).

Lim, *et al.*, (2009) menyebutkan mengungkapkan bahwa beberapa tipe *waste* konstruksi, yakni cacat (*defect*), produksi berlebih (*overproduction*), inventaris yang tidak perlu (*inventory*), pemrosesan yang tidak tepat (*unnecessary processing*), transportasi (*transportation*), gerakan yang tidak perlu (*motion*), dan menunggu (*waiting*). Sedangkan, Nikakhtar, *et al.*, (2015) secara rinci mengidentifikasi tujuh macam jenis *waste* dalam proses konstruksi sesuai dengan pendapat Ohno bisa ditilik pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Uraian Waste Konstruksi

No	Jenis Waste	Uraian Waste
1	<i>Overproduction</i>	Produksi yang tidak terkirim
2	<i>Defects/Koreksi</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Produksi gambar dan rincian teknis yang rusak • Revisi pekerjaan berdasarkan data yang diperoleh dari bidang lain • Persyaratan yang harus dijelaskan (pekerjaan yang tidak selesai) • Perubahan keputusan arsitektur • Kepatuhan terhadap peraturan
3	<i>Waiting</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menunggu informasi dari bidang lain • Pekerjaan yang berlarut-larut • Informasi yang telat dari klien

No	Jenis Waste	Uraian Waste
		<ul style="list-style-type: none"> • Menunggu alat-alat tulis, <i>print</i> dan model kerja • Proyek yang tidak berlanjut • Masalah hubungan dengan administrasi publik
4	<i>Motion</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan/kegiatan yang dilakukan untuk menyediakan informasi <i>site</i> • Pekerjaan/kegiatan yang dilakukan untuk menyediakan material presentasi dan desain • Pekerjaan/kegiatan yang dilakukan untuk menyediakan referensi informasi teknis • Pertemuan organisasi yang tidak efisien
5	<i>Inventory</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan sumber yang tidak efektif • Pekerjaan selesai lebih cepat dari yang dipersyaratkan
6	<i>Overprocessing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rework</i> • Pekerjaan berjalan lambat • Kinerja pegawai yang tidak efektif • Data yang tidak berkualifikasi dari bidang lain • Pertukaran informasi yang tidak penting – tidak efektif • Perkiraan yang tinggi dari sumber yang berkualifikasi • Ketiadaan kapabilitas untuk memiliki kebiasaan institusi • Masalah dengan relasi klien
7	<i>Transportation</i>	Proses transportasi yang tidak penting

Sumber: Nikakhtar, *et al.* (2015)

Apabila dihubungkan dengan proses pembangunan rumah di perumahan sederhana yang menjadi objek penelitian, maka pendapat Lim, *et al.*, (2009) dan Nikakhtar, *et al.*, (2015) bisa dijadikan sebagai acuan, karena berhubungan dengan proses produksi dalam proyek konstruksi sebagaimana pendapat Ohno (*Toyota Production System*) tentang tujuh *waste* dalam proses produksi. Ketujuh jenis *waste* ini penting untuk diperhatikan, karena sesuai pernyataan Lean Construction Institute., (2015), bahwa jika bisa

‘melihat’ dan memahami *waste* dalam suatu proses produksi, maka akan menjadi bagian dari perbaikan proses konstruksi secara komprehensif.

C. Penyebab Terjadinya *Waste*

Proses merupakan rangkaian kegiatan, sehingga saat memeriksa *waste* dalam suatu proses, mungkin akan menemukan rantai *waste* (*chain of waste*), yakni rantai sebab dan akibat di mana *waste* awal bisa menyebabkan *waste* lainnya. Akibatnya, kerusakan yang terjadi tidak hanya pada satu proses, tetapi proses secara keseluruhan. Ohno menyebut rantai seperti itu sebagai “lingkaran setan *waste* yang menghasilkan *waste*” dan membedakan antara “*waste* primer dan sekunder”. Kemudian, diusulkan untuk mengganti kedua istilah tersebut menjadi *waste* inti (*core waste*) dan *waste* utama (*lead waste*). *Waste* inti merupakan *waste* itu sendiri dan pada saat yang sama menjadi penyebab *waste* lainnya. Sedangkan, *waste* utama merupakan *waste* inti yang dominan menyebabkan dampak negatif substansial dalam proses produksi. Dengan demikian, suatu *waste* bisa disebabkan oleh *waste* inti atau *waste* lain yang bukan berasal dari *waste* itu sendiri (penyebab akar lainnya) (Koskela, 2013).

Dalam Modegh (2013), beberapa peneliti telah berusaha untuk menentukan sumber *waste* dalam proyek konstruksi, seperti *rework* dan konsekuensinya (Love, *et al.*, 2000), kegiatan aliran seperti pengiriman bahan, inventaris dan transportasi internal, dan penanganan merupakan kontributor utama untuk pemborosan bahan dan akibatnya pemborosan sumber daya lainnya (Formoso, *et al.*, 2002). Selain itu, Polat, *et al.*, (2004) mengungkapkan sumber *waste* konstruksi sebagai pengadaan bahan yang terlambat dan tidak memuaskan dan perencanaan yang tidak sempurna sehingga berdampak pada waktu dan material yang terbuang. Sedangkan, Wang, *et al.*, (2008) menyarankan beberapa penyebab umum *waste*

konstruksi ialah kurangnya keterampilan manajemen, kurangnya kesadaran lingkungan, kegiatan konstruksi berlapis-lapis, dan kurangnya pelatihan.

Felipe, *et al.*, (2012), Ralph, *et al.*, (2012) dan Arleroth, *et al.*, (2011), menjelaskan bahwa kurangnya keterampilan oleh subkontraktor dan pedagang menjadi salah satu penyebab *waste*. Selain itu, banyak *waste* juga disebabkan oleh perubahan desain, koordinasi yang buruk, cuaca, perencanaan dan penjadwalan yang buruk, pengawasan yang buruk, perubahan desain, pengambilan keputusan yang lambat, kurangnya perdagangan dan keterampilan subkontraktor, metode konstruksi yang salah, penundaan bahan, gangguan komunikasi, kurangnya koordinasi dan kurangnya kepercayaan di antara beberapa pihak. Sedangkan, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Alwi, *et al.*, (2002) mengungkapkan bahwa dokumentasi kualitas *site* yang buruk, cuaca, perlengkapan menggambar *site* yang tidak jelas, desain yang buruk, perubahan desain, revisi gambar yang lambat serta distribusi, spesifikasi yang tidak jelas, manajemen, informasi dan sumber daya merupakan salah satu faktor terpenting *waste*. Semua penyebab tersebut dikategorikan ke dalam 8 M, di antaranya manajemen (*management*), pengukuran (*measurement*), metode (*method*), manusia (*man*), kealamian (*mother nature*), material (*material*), mesin (*machine*) dan uang (*money*). Sebagai contoh, koordinasi yang buruk, perencanaan yang buruk, penjadwalan yang buruk, dan pengawasan yang buruk termasuk dalam kategori '*management*', sedangkan kurangnya keterampilan perdagangan dan subkontraktor termasuk ke dalam kategori '*man*' (Ismail, *et al.*, 2016).

Han, *et al.*, (2007) *cit.* Emuzi, *et al.*, (2011) berpendapat tentang pemicu terjadinya *waste* dalam sistem produksi konstruksi merupakan kesalahan dan perubahan yang berbentuk interupsi, kehilangan produktivitas, dan pengerjaan ulang (*rework*), yang membutuhkan waktu dan upaya tambahan (sumber daya tambahan

yang awalnya tidak direncanakan) untuk mengimbangi kehilangan waktu dan usaha. Lebih lanjut, Hwang, *et al.*, (2009) menemukan bahwa baik pemilik maupun kontraktor melaporkan proyek pada *database* di Construction Industry Institute (CII) di AS, terjadi kesalahan desain/kelalaian tampaknya menjadi akar penyebab pengerjaan ulang di antara sumber lain yang mencakup perubahan pemilik, perubahan desain, kesalahan konstruktor/kelalaian, perubahan konstruktor, kesalahan vendor/kelalaian, perubahan vendor, dan kesalahan transportasi. Studi lain yang berfokus pada industri konstruksi di Australia dan Indonesia (Alwi, *et al.*, 2002) menemukan bahwa perubahan desain, kurangnya keterampilan perdagangan, pengambilan keputusan yang lambat, koordinasi yang buruk antara mitra proyek, perencanaan dan penjadwalan yang buruk, keterlambatan pengiriman material ke lokasi proyek, metode konstruksi yang tidak sesuai, desain yang buruk, dokumentasi situs berkualitas buruk, revisi dan distribusi gambar yang lambat, gambar *site* yang tidak jelas, spesifikasi yang tidak jelas, dan kondisi cuaca secara individual dan kolektif menghasilkan *waste* dalam berbagai derajat.

Selain itu, lebih lanjut dijelaskan oleh Emuzi, *et al.*, (2011), sumber *waste* dapat dikategorikan dalam hal orang, manajemen profesional, desain dan dokumentasi, material, kegiatan di lokasi konstruksi, dan faktor fisik (Alwi, *et al.*, 2002). Sumber *waste* yang terkait dengan manusia (*man*) termasuk keterampilan perdagangan yang tidak memadai, distribusi tenaga kerja yang buruk, pengawasan kerja yang terlambat, kekurangan pengawas/mandor terampil, keterampilan subkontraktor yang tidak memadai, dan inspektur yang tidak berpengalaman yang tampaknya sangat serius di Afrika Selatan. Sumber *waste* yang terkait dengan manajemen profesional termasuk perencanaan dan penjadwalan yang buruk, manajemen informasi yang buruk, koordinasi yang buruk dalam rantai pasokan konstruksi, proses pengambilan keputusan yang lambat. Sumber

waste yang berkaitan dengan desain dan dokumentasi termasuk dokumentasi *site* berkualitas buruk, spesifikasi yang tidak jelas, gambar *site* yang tidak jelas, respons yang lambat terhadap permintaan informasi (*request for information*), perubahan desain, dan desain yang buruk. Sumber *waste* yang berkaitan dengan material termasuk ketidaksesuaian terhadap standar kualitas, keterlambatan pengiriman material, penanganan material yang buruk, penggunaan material yang tidak tepat. Sementara sumber *waste* yang terkait dengan operasional *site* termasuk tata letak *site* yang buruk, peralatan yang ketinggalan jaman, kekurangan peralatan, metode konstruksi yang tidak memadai, dan ketergantungan berlebihan pada jam lembur untuk melaksanakan pekerjaan tepat waktu. Sedangkan penyebab *waste* konstruksi dalam hal materi atau waktu dapat dikategorikan sehubungan dengan desain, pengadaan, penanganan material, operasional di lokasi konstruksi (*site*), dan kegiatan konstruksi terkait lainnya (Polat, *et al.*, 2004).

Oleh sebab itu, perlu adanya upaya untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste* secara sistematis dan terus menerus pada keseluruhan aliran proses kegiatan agar tercipta peningkatan efisiensi, perbaikan produktivitas proses serta sekaligus dapat meningkatkan daya saing perusahaan. Upaya seperti ini merupakan intisari dari konsep *lean manufacturing* (Rawabdeh, 2005), yang dalam istilah konstruksi disebut sebagai konsep *lean construction*.

D. Pentingnya Eliminasi Waste dalam Suatu Proses Konstruksi

Secara umum, konsep *waste* terkait langsung dengan kegiatan penggunaan sumber daya yang tidak menambah nilai (*Non-value Added Activities/NVA*) untuk produk akhir dan dari perspektif pelanggan (Tersine, 2004). Rata-rata, 49,6% dari penggunaan waktu dalam konstruksi diidentifikasi sebagai kegiatan yang sia-sia (*wasteful*

activities) atau dengan kata lain kegiatan yang tidak menambah nilai (NVA). Sayangnya, sebagian besar praktisi konstruksi tidak menyadari hal tersebut terjadi pada proyek mereka. Kegiatan seperti menunggu, pengerjaan ulang, gerakan yang tidak perlu, kelebihan produksi, keterlambatan, cacat, kurangnya kualitas, dan inventaris terbuang sia-sia karena tidak memberikan nilai tambah pada proses (Horman, *et al.*, 2005; Alwi, *et al.*, 2002, *cit.* Ismail, *et al.*, 2016).

Waste akan memberikan efek langsung pada proses konstruksi dan proyek tetapi dapat dihindari dengan melaksanakan pekerjaan dengan benar, pemantauan ketat, pengendalian dan perencanaan. Semua orang yang terlibat dalam proses konstruksi berpotensi menghasilkan *waste* karena memengaruhi proses (Ismail, *et al.*, 2016). Oleh sebab itu, *waste* harus dikeluarkan (*removed*) dari suatu proses konstruksi, karena *waste* akan tumbuh subur dan berlipat ganda jika tidak dihilangkan, sehingga dapat mengurangi efektivitas operasional. Eliminasi (penghilangan) *waste* dapat meningkatkan laba perusahaan karena berkurangnya penggunaan sumber daya serta dapat meningkatkan kinerja dan kualitas secara keseluruhan (Tersine, 2004).

Menurut Swefie, *et al.*, (2013) *cit.* Ismail, *et al.*, (2015) hal paling sulit untuk melakukan eliminasi terhadap *waste* dalam proses produksi dalam industri konstruksi adalah menentukan metodologi dan mengidentifikasi *waste*, sehingga bisa dipastikan *waste* mana yang harus dieliminasi/direduksi. Oleh karena itu, Mc. Bride (2003) menganggap penting untuk memahami dengan tepat apa dan di mana *waste* itu terjadi. Untuk setiap *waste*, terdapat strategi untuk mengurangi atau menghilangkan efeknya pada perusahaan.

Eliminasi *waste* penting untuk dilakukan dari filosofi *Lean*, karena berkontribusi secara signifikan untuk memaksimalkan nilai dari perspektif pelanggan. *Waste* terjadi dalam berbagai bentuk, tergantung pada jenis dan proses kerja. Penghapusan maupun pengurangan *waste* harus transparan kepada para pihak yang terlibat

dalam proses kerja (Denzer, *et al.*, 2015). Mengingat kegiatan produksi dilakukan dalam proses yang rutin, dengan banyaknya variabel kegiatan dan faktor-faktor *waste* yang bersumber dari manajemen maupun sumber daya dalam proses aliran. Variabel-variabel kegiatan dan *waste* dalam kegiatan konstruksi ini dikelompokkan ke dalam komponen-komponen organisasi dan penggunaan tenaga kerja dan peralatan, untuk diaplikasikan ke dalam desain aliran baru dan perbaikan-perbaikan terhadap *waste* yang terjadi (Goit, *et al.*, 2016).

Felipe, *et al.*, (2012) mengungkapkan bahwa *waste* merupakan cacat (*scrap*) di lokasi proyek. *Waste* merupakan hambatan yang mengganggu dalam suatu proses produksi, sebagaimana yang bisa ditilik pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Produksi sebagai Aliran (*Flow*) (Ismail, *et al.*, 2015)

Dalam Lim, *et al.*, (2009), eliminasi *waste* seperti gambar tersebut hanya bisa dilakukan setelah *waste* diidentifikasi (Tersine, 2004) dan upaya eliminasi *waste* fokus pada proses aliran nilai (*value stream*) dan memaksimalkan nilai sesuai dengan keinginan pelanggan dengan standar kinerja yang tinggi (Burton, *et al.*, 2003; Tersine, 2004). Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan teknik *lean*, yang merupakan satu-satunya cara untuk meningkatkan waktu, biaya, dan kualitas (Forbes, *et al.*, 2010). Adapun salah satu alat *lean* yang efektif digunakan dalam proses produksi konstruksi ialah *Value Stream Mapping* (VSM) (Rosenbaum, *et al.*, 2014) yang bertujuan untuk meningkatkan aliran nilai (*value stream*) dan menghilangkan *waste* serta implementasi untuk melakukan eksekusi supaya tercapai masa depan yang lebih baik (Burton, *et al.*, 2003).

BAB 3

VALUE STREAM MAPPING (VSM) DALAM PROYEK KONSTRUKSI

Value Stream Mapping (VSM) diperkenalkan pertama kali oleh Toyota Motor Company di abad ke-20 untuk memudahkan penerapan prinsip-prinsip *lean* dalam proses aliran dan memberikan perbaikan secara kontinu. VSM secara sistematis membantu menilik keseluruhan proses produksi dan mengidentifikasi masalah dan *waste* yang mengalir bersama, melalui pergerakan aliran material dan informasi. Untuk memahami VSM, maka harus dimulai dengan pemahaman terhadap nilai (*value*) terlebih dahulu. Nilai dalam konstruksi merupakan atribut produk yang diberikan oleh konsumen berdasarkan dimensi kualitas, waktu dan biaya, yang merupakan tujuan utama proyek konstruksi, guna memberikan kepuasan kepada konsumen. *Value stream* merupakan serangkaian tindakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk maupun layanan tertentu melalui proses yang mendatangkan nilai hingga ke konsumen akhir. Nilai dalam proses harus mengalir dengan lancar tanpa gangguan. Apabila terdapat gangguan dalam aliran proses, maka dibutuhkan alat *lean* yang sesuai, yakni *Value Stream Mapping* (VSM) (Barathwaj, *et al.*, 2017).

Menurut Rosenbaum, *et al.*, (2014), terdapat sejumlah studi guna mengembangkan dan mengimplementasikan VSM dalam konstruksi. Seperti Mastroianni, *et al.*, (2003) bekerja pada skala makro saat menganalisis pengiriman proyek. Terdapat juga beberapa investigasi yang berfokus pada proses dukungan konstruksi, seperti *supply chain* (Arbulu, *et al.*, 2002; Fontanini, *et al.*,

2004) dan komponen yang diproduksi (Alves, *et al.*, 2005), pekerjaan lain untuk meningkatkan kegiatan dasar seperti pekerjaan pasangan bata (Pasqualini, *et al.*, 2005) atau konstruksi rumah (Yu, *et al.*, 2009). Para peneliti ini telah membantu untuk memahami dan mempelajari bagaimana kinerja produksi dari berbagai aspek proyek bisa ditingkatkan melalui VSM.

Studi Rother dalam 10 tahun pengalaman mengoperasikan VSM di berbagai industri telah menunjukkan bahwa VSM lebih dari sekadar alat. VSM tidak terbatas hanya untuk mengidentifikasi *waste* dalam suatu sistem, tetapi juga bisa digunakan untuk menganalisis dan membantu dalam merancang proses, melacak aliran material, dan mendokumentasikan aliran informasi dari produk atau kelompok produk tertentu (Li, 2015). VSM memungkinkan pandangan sistematis terhadap proses, mengidentifikasi aktivitas yang mendatangkan nilai (*Value Adding/VA*), dan tidak mendatangkan nilai (*non-value added/NVA*) dalam aliran proses, agar dilakukan eliminasi *waste* dan memberikan perbaikan sesuai dengan prinsip *lean* (Sawhney, 2011). Sebab, VSM merupakan metode untuk menggambarkan dan menganalisis logika dari proses produksi. Terminologi ini berawal dari metafora proses produksi sebagai aliran produk yang stabil di mana nilai (*value*) ditambahkan untuk setiap langkah yang harus dilakukan. Metafora dan terminologi ini juga menguatkan gagasan aliran kontinu sebagai bentuk produksi utama, setidaknya dalam hal efisiensi (Langstrand, 2016).

A. Definisi dan Konsep *Value Stream Mapping* (VSM)

VSM merupakan alat yang berfungsi untuk membantu manajemen, insinyur, pemasok, dan pelanggan mengenali *waste* dan sumbernya, meningkatkan produktivitas dan daya saing serta membantu orang melihat *waste* yang ada dalam proses dan

menerapkan sistem perbaikan proses (Seth, *et al.*, 2007; Emiliani, *et al.*, 2004). VSM berguna pada siapa pun untuk “melihat” aliran proses dan komunikasi dalam proses atau aliran nilai (Nash, *et al.*, 2008). Sebab kemampuan mengumpulkan, menganalisis, dan menyajikan informasi dalam waktu yang singkat, metode ini memperoleh popularitas dalam *improvement* yang berkelanjutan. (Munlyappa, *et al.*, 2014).

Dalam Wenchi, *et al.*, (2015), Seth, *et al.*, (2005) mengungkapkan manfaat VSM adalah alat untuk mengaplikasikan *lean* dan mengurangi waktu siklus (*cycle time*). Sedangkan, Abdulmalek, *et al.*, (2007) mengungkapkan bahwa VSM bisa mengurangi *lead time* dan menurunkan persediaan barang (*inventory*) selama waktu kerja (*work in process/WIP*) dengan mengembangkan model simulasi. Sementara itu, Barathwaj, *et al.*, (2017) mengemukakan bahwa VSM bisa membantu mengidentifikasi akar penyebab semua masalah (*bottleneck*) yang menghambat aliran proses dan *waste* yang dihadapi. Sedangkan, Laqeeyudin (2017) mengungkapkan tentang beberapa keuntungan implementasi VSM di antaranya bisa menyoroiti ketakefisienan proses, ketidakcocokan transaksional dan komunikasi, serta memandu dalam peningkatan (*improvement*) yang harus dilakukan. VSM merupakan teknik yang kuat untuk memvisualisasikan *waste* dan sumbernya dalam proses apa pun, VSM menunjukkan urutan pekerjaan dalam rantai pasokan atau dalam operasi internal, yang melibatkan kegiatan yang menambah nilai (*Value Added/VA*) dan kegiatan yang tidak menambah nilai (*Non-value Added/NVA*) (Sullivan, *et al.*, 2002, Loong, *et al.*, 2010). VSM merupakan *snapshot* dari kondisi saat ini (*Current State Map*), bersama dengan peta keadaan masa depan yang menggambarkan situasi setelah menghilangkan *waste* (*Future State Map*) (Sullivan, *et al.*, 2002 *cit.* Modegh, 2013).

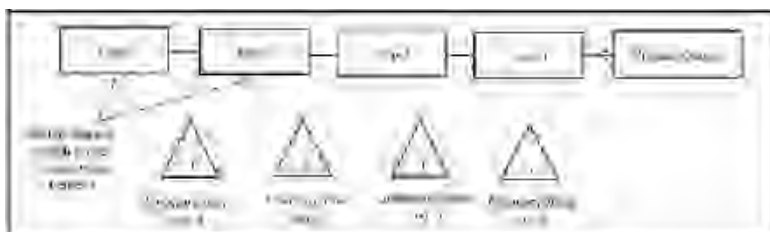
Untuk setiap kegiatan yang dipilih, VSM berguna untuk mengoptimalkan operasional di lokasi proyek. VSM sebagai alat *lean*

menampakkkan secara visual aliran material dan informasi melalui proses produksi. VSM mengidentifikasi NVA dan VA dalam urutan kerja proyek. VSM sering digunakan untuk memperbaiki proses *cycle time* yang secara jelas bagaimana proses beroperasi dengan waktu yang detail di setiap langkah kegiatan (Picchi, 2000). VSM juga berfungsi untuk menganalisis proses dan perbaikan (*improvement*) dengan mengidentifikasi dan mengeliminasi waktu yang dihabiskan untuk kegiatan NVA. Banyak penelitian menyarankan untuk mempergunakan VSM sebagai alat visual terbaik yang dapat menggambarkan aliran informasi dan material, serta sangat berguna untuk memahami aliran nilai dan *waste* di sepanjang proses konstruksi sehingga bisa dianalisis dampak lingkungan proyek. (Francis, *et al.*, 2012).

Beberapa manfaat VSM di antaranya mengidentifikasi sumber-sumber *waste* dalam *value stream*, menyediakan bahasa umum untuk suatu proses, membuat rencana implementasi untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste*, dan mengidentifikasi langkah-langkah yang tidak bernilai tambah, *lead time*, jarak yang ditempuh, dan jumlah inventaris untuk suatu proses (Burton, *et al.*, 2003; Lasa, *et al.*, 2008, *cit.* Lim, *et al.*, 2009). VSM digunakan untuk memetakan kegiatan dan distribusi *waste* yang terdapat di suatu proses produksi. Teknik VSM menunjukkan aliran material dan informasi, memetakan aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah, serta memberikan informasi mengenai kinerja berbasis waktu. Teknik VSM ini digunakan untuk menghasilkan peta kondisi saat ini (*Current State Map*) yang menunjukkan kinerja saat ini dan kondisi sistem yang dipelajari serta peta keadaan masa depan (*Future State Map*) yang berfungsi untuk tindakan perbaikan (Mahfouz, *et al.*, 2011).

Sondalini (2005) mengemukakan bahwa konsep utama yang digunakan dalam VSM ialah apa yang dimaksud dengan suatu proses, pemborosan (*waste*), 'aliran' (*flom*), nilai tambah (*value added*),

kegiatan yang tidak memberikan nilai (*non-value adding activities/NVA*), dan kegiatan yang tidak perlu menambah nilai (*needles NVA*). Proses merupakan serangkaian aktivitas yang memindahkan inventaris dari satu langkah ke langkah berikutnya menjadi *output* yang diinginkan. *Output*-nya bisa berupa *item* fisik maupun layanan. Suatu proses bisa berupa jenis atau ukuran dan mencakup setiap jangka waktu. Setiap langkah dalam suatu proses juga terdiri atas proses dalam langkah. VSM digunakan untuk menyelidiki proses untuk mengidentifikasi peluang peningkatan yang terletak pada pemborosan (*waste*) dan kurangnya fluiditas (aliran). Hal ini bisa ditilik pada gambar berikut:



Gambar 2. Langkah-Langkah dalam Suatu Proses (Sondalini, 2005)

Sedangkan, *waste* merupakan salah satu atau beberapa yang diidentifikasi oleh Toyota, di antaranya 1) *Overproduction*, memproduksi barang yang tidak dipesan, 2) *Waiting Time*, karyawan menunggu, 3) *Unnecessary Transport*, transportasi atau memindahkan barang yang tidak diperlukan, 4) *Overprocessing*, menggunakan banyak langkah yang tidak dibutuhkan, 5) *Excess Inventory*, persediaan yang tidak perlu, 6) *Unnecessary Movement*, gerakan yang sia-sia yang dilakukan oleh manusia atau mesin, dan *Defect*, membuat produk yang salah.

Aliran (*Flow*) merupakan pergerakan yang terus menerus dalam situasi yang stabil. Toyota mengungkapkan bahwa *flow* ini ‘mengalir seperti air’. Sedangkan, nilai (*Value*) berasal dari perspektif pelanggan, di mana mereka adalah yang menggunakan *output*. Kegiatan yang bernilai tambah (*Value Added*) dan sumber daya adalah mereka yang menciptakan nilai bagi pelanggan. Sementara, kegiatan yang tidak mendatangkan nilai (*Non-Value Adding Activities*) adalah semua yang dilakukan dalam proses yang tidak memberikan nilai bagi pelanggan (Sondalini, 2005).

B. Teknik-Teknik Implementasi *Value Stream Mapping* (VSM)

Rosenbaum, *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa VSM merupakan teknik *lean* dalam manajemen produksi yang terdiri dari penjabaran peta aliran nilai suatu produk. VSM meliputi seluruh kegiatan yang terlibat dalam proses, bahkan yang tidak menambah nilai produk, seperti waktu menunggu antara kegiatan yang harus diselesaikan atau dikirim. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan produksi, bukan dengan menginvestasikan lebih banyak sumber daya, tetapi dengan menciptakan sistem yang lebih efisien untuk mengurangi *waste* produksi dan mengoptimalkan kegiatan bernilai tambah (VA). VSM merupakan peta yang menyimulasikan aliran satu unit produksi di seluruh aliran nilai, merepresentasikan kondisi sistem produksi saat ini dan mendiagnosis dengan menganalisis peta dan mendeteksi sumber *waste* (NVA). Setelah itu, diusulkanlah peta untuk menghilangkan atau mengurangi *waste* dan mengoptimalkan kegiatan yang menambah nilai (VA) serta rencana pengembangan implementasi untuk mewujudkan kondisi masa depan (Rother, *et al.*, 2003). Peta digambarkan menggunakan prinsip utama VSM seperti Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Prinsip-Prinsip VSM

No	Prinsip-Prinsip	Arti/Maksud
1	<i>Push Flow</i>	Sebuah sistem produksi untuk menghasilkan jumlah unit maksimum, mendorong produksinya ke hilir terlepas dari apa yang diminta oleh kliennya. Selain itu, optimisasi bersifat lokal dan dilakukan tanpa memperhatikan konsekuensi dalam keseluruhan <i>value stream</i> .
2	<i>Pull Flow</i>	Sistem produksi di mana setiap proses hanya menghasilkan apa yang dibutuhkan untuk proses berikutnya. Prosesnya menarik unit dari hulu produksi
3	<i>Inventory</i>	Pekerjaan yang sedang berjalan dihasilkan oleh suatu kegiatan.
4	<i>FIFO Lane</i>	Jalur produksi tempat unit pertama yang memasuki proses adalah yang pertama keluar. <i>FIFO Lane</i> memiliki kapasitas maksimum untuk unit yang diproses. Ketika kapasitas ini terlampaui, produksi harus berhenti.
5	<i>Kaizen Event</i>	Upaya terfokus untuk mengatasi masalah produksi dan meningkatkan aliran nilai
6	<i>Kanban Cards</i>	Tanda yang digunakan untuk mengomunikasikan kebutuhan produksi atau penarikan unit antar kegiatan
7	<i>Supermarket</i>	Penyimpanan yang terkontrol dan terbuka untuk pekerjaan yang sedang berlangsung. Hal ini memungkinkan tarikan (<i>pull</i>) arus ditetapkan antara dua kegiatan tanpa berusaha untuk memprediksi permintaan produksi. Ini menghubungkan aktivitas dengan menggunakan sistem kartu Kanban
8	<i>Takt Time</i>	Target laju produksi sesuai permintaan pelanggan

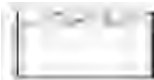

Sumber: Rother, *et al.*, (2003) *cit.* Rosenbaum, *et al.*, (2014).








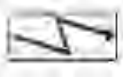
Sementara Womack (2006) dalam Lim, *et al.*, (2009) menyebutkan bahwa VSM mulanya disebut dengan “peta aliran material dan informasi”, yang merupakan diagram satu halaman





yang menggambarkan proses yang digunakan untuk membuat suatu produk. VSM merupakan gambar (peta) dari seluruh proses yang mencakup aliran produk/layanan dan aliran informasi, keputusan, dan interaksi dengan sistem lain. Setelah suatu proses didokumentasikan secara akurat, lalu ditentukan mana kegiatan yang bernilai tambah dan yang tidak bernilai tambah. VSM mengidentifikasi *waste* dalam suatu proses dan area untuk perbaikan potensial serta membantu memahami nilai sebenarnya dari proses/sistem (Lean Construction Institute, 2015). VSM harus didokumentasikan agar *waste* dapat diidentifikasi dengan benar dalam aliran nilai (*value stream*) dan kondisi di masa depan untuk menghilangkan *waste* dengan mengambil langkah yang ditinjau dari segi *value stream* dan memperbaiki keseluruhan aliran dan bukan sekadar mengoptimalkan aliran secara sebagian (Burton, *et al.*, 2003).




Penggambaran VSM menggunakan simbol untuk mewakili proses yang jelas dan visual dari kebutuhan pelanggan hingga pencapaian akhir, seperti Tabel 5 berikut.

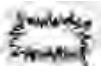
Tabel 5. Simbol Informasi VSM (Strategos, 2007)

No	Nama	Lambang	Fungsi
1	<i>Customer/Supplier</i>		Ikon Pelanggan/Pemasok: mewakili Pemasok saat berada di kiri atas, pelanggan ketika di kanan atas, titik akhir yang biasa untuk bahan
2	<i>Process</i>		Ikon Aliran Proses Khusus: proses, operasi, mesin atau departemen, di mana bahan mengalir. Merupakan satu departemen dengan aliran tetap internal yang berkelanjutan

No	Nama	Lambang	Fungsi
3	<i>Data Box</i>		Ikon Kotak Data: berada di bawah ikon lain yang memiliki informasi/data penting yang diperlukan untuk menganalisis dan mengamati sistem
4	<i>Operator</i>		Merepresentasikan operator. Menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan dalam proses.
5	<i>Inventory</i>		Ikon Inventory: menunjukkan inventaris antara dua proses
6	<i>Shipments</i>		Ikon Pengiriman: mewakili perpindahan bahan mentah dari pemasok ke dok penerima di pabrik. Atau, perpindahan barang jadi dari dok pengiriman ke pabrik
7	<i>Push Arrows</i>		Ikon Push Arrow: mewakili “mendorong” material dari satu proses ke proses selanjutnya
8	<i>External Shipments</i>		Ikon Pengiriman Eksternal: pengiriman dari pemasok atau ke pelanggan menggunakan transportasi eksternal
9	<i>Manual Info</i>		Ikon Info Manual: Panah lurus, tipis menunjukkan aliran informasi umum dari memo, laporan, atau percakapan. Frekuensi dan catatan lainnya yang mungkin relevan
10	<i>Elektronik Info</i>		Electronic Info Icon: mewakili aliran elektronik seperti pertukaran data elektronik (EDI), Internet, Intranet, LAN (jaringan area lokal), WAN (jaringan area luas). Anda dapat menunjukkan

No	Nama	Lambang	Fungsi
			frekuensi pertukaran informasi/data, jenis media yang digunakan, mis. faks, telepon, dll. dan jenis data yang dipertukarkan
11	<i>Time Line</i>		Menunjukkan waktu yang memberikan nilai tambah (<i>value added time</i>) dan waktu yang tidak bernilai tambah (<i>non-value added time</i>). Kegunaan lambang ini untuk menghitung total waktu <i>lead time</i> dan <i>cycle time</i> .
12	<i>Production Control</i>		Ikon Kontrol Produksi: mewakili departemen penjadwalan atau kontrol pusat produksi, orang atau operasi
13	<i>Production Kanban</i>		Ikon Kanban Produksi: memicu produksi sejumlah bagian yang telah ditentukan. Menandakan proses penyediaan untuk menyediakan suku cadang ke proses hilir
14	<i>Withdrawal Kanban</i>		Ikon Penarikan Kanban: mewakili kartu atau perangkat yang menginstruksikan penanganan material untuk mentransfer komponen dari <i>supermarket</i> ke proses penerimaan. Penanganan material (atau operator) pergi ke <i>supermarket</i> dan menarik barang-barang yang diperlukan.

No	Nama	Lambang	Fungsi
15	<i>Signal Kanban</i>		Ikon Kanban Sinyal: digunakan kapan pun tingkat persediaan di <i>supermarket</i> antara dua proses turun menjadi pemicu atau titik minimum. Ini juga disebut sebagai kanban “satu per <i>batch</i> ”.
16	<i>Kanban Post</i>		Ikon Kanban Post: lokasi di mana sinyal kanban berada untuk diambil. Sering digunakan dengan sistem dua kartu untuk bertukar penarikan dan produksi kanban.
17	<i>Signenced Pull</i>		Ikon Tarik Berurutan: merupakan sistem tarik yang memberikan instruksi kepada proses subassembly untuk menghasilkan jenis dan jumlah produk yang telah ditentukan, biasanya satu unit, tanpa menggunakan <i>supermarket</i>
18	<i>Supermarket</i>		Ikon Supermarket: “ <i>supermarket</i> ” persediaan (<i>kanban stockpoint</i>)
19	<i>Material Pull</i>		Ikon Tarik Bahan: <i>supermarket</i> terhubung ke proses hilir dengan ikon “Tarik” ini yang menunjukkan penghapusan fisik
20	<i>FIFO</i>		Ikon FIFO Lane: Inventaris <i>First In First Out</i> . Gunakan ikon ini ketika proses terhubung dengan sistem FIFO yang membatasi input.
21	<i>Kaizen Burst</i>		Ikon Burst Kaizen: digunakan untuk menyoroti kebutuhan

No	Nama	Lambang	Fungsi
			peningkatan dan merencanakan lokakarya <i>kaizen</i> pada proses tertentu yang sangat penting untuk mencapai Peta Status Masa Depan dari aliran nilai.

C. Langkah-Langkah Implementasi *Value Stream Mapping* (VSM)

Li, *et al.*, (2015) menyebutkan bahwa menurut Pasqualini, *et al.*, (2005), filosofi *lean production* dan prinsip-prinsip VSM telah diterapkan pada konstruksi sejak tahun 1993. Namun, penerapan VSM dalam konstruksi telah difokuskan pada area spesifik. Tinjauan literatur mendalam menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya mengenai penerapan VSM dalam konstruksi hanya berfokus pada proses makro seperti *supply chain* (Arbulu, *et al.*, 2003) atau *project delivery* (Mastroianni, *et al.*, 2003), atau pada operasional tunggal seperti pembuatan komponen (Alves, *et al.*, 2005), dan *masonry works* (Pasqualini, *et al.*, 2005). Penerapan VSM dalam konstruksi masih sangat terbatas apabila dibandingkan dengan industri lain.

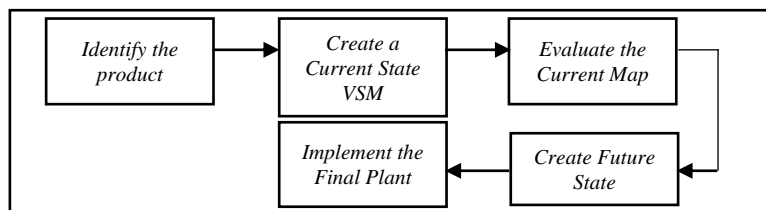
Lebih lanjut, Li, *et al.*, (2015) menjelaskan bahwa setelah dilakukan analisis terhadap *literature review* yang dilakukan, maka artinya, penerapan VSM di industri konstruksi bisa dikelompokkan ke dalam tiga kategori.

Pertama, proses konstruksi. VSM digunakan untuk mengidentifikasi *waste* dalam proses produksi dan memodifikasi VSM selama tahap proses konstruksi.

Kedua, proses makro, yakni dengan menggunakan VSM yang terintegrasi dan disesuaikan untuk menghilangkan *waste* dan menambah nilai dalam pengiriman proyek untuk memuaskan pelanggan.

Ketiga, proses dukungan konstruksi, yakni dengan menggunakan VSM untuk merekayasa ulang proses produksi. VSM mempunyai potensi tetapi tidak bisa digunakan secara langsung dalam konstruksi karena setiap proyek mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Untuk menggunakan VSM selama proses konstruksi, beberapa adaptasi diperlukan, di setiap tahap, seperti perubahan konsep dan kelompok produk, dan sebagainya. Beberapa studi telah menunjukkan bahwa VSM yang dimodifikasi bisa meningkatkan proses produksi dalam konstruksi. (Li, *et al.*, 2015).

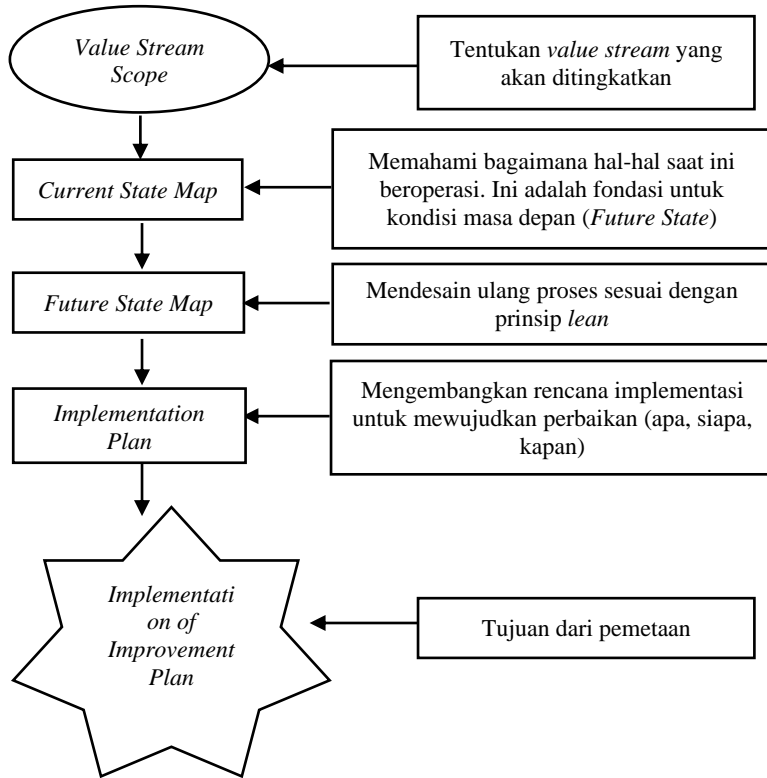
Tujuan penting dari metode VSM ialah untuk mengidentifikasi peluang untuk perbaikan dalam periode waktu mendatang. Oleh karena itu, saat metode *value stream* akan digunakan, beberapa persiapan dibutuhkan untuk mengumpulkan lebih banyak informasi berkenaan dengan situasi proyek/ perusahaan. Titik awal untuk proses perbaikan ialah mengetahui situasi saat ini dan tempat-tempat yang harus diperbaiki melalui (Munlyappa, *et al.*, 2014): 1) penentuan nilai dari perspektif pelanggan, 2) mengidentifikasi aliran nilai, 3) menghilangkan muda (limbah/*waste*), 4) untuk membuat alur kerja, 5) pekerjaan harus “ditarik” (*Pull*) daripada “didorong” (*Push*), 6) berusaha mencapai tingkat kesempurnaan, 7) VSM mencakup lima langkah dasar, sebagaimana gambar berikut:



Gambar 3. Langkah-Langkah dalam Membuat VSM (Munlyappa, *et al.*, 2014)

Lebih lanjut, terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam menggunakan metode VSM adalah 1) harus mencakup kegiatan yang memberikan nilai (*Value Added/VA*) & kegiatan yang tidak memberikan nilai (*Non-value Adding Activities/NVA*), 2) setelah memetakan keadaan saat ini (*Current State VSM*), langkah selanjutnya adalah menganalisis *Current State VSM* guna mengidentifikasi area peningkatan dan membuat rencana perbaikan, 3) *Current State VSM* akan menjadi tolok ukur untuk proses peningkatan, 4) *Value Stream Maps* meliputi *Current State VSM* dan *Future State VSM*, dan 5) *Future State VSM* merupakan peta perbaikan dan peningkatan dari *Current State VSM*. Untuk menggambar VSM, penting kiranya untuk melakukan observasi dan mendokumentasikan bagaimana situasi proyek terlihat dan tidak mengabaikan atau menyembunyikan situasi yang sebenarnya (Munlyappa, *et al.*, 2014).

Langstrand (2016) mengemukakan bahwa VSM memberikan gambaran grafis dari aliran material dan informasi dalam proses produksi. Hal ini merupakan dasar yang baik untuk memahami bagaimana kegiatan dan operasi terhubung dan membentuk dasar untuk analisis proses. Namun, representasi grafis saja tidak cukup. Penting untuk dicatat bahwa inti dari melakukan VSM adalah peningkatan. Terdapat lima urutan langkah dalam metodologi VSM pada gambar berikut:



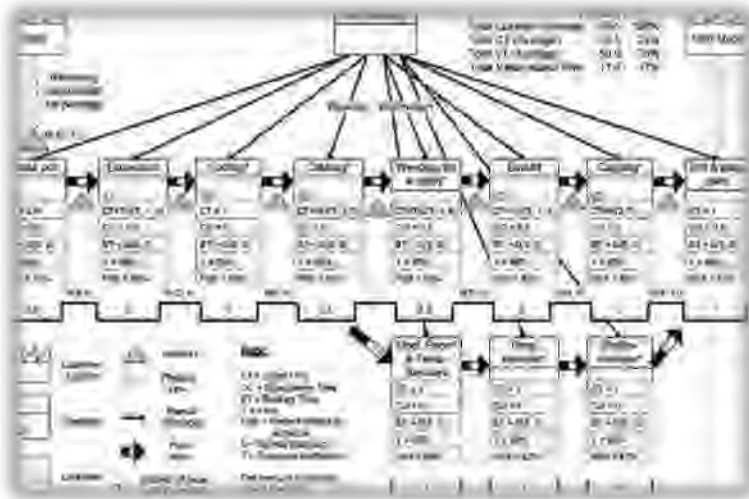
Gambar 4. Lima Langkah Utama Metode *Value Stream Mapping* (Langstrand, 2016)

Pada Gambar 2-4, dari lima langkah yang ada, empat langkah awal mengarah ke peningkatan proses yang sebenarnya (Langstrand, 2016).

Sedangkan, Li (2015) menyebutkan terdapat lima langkah dasar untuk menerapkan VSM di berbagai industri, di antaranya 1) menentukan produk atau kelompok produk, 2) menggambar peta keadaan produk saat ini (*Current State Map*). 3) mengidentifikasi proses-proses yang tidak bernilai dan bernilai tambah, 4)

brainstorming dengan pelaku yang berkepentingan dan menggabungkan konsep lean dengan nilai tambah untuk membangun peta keadaan masa depan (*Future State Map*), 5) menerapkan rencana aksi dengan peta proses terperinci untuk mencapai kondisi masa depan.

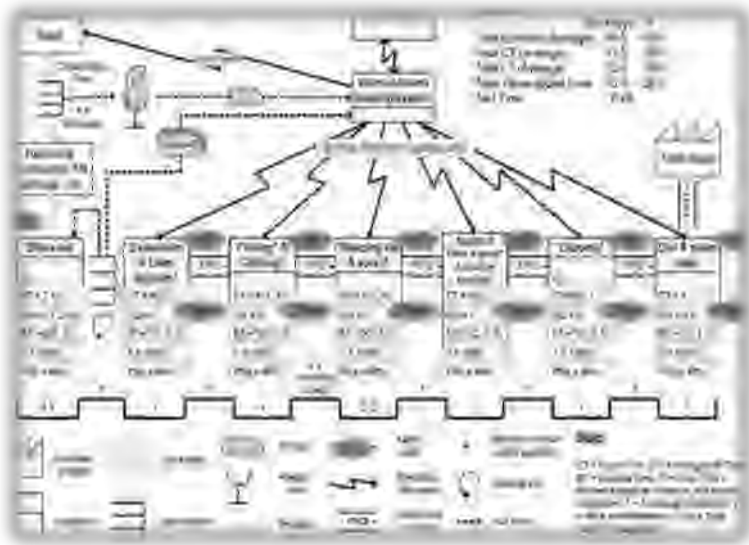
Namun demikian, secara umum, implementasi *Value Stream Mapping* pada suatu kegiatan/proyek mencakup dua hal utama, di antaranya 1) pembuatan peta kondisi saat ini (*Current State Map*), dan 2) pembuatan peta kondisi masa depan (*Future State Map*). Yu, *et al.*, (2009) mengungkapkan bahwa *Current State Map* menggambarkan kondisi eksisting proyek pembangunan rumah beserta analisisnya, sedangkan *Future State Map* merupakan usulan perbaikan (*improvement*) terhadap masalah yang tergambar di *Current State Map*. Adapun implementasi penggambaran *Current State Map* terdapat pada gambar berikut:



Gambar 5. Current State Map (Reprinted dari Yu, et al., 2009)

Pada Gambar 4 bisa diketahui bahwa aliran informasi dan aliran material untuk setiap pekerjaan digambarkan secara jelas, termasuk waktu dan jumlah pekerja yang terlibat. Hal ini bisa dianalisis tentang terjadinya kelebihan waktu, dari rencana rata-rata 20 hari, menjadi rata-rata 73 hari untuk menyelesaikan pembangunan rumah. Alhasil, bisa dikatakan bahwa proses konstruksi yang dijalankan tidak efektif. (Yu, *et al.*, 2009).

Lebih lanjut, Yu *et al.*, (2009) menjelaskan kembali tentang peta kondisi masa depan (*Future State Map*), setelah dilakukan analisis secara mendalam terhadap *Current State Map* yang telah dibuat sebelumnya pada Gambar di atas.



Gambar 6. Future State Map (Reprinted dari Yu, et al., 2009)

Future State Map digunakan untuk menghilangkan akar penyebab *waste* dan menempatkan arus nilai ke dalam arus yang

lancar. Pada proyek perumahan, variabilitas merupakan masalah utama yang berakibat pada fluktuasi arus produksi. Ini berarti pihak *developer* perlu mempertahankan jumlah tenaga kerja yang besar supaya aliran kerja yang dilakukan oleh kontraktor menjadi stabil. Guna mengurangi variabilitas, perlu dibuat *Future State Map*, melalui empat langkah, di antaranya 1) membuat aliran produksi dan menyinkronkannya ke *takt time*, 2) meratakan aliran produksi, 3) Restrukturisasi pekerjaan, dan, 4) meningkatkan keandalan operasi dengan standarisasi kerja dan TQM. Dengan membandingkan antara *current state map* dan *future state map*, diketahui peningkatan kinerja secara keseluruhan, melalui arus produk yang stabil, kapasitas setiap tugas yang sinkron dengan *takt time* dan respons yang cepat terhadap perubahan (Yu, *et al.*, 2009). Pada akhirnya, VSM akan mengarah pada suatu ‘kemenangan’ melalui tindakan “lakukan saja”, tetapi tetap membutuhkan penyelaman yang lebih dalam untuk memecahkan masalah yang lebih besar dalam proses, seperti *Root Cause Analysis* (RCA) (Lean Construction Institute, 2015).

D. Keuntungan (*Benefit*) Implementasi *Value Stream Mapping* (VSM)

Li (2015) mengungkapkan bahwa keuntungan (*benefit*) menerapkan VSM berdasarkan Rother, *et al.*, (2003) dan Martin, *et al.*, (2013) adalah:

1. Memberikan pandangan menyeluruh tentang keseluruhan aliran (*Provides a Holistic View of the Entire Flow*).

Dengan memetakan aliran nilai, pemahaman yang lebih baik dari keseluruhan proses dapat dicapai. Tindakan menghubungkan bagian-bagian yang terpisah ke dalam sistem yang lebih holistik membantu untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi yang diperlukan dan yang tidak perlu, memungkinkan untuk diubah supaya aliran

proses menjadi lebih baik. VSM juga membantu menemukan potensi masalah informasi yang tidak mudah diidentifikasi dalam sistem produksi. Memvisualisasikan karya yang tidak terlihat seperti pertukaran informasi penting untuk memahami bagaimana pekerjaan dilakukan.

2. Mengidentifikasi *waste* (*Identifies Waste*)

Menerapkan VSM untuk memetakan kondisi saat ini (*Current State Map*) dari produk atau layanan menunjukkan proses yang bernilai tambah dan tidak bernilai tambah serta *waste* selama proses produksi. Terlebih lagi, peta aliran nilai bisa dengan jelas mengidentifikasi tujuh jenis *waste* yang paling umum terdiri dari *Overproduction, Waiting, Transportation, Over Processing, Inventory, Motion, dan Defects*.

3. Menghasilkan rencana perbaikan (*Generate Improvement Plans*)

Setelah *waste* diidentifikasi, bisa dibikin rencana perbaikan dengan menggunakan konsep *lean* untuk menghilangkan *waste* dan menambah *value* dalam aliran proses. VSM berfokus pada eksperimen yang dihitung pada bagian-bagian tertentu dari proses.

Sedangkan Rosenbaum, *et al.*, (2014) berpendapat bahwa VSM mempunyai sejumlah keunggulan ketika diterapkan pada proyek konstruksi, yakni 1) VSM merupakan teknik proses pemetaan yang fleksibel untuk mewakili proses konstruksi, 2) sistem konstruksi dapat dimodelkan secara keseluruhan menggunakan VSM, 3) VSM merupakan alat visual yang sederhana yang memungkinkan produksi dan *waste* dianalisis secara bersamaan, 4) peta VSM membutuhkan data umum, dan informasi yang dihasilkan dalam peta VSM bisa dengan mudah dibagikan di tingkat proyek.

Menurut Mata, *et al.*, (2015), salah satu keuntungan VSM adalah bisa menunjukkan dengan cara yang cepat dan mudah untuk

melihat secara holistik alur produk. Hal ini berkaitan dengan aliran material maupun aliran informasi dan bagaimana mereka terhubung ke proses di dalam *Value Stream*. Sedangkan, Al-Ashraf, *et al.*, (2012) berpendapat bahwa beberapa keuntungan VSM ialah pengurangan *lead time* dalam produksi dan menurunkan *Work in Process*. Beberapa manfaat lain ialah mengidentifikasi *waste* langsung di akar masalah (*root*) daripada di permukaan. VSM secara kontinu berfokus untuk menghilangkan sejumlah besar kegiatan *waste* atau *kaizen*. Apabila digunakan dengan benar, VSM akan memungkinkan akses ke jumlah pengetahuan yang tersedia, relevan dan benar tanpa perlu eskalasi, yang akan meningkatkan efisiensi dan efektivitas individu (Tyagi, Choudhary, Cai, & Yang, 2014).

BAB 4

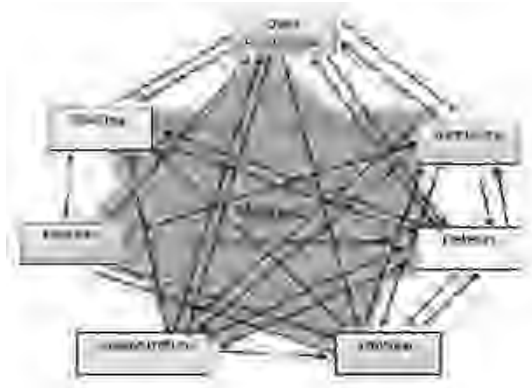
WASTE ASSESSMENT MODEL (WAM)

Menurut Rawabdeh (2005), WAM dikembangkan untuk menyederhanakan pencarian permasalahan *waste* melalui identifikasi dan eliminasi *waste*. metode WAM bisa menunjukkan keterkaitan antar-*waste* dan sekaligus menunjukkan peringkat *waste* kritis, serta bisa juga untuk meminimalisir subjektivitas *expert*. Terdapat tiga langkah dalam *Waste Assessment Model* (WAM) ini, di antaranya *Seven Waste Relationship* (SWR), *Waste Relationship Matrix* (WRM), dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ).

A. Seven Waste Relationship (SWR)

Seven Waste Relationship (SWR) bertujuan untuk mengartikulasikan definisi masing-masing ketujuh tipe *waste* dan hubungan antar-*waste* serta dampaknya. Setiap hubungan *waste* dituliskan dengan menggunakan tanda “_” dengan inisial *waste*, seperti *Overproduction* (O) berpengaruh terhadap *Inventory* (I), maka simbolnya ialah O_I, *Overproduction* berdampak pada *Defect* (D), simbolnya ialah O_I, dan seterusnya (Rawabdeh, 2005).

Semua jenis *waste* bersifat *inter-dependent*, dan berpengaruh terhadap jenis yang lain. Hubungan ini bisa ditilik pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Hubungan Tujuh Waste (Rawabdeh, 2005)

Penjelasan tentang hubungan tujuh *waste* di atas ada pada tabel berikut:

Tabel 6. Hubungan Tujuh Waste (Rawabdeh, 2005)

No	Hubungan	Penjelasan
1	O_I	Produksi yang berlebih membutuhkan jumlah bahan baku yang besar yang menyebabkan persediaan dari bahan baku dan bahan setengah jadi memakan banyak ruang, dan dianggap sebagai persediaan sementara yang tidak ada pelanggan yang mungkin untuk membelinya.
2	O_D	Saat operator memproduksi lebih, pemikiran mereka terhadap kualitas akan berkurang, karena operator berfikir ada cukup banyak material dapat digantikan untuk material yang cacat.
3	O_M	Produksi yang berlebih menuntun terhadap tingkah laku yang tidak ergonomis, yang mana perilaku tersebut tidak sesuai dengan standar kerja.
4	O_T	Produksi yang berlebih menuntun perpindahan yang lebih sering berdasarkan aliran material yang berlebih.
5	O_W	Saat memproduksi lebih, sumber daya akan digunakan lebih lama lagi, demikian juga pelanggan

No	Hubungan	Penjelasan
		akan menunggu lebih lama dan antrean menjadi lebih banyak.
6	I_O	Semakin banyak material yang disimpan dapat mendorong pekerja untuk bekerja lebih dengan tujuan untuk meningkatkan perusahaan.
7	I_D	Meningkatkan persediaan (bahan baku, bahan setengah jadi, dan produk jadi) akan meningkatkan kemungkinan terjadinya cacat hingga kurangnya perhatian dan kondisi yang tidak cocok.
8	I_M	Meningkatkan persediaan juga akan meningkatkan waktu pencarian, pemilihan, pengambilan pemindahan, dan penanganan.
9	I_T	Meningkatkan persediaan kadang-kadang akan mengganggu gang, menjadikan waktu kegiatan produksi melebihi waktu transportasi.
10	D_O	Perilaku produksi yang berlebih muncul untuk mengatasi kekurangan <i>part</i> bahkan kecacatan.
11	D_I	Produksi <i>part</i> yang cacat dibutuhkan pengerjaan ulang yang berarti meningkatnya jumlah barang setengah jadi sebagai wujud dari persediaan.
12	D_M	Produksi cacat dapat meningkatkan waktu pencarian, pemilihan, pemeriksaan.
13	D_T	Memindahkan <i>part</i> yang cacat ke stasiun pengerjaan ulang akan meningkatkan keseringan transportasi (kembali arah) atau dengan kata lain transportasi yang boros.
14	D_W	Pengerjaan ulang akan membutuhkan tempat kerja sehingga <i>part</i> yang baru akan menunggu untuk diproses.
15	M_I	Metode kerja yang tidak sesuai berstandar akan menjadikan jumlah barang setengah jadi.
16	M_D	Kurang terlatihnya dan standarisasi berarti persentase dari kecacatan akan meningkat.
17	M_P	Saat pekerjaan tidak dilakukan berasaskan standar, pemborosan proses akan meningkat hingga tersedianya jumlah teknologi yang dibutuhkan.
18	M_W	Saat standar tidak diatur, akan banyak memakan waktu untuk pencarian, pengambilan, pemindahan,

No	Hubungan	Penjelasan
		perakitan, yang hasilnya akan meningkatkan waktu tunggu <i>part</i> .
19	T_O	Barang yang diproduksi dari lebih yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas sistem pengangkutan sehingga minimalisasi ongkos pemindahan tiap unit.
20	T_I	Tidak cukupnya jumlah <i>material handling equipment</i> menjadikan persediaan yang berlebihan yang dapat memengaruhi proses lain.
21	T_D	<i>Material handling equipment</i> digunakan berdasarkan fungsi dalam pemborosan transportasi. Tidak cocoknya peralatan <i>material handling</i> kadangkala dapat menyebabkan kerusakan yang akhirnya dapat menjadi produk cacat.
22	T_M	Saat barang ditransportasi ke mana pun, artinya semakin tinggi kemungkinan dari pemborosan pergerakan.
23	T_W	Jika peralatan <i>material handling</i> tidak cukup berarti, barang akan menyebabkan <i>idle</i> atau menunggu untuk dipindahkan.
24	P_O	Agar ongkos dapat dikurangi untuk waktu operasi tiap mesinnya, mesin dipaksa untuk beroperasi sepenuhnya pada jam operasi yang akhirnya mengakibatkan produksi berlebih.
25	P_I	Menggabungkan operasi pada saat lini akan menghasilkan secara langsung untuk mengurangi jumlah barang setengah jadi dikarenakan untuk menghilangkan <i>buffer/penyangga</i> .
26	P_D	Jika mesin tidak diperbaiki dengan benar, maka barang cacat akan terjadi.
27	P_M	Teknologi yang baru dari beberapa proses dengan kurangnya pelatihan akan menciptakan pemborosan pergerakan.
28	P_W	Saat penggunaan teknologi yang tidak sesuai, waktu pengaturan dan penghentian yang berulang akan mengakibatkan waktu tunggu yang lebih lama.
29	W_O	Saat sebuah mesin menunggu karena pemasok sedang melayani pelanggan lain, mesin tersebut kadangkala akan dipaksa untuk memproduksi lebih,

No	Hubungan	Penjelasan
		dan terus menerus beroperasi.
30	W_I	Menunggu berarti ada banyak barang yang dibutuhkan pada suatu titik, apakah itu bahan baku, barang setengah jadi atau barang jadi.
31	W_D	Menunggu barang mungkin menyebabkan kecacatan selama berada di kondisi yang tidak cocok.

Berdasarkan tujuh *waste* yang ada (*Overproduction/O*, *Defects/D*, *Waiting/W*, *Motion/M*, *Inventory/I*, *Process/P* dan *Transportation/T*), kemudian dikelompokkan menjadi tiga kategori utama yang berkenaan dengan *man*, *machine*, dan *material*.

Untuk menghitung kekuatan dari hubungan antar-*waste*, dilakukan pengukuran dengan kuesioner WRM. Setiap jawaban memiliki bobot tersendiri yang kemudian dihitung untuk memperoleh skor akhir dari masing-masing kriteria pertanyaan. Jawaban yang sudah didapatkan lalu dijumlahkan untuk mendapatkan hasil apakah hubungan *waste* bersifat kuat atau lemah sesuai dengan rentang penilaian, dan dimasukkan ke dalam Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Contoh Tabulasi Perhitungan Waste Relationship Matrix (Rawabdeh, 2005)

Pert	1		2		3		4		5		6		Skor
	Ans	Wght	Ans	Wght	Ans	Wght	Ans	Wght	Ans	Wght	Ans	Wght	
O_I	A	4	a	2	a	4	A	2	F	2	a	4	18
O_D	B	2	c	0	b	2	B	1	A	1	c	0	6

Berdasarkan hasil perhitungan, maka diperoleh skor keterkaitan antar-*waste* yang kemudian dikonversikan ke dalam bentuk symbol pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Konversi Rentang Skor Keterkaitan Antar-waste (Rawabdeh, 2005)

<i>Range</i>	<i>Type of Relationship</i>	<i>Symbol</i>
17 – 20	<i>Absolutely Necessary</i>	A
13 – 16	<i>Especially Important</i>	E
9 – 12	<i>Important</i>	I
5 – 8	<i>Ordinary Closeness</i>	O
1 – 4	<i>Unimportant</i>	U

Hasil konversi ini lalu digunakan untuk menghitung tingkat pengaruh masing-masing jenis *waste* ke jenis *waste* lainnya dan dibuat dalam bentuk *Waste Relationship Matrix* (WRM) (Rawabdeh, 2005).

B. Waste Relationship Matrix (WRM)

Waste Relationship Matrix (WRM) berfungsi untuk mengukur kekuatan setiap hubungan antar-*waste* secara langsung serta untuk mengukur setiap hubungan *waste*, lengkap dengan tingkat skalanya, dan disajikan dalam bentuk matriks (Rawabdeh, 2005). Contoh WRM bisa ditilik pada gambar berikut:

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	A	O	O	I	X	E
I	I	A	I	I	I	X	X
D	I	I	A	I	E	X	I
M	X	O	E	A	X	I	A
T	U	O	I	U	A	X	I
P	I	U	I	I	X	A	I
W	O	A	O	X	X	X	A

Gambar 8. Waste Relationship Matrix (WRM) (Rawabdeh, 2005)

Pada Gambar 8 bisa dijelaskan bahwa baris pada matriks menunjukkan efek suatu *waste* tertentu terhadap enam *waste* lainnya. Sedangkan, kolom pada matriks menunjukkan *waste* yang dipengaruhi oleh *waste* lainnya. Diagonal dari matriks ditempatkan

dengan nilai *relationship* tertinggi, dan secara *default*, tiap jenis *waste* akan memiliki hubungan pokok dengan *waste* itu sendiri. *Waste Relationship Matrix* menggambarkan hubungan nyata di antara jenis-jenis *waste* (Rawabdeh, 2005).

Dari Gambar 8 di atas, lalu dikonversi dengan nilai konversi A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0. Hasil perhitungan akan dijumlahkan dan diketahui tingkat pengaruhnya yang ditulis dalam bentuk persentase (%) sebagaimana tabel berikut ini.

Tabel 9. Contoh Hasil Perhitungan WRM (Rawabdeh, 2005)

From/To	O	I	D	M	T	P		W	Skor	%
O	10	10	4	4	6	0		8	42	16,8
I	6	10	6	6	6	0		0	34	13,6
D	6	6	10	6	8	0		6	42	16,8
M	0	4	8	10	0	6		10	38	15,2
T	2	4	6	2	10	0		6	30	12
P	6	2	6	6	0	10		6	36	14,4
W	4	10	4	0	0	0		10	28	11,2
Skor	34	46	44	34	30	16		46	250	100
%	13,6	18,4	17,6	13,6	12	6,4		18,4	100	

C. Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Menurut Rawabdeh (2005), *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ), mengombinasikan hasil WRM dengan hasil kuesioner. Nilai *waste* yang diperoleh dari WRM kemudian digunakan untuk penilaian awal WAQ berdasarkan jenis pertanyaan. Kuesioner WAQ terdiri dari 68 pertanyaan berbeda, yang merepresentasikan kegiatan, kondisi, maupun perilaku yang mungkin menyebabkan terjadinya *waste*. WAQ dibuat untuk mengidentifikasi dan mengalokasikan *waste* yang terjadi pada lini produksi. Kuesioner ini terdiri dari 68 pertanyaan yang berbeda dan bertujuan untuk menentukan *waste* seperti Tabel 10. Untuk penelitian ini, aspek dan daftar pertanyaan disesuaikan dengan kondisi yang terjadi pada proyek konstruksi

perumahan, tetapi dengan tidak mengubah inti/maksud pertanyaan yang mengacu pendapat Rawabdeh (2005).

Tabel 10. Waste Assessment Questionnaire (WAQ) (Modifikasi Berdasarkan Rawabdeh, 2005)

No	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan
1	Apakah pihak mandor sering melakukan pemindahan pekerja konstruksi untuk semua pekerjaan sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua pekerja?	<i>To Motion</i>
2	Apakah mandor menetapkan standar untuk jumlah waktu dan kualitas produk rumah yang ditargetkan dalam produksi?	<i>From Motion</i>
3	Apakah pengawasan untuk pekerjaan shift malam (lembur) sudah cukup?	<i>From Defects</i>
4	Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja?	<i>From Motion</i>
5	Apakah ada program pelatihan untuk pekerja konstruksi?	<i>From Motion</i>
6	Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya?	<i>From Defects</i>
...		
63	Apakah aliran produksi dilakukan dengan satu arah (rumah konsumen dibangun sesuai permintaan)?	<i>From Motion Method</i>
64	Apakah ada suatu kelompok yang berhubungan dengan desain, komponen konstruksi, <i>drafting</i> , dan bentuk lain dari standarisasi?	<i>From Motion Method</i>
65	Apakah standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	<i>From Motion Method</i>
66	Apakah ketidakseimbangan kerja dapat diprediksi?	<i>From Overproduction Method</i>
67	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	<i>From Process Method</i>
68	Apakah hasil <i>quality control</i> , uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	<i>From Defect Method</i>

Pada Tabel 10 bisa dijelaskan bahwa setiap pertanyaan merepresentasikan suatu aktivitas, suatu kondisi atau suatu sifat yang mungkin menimbulkan suatu *waste* tertentu. Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan “*From*”, yang berarti jenis *waste* yang ada saat ini bisa memicu munculnya *waste* lain berdasarkan perhitungan WRM. Pertanyaan lainnya ditandai dengan tulisan “*To*”, yang menjelaskan bahwa tiap jenis *waste* yang ada saat ini bisa terjadi karena dipengaruhi jenis *waste* lainnya. Tiap pertanyaan memiliki tiga pilihan jawaban dengan bobot 1, 0,5 dan 0. Pertanyaan dalam kuesioner dikategorikan ke dalam kelompok *man*, *machine*, *material*, dan *method*, di mana setiap pertanyaan berkaitan antara kategori yang satu dengan yang lainnya. Peringkat akhir dari *waste* tergantung pada kombinasi dari jawaban, karena dari hasil kuesioner nantinya akan diproses dengan suatu algoritma yang terdiri dari beberapa langkah yang telah dikembangkan untuk menilai dan memberikan ranking *waste* yang ada (Rawabdeh, 2005).

BAB 5

ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA)

A. Definisi Root Cause Analysis (RCA)

Untuk memecahkan suatu masalah, terlebih dahulu harus diketahui dan dipahami akar penyebab masalah (*Root Cause*), karena hal ini merupakan hal yang paling mendasar dalam suatu sistem (Hendley, 2000 *cit.* Yuniarto, 2012) Oleh karena itu, harus dilakukan identifikasi dan membuat langkah-langkah untuk menghilangkan penyebabnya. Jika hal ini tidak dilakukan, maka masalah akan terus ada (Anderson, *et al.*, 2000 dan Sproull, 2001 *cit.* Doggett, 2005). Alat yang membantu untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dikenal sebagai analisis akar masalah (*Root Cause Analysis*) (Doggett, 2005).

Menurut Bosen, *et al.* (2011), lima asal RCA (*Origin of RCA*), di antaranya

1. Berbasis keamanan (*Safety-Based*).
Dikembangkan dari analisis kecelakaan, keselamatan dan kesehatan kerja.
2. Berbasis produksi (*Production-Based*).
Berasal dari bidang kontrol kualitas untuk industri manufaktur.
3. Berdasarkan proses (*Process-Based*).
Mengikuti RCA berbasis produksi, tetapi dengan ruang lingkup yang telah diperluas untuk mencakup proses bisnis.
4. Berbasis kegagalan (*failure-based*).
Berakar dalam praktik analisis kegagalan seperti yang digunakan dalam rekayasa dan pemeliharaan.

Root Cause Analysis (RCA) merupakan suatu proses analisis untuk mendefinisikan masalah, memahami penyebab dan akar penyebab masalah supaya masalah tidak berulang dengan menggunakan prosedur yang terstruktur (Okes, 2009). RCA merupakan metode yang digunakan untuk mengatasi akar masalah, sehingga bisa diketahui bagaimana langkah perbaikan dan tindakan pencegahan apabila terdapat masalah yang berulang. RCA merupakan aplikasi sederhana yang bisa digunakan secara sistematis, terkuantifikasi, dan terdokumentasi untuk mengidentifikasi dan memahami akar masalah, seperti digambarkan pada Gambar 9 berikut (*Quality, Management & Training*, 2008).



Gambar 9. Prosedur Penerapan RCA (*Quality, Management & Training*, 2008)

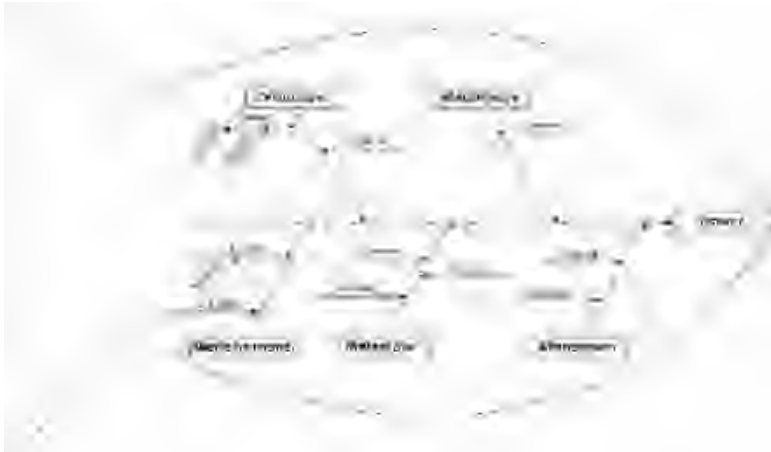
Gambar 9 merupakan rangkuman teknik penerapan RCA yang bisa digunakan supaya masalah tidak berulang dalam suatu organisasi (*Quality, Management & Training*, 2008), dengan

menggunakan alat (*tools*) yang tepat, karena harus disesuaikan dengan masalah yang terjadi dalam suatu kegiatan/proyek.

B. Cause and Effect Diagram sebagai Tools RCA

Diagram Fishbone merupakan alat analisis yang sistematis untuk melihat efek dan penyebab yang berkontribusi pada efek tersebut. Karena fungsinya tersebut, *fishbone diagram* disebut juga sebagai diagram sebab-akibat (*Cause and Effect Diagram/CED*) (Watson, 2004). Profesor Kaoru Ishikawa mengembangkan CED pada tahun 1943 untuk menjelaskan kepada sekelompok insinyur di Kawasaki Steel Works bagaimana berbagai faktor manufaktur bisa diurutkan dan saling terkait. CED dibuat untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan kualitas produk dan digunakan secara luas untuk kontrol kualitas di semua industri Jepang (Ishikawa, 1982). CED dibuat seperti “tulang ikan” dan saat penggunaannya menyebar ke negara-negara lain, dikenal dengan diagram Ishikawa/*fishbone diagram* (Sproull 2001, *cit.* Doggett, 2005), yang merepresentasikan korelasi antara suatu peristiwa (efek) dan beberapa penyebab yang terjadi (Ilie, *et al.*, 2010). *Fishbone diagram* tidak sekadar digunakan untuk menentukan risiko penyebab dan sub-penyebab masalah, tetapi juga risiko globalnya (Ciocoiu, 2008). Selain itu, secara khusus digunakan untuk mengidentifikasi interaksi yang kompleks dari penyebab masalah maupun peristiwa tertentu. Selain itu, diagram ini bisa menjadi kerangka teori yang komprehensif untuk mewakili dan menganalisis sumber-sumber inovasi baru.

Untuk membuat *fishbone diagram*, seluruh proses yang berpotensi menimbulkan masalah harus dijelaskan dalam diagram “tulang ikan” tersebut sebagaimana Gambar 10 berikut:



Gambar 10. Diagram Ishikawa/*Fishbone Diagram* (Reprinted dari https://gc21.giz.de/ibt/en/opt/site/ilt/ibt/regionalportale/sadc/downloads/ishikawa_diagram.pdf)

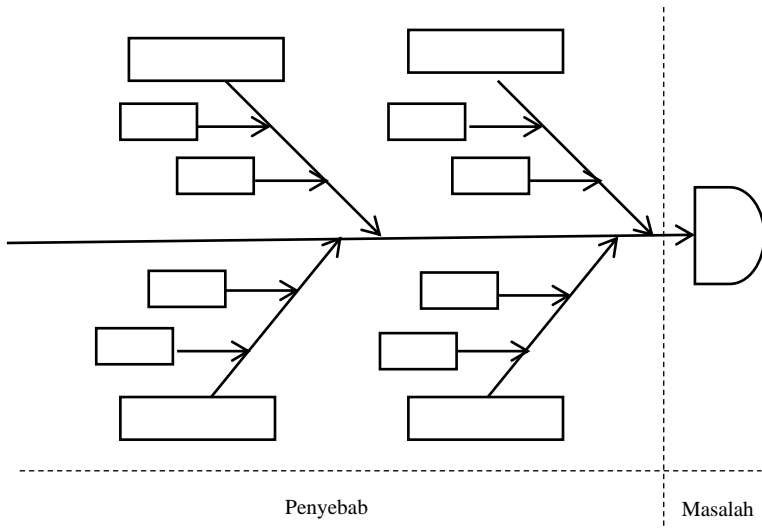
Pada Gambar 10 diketahui bahwa untuk melihat akar permasalahan dapat dipandang berdasarkan lima hal, di antaranya mesin (*machinery*), metode (*methods*), manusia (*manpower*), material (*materials*), dan manajemen (*management*).

Langkah-langkah untuk menyusun dan menganalisis *fishbone* diagram (Tague, 2005) adalah:

1. Identifikasi dan definisikan dengan jelas hasil atau akibat yang akan dianalisis, di mana:
 - a. Hasil atau akibat di sini adalah karakteristik dari kualitas tertentu, permasalahan yang terjadi pada kerja, tujuan perencanaan, dan sebagainya.
 - b. Gunakan definisi yang bersifat operasional untuk hasil atau akibat supaya mudah dipahami.
 - c. Hasil atau akibat dapat berupa positif (suatu tujuan, hasil) atau negatif (suatu masalah, akibat). Hasil atau akibat yang

negatif berupa masalah yang biasanya lebih mudah untuk dikerjakan.

2. Gambar garis panah horizontal ke kanan yang akan menjadi tulang belakang, seperti Gambar 11 berikut:



Gambar 11. *Fishbone Diagram* (Tague, 2005)

3. Identifikasi penyebab utama yang memengaruhi hasil atau akibat.
4. Untuk setiap penyebab utama, identifikasi faktor-faktor yang menjadi penyebab dari penyebab utama.
5. Identifikasi lebih detail lagi secara bertingkat berbagai penyebab dan lanjutkan mengorganisasikannya di bawah kategori atau penyebab yang berhubungan. Hal ini bisa dilakukan dengan mengajukan serangkaian pertanyaan “mengapa”.
6. Menganalisis diagram (Kusnadi, 2017).

Sementara itu, berkenaan dengan manfaat *Fishbone Diagram*, (Tague, 2005) menjelaskan bahwa:

- 1) Membantu menentukan akar penyebab masalah dengan pendekatan yang terstruktur.
- 2) Mendorong kelompok untuk berpartisipasi dan memanfaatkan pengetahuan kelompok tentang proses yang dianalisis.
- 3) Menunjukkan penyebab yang mungkin dari variasi atau perbedaan yang terjadi dalam suatu proses.
- 4) Meningkatkan pengetahuan tentang proses yang dianalisis dengan membantu setiap orang untuk mempelajari lebih lanjut berbagai faktor kerja dan bagaimana faktor-faktor tersebut saling berhubungan.
- 5) Mengenali area di mana data seharusnya dikumpulkan untuk pengkajian lebih lanjut.

Purba (2008) dalam Kusnadi (2017) mengungkapkan bahwa *Fishbone Diagram* bermanfaat untuk mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Masalah akan dipecahkan menjadi sejumlah kategori yang berkaitan meliputi manusia (*man*), material, mesin (*machine*), prosedur, kebijakan, dan sebagainya. Setiap kategori memiliki sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi *brainstorming*.

BAB 6

PERUMAHAN SEDERHANA (*LOW COST HOUSING*)

A. Definisi Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Perumahan merupakan kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan, yang dilengkapi dengan sarana prasarana dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni (Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman Bab I Pasal 1). Sedangkan, penyelenggaraan perumahan dan kawasan permukiman merupakan kegiatan perencanaan, pembangunan, pemanfaatan dan pengendalian, termasuk di dalamnya pengembangan kelembagaan, pendanaan, dan sistem pembiayaan serta peran masyarakat yang terkoordinasi dan terpadu. Penyelenggaraan pembangunan perumahan dan kawasan permukiman berasaskan kemitraan. Asas kemitraan ini memberikan landasan supaya penyelenggaraan perumahan dan kawasan permukiman dilakukan oleh Pemerintah dan pemerintah daerah dengan melibatkan peran pelaku usaha dan masyarakat, dengan prinsip saling membutuhkan, memercayai, memperkuat, dan menguntungkan yang dilakukan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Keterlibatan peran pelaku usaha dan masyarakat ini lazimnya dilakukan oleh pengembang yang secara mandiri maupun bersama dengan pihak lain mengembangkan lahan bagi konsumen. Pengembang perumahan yang dimaksud haruslah badan hukum yang didirikan oleh warga Negara Indonesia yang kegiatannya di bidang penyelenggaraan perumahan dan kawasan Perumahan dan Kawasan Permukiman. Dalam Akta Pendirian Perusahaannya harus secara jelas menyebutkan bidang usaha sebagai pengembang

Perumahan dan Kawasan Permukiman (UU RI, Nomor 1, Tahun 2011).

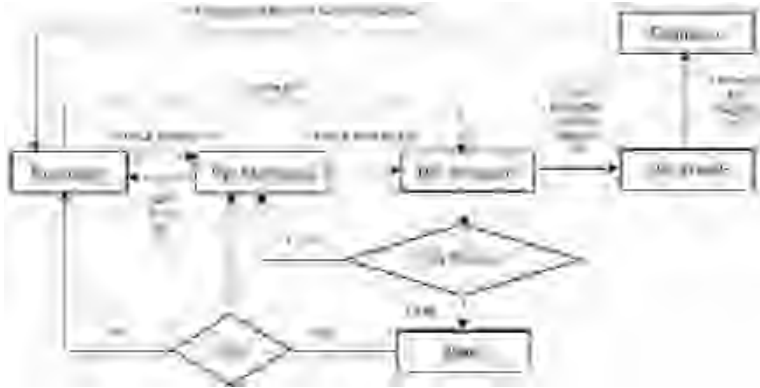
Dalam SNI 036981-2004, rumah sederhana merupakan tempat tinggal layak huni yang harganya terjangkau oleh masyarakat berpenghasilan rendah dan sedang. Rumah sederhana tidak bersusun direncanakan sebagai tempat kediaman yang layak dihuni bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR). Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2016 tentang pembangunan perumahan masyarakat berpenghasilan rendah (MBR), Pembangunan Perumahan MBR dilakukan untuk luas lahan tidak lebih dari lima hektare dan paling kurang $\frac{1}{2}$ hektare serta berada dalam satu lokasi yang diperuntukkan bagi pembangunan rumah tapak.

Menurut Sadana (2014), ada dua tipe rumah paling umum pada perumahan sederhana, yakni rumah gandeng atau rumah kopel, dan rumah deret.

Rumah gandeng atau rumah kopel merupakan dua buah rumah yang bergandengan, dan masing-masing mempunyai kapling sendiri. Pada rumah gandeng atau rumah kopel, salah satu dinding bangunan induk saling menyatu. Sementara itu, rumah deret merupakan beberapa rumah yang bergandengan antara satu unit dengan unit lainnya. Pada rumah deret, salah satu atau kedua dinding bangunan induknya menyatu dengan dinding bangunan induk lainnya. Dengan sistem rumah deret, unit-unit rumah tersebut menjadi satu kesatuan. Pada rumah deret, setiap rumah memiliki kapling sendiri-sendiri.

B. Proses Kepemilikan Rumah bagi Konsumen di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Guna mempunyai rumah pada proyek perumahan, lazimnya masyarakat/konsumen bisa melakukannya dengan mengikuti alur proses kepemilikan rumah seperti Gambar 12 berikut:



Gambar 12. Proses Kepemilikan Rumah pada Proyek Perumahan (Diolah, 2019)

Pada Gambar 12 dijelaskan bahwa:

1. Dimulai dengan konsumen yang datang ke divisi *marketing* untuk memberikan *booking fee* dan data konsumen (fotokopi KTP suami istri, KK dan Rekening Koran).
2. Data tersebut kemudian dilanjutkan ke divisi keuangan untuk dikumpulkan dan diproses.
3. Jika konsumen membeli secara kredit (Kredit Pemilikan Rumah/KPR), maka data konsumen akan dibawa ke pihak perbankan untuk dilakukan penilaian kelayakan pemilikan rumah.
4. Jika konsumen membeli secara tunai (*cash*), maka tidak perlu dilakukan penilaian oleh bank, hanya sistem pembayaran bisa dilakukan di Bank.
5. Jika sudah ada persetujuan KPR dari Bank (bagi yang membeli rumah secara kredit), dan proses data di divisi keuangan sudah selesai (bagi yang membeli secara cash), maka konsumen akan dihubungi untuk segera melunasi DP terlebih dahulu.

6. Konsumen kemudian harus melunasi DP yang besarnya adalah 10% dari harga rumah.
7. Proses pembangunan akan dilakukan melalui divisi teknik apabila DP sudah dilunasi konsumen.
8. Divisi teknik menunjuk kontraktor melalui penunjukan langsung atau tender yang diselenggarakan.
9. Jika beberapa kontraktor sudah terpilih, maka akan segera diberikan Surat Perintah Kerja (SPK) untuk segera membangun rumah konsumen. Kemudian, dilanjutkan dengan serah terima (*handover*) ke konsumen apabila rumah sudah jadi dan siap untuk ditempati.

C. Tahapan Pelaksanaan Pembangunan Rumah pada Proyek Perumahan

Dalam buku *Properti Plus Indonesia* (2012), terdapat enam tahapan dalam pelaksanaan dalam pembangunan rumah pada proyek perumahan.

Pertama, Tahapan Mulai Bangun Rumah. Pihak yang bertanggung jawab dalam proses memulai bangun rumah adalah divisi produksi. Pada tahapan ini, menangani prosedur standar administrasi divisi produksi untuk mulai bekerja membangun rumah.

Kedua, Surat Perintah Kerja (SPK) kepada Kontraktor atau Pemborong merupakan surat kontrak yang berisikan perjanjian kesepakatan antara pihak kontraktor dengan pihak pengembang tentang lokasi kaveling, data konsumen, jadwal bangun yang dilengkapi dengan gambar denah, gambar kerja, spesifikasi teknis bangunan, dan kesepakatan antara kontraktor dan pengembang mengenai biaya kontrak borongan dan cara pembayarannya, serta perjanjian tentang aturan-aturan selama proses di bangun dan juga

ada jaminan kualitas. SPK di nilai sah jika ditandatangani oleh pihak kontraktor dan pihak pengembang.

Ketiga, Tahap Pengendalian dan Pengawasan Progress Bangunan. Pihak yang bertanggung jawab dalam pengendalian dan pengawasan progress bangunan rumah merupakan divisi produksi. Standar pengendalian dan pengawasan progres bangun, prosedur mengendalikan dan mengawasi pembangunan rumah agar proses pembangunannya berjalan sesuai dengan target yang ditentukan dan kualitasnya sesuai dengan spesifikasi standar.

Keempat, Pengawasan Kualitas (Sistem Kendali Mutu/Kualitas). Pihak yang bertanggung jawab ialah divisi produksi. Pengawasan kualitas merupakan prosedur standar yang digunakan sebagai pedoman kerja pengawasan di lapangan supaya kualitas bangunan sesuai dengan spesifikasi teknis bangunan standar yang dikeluarkan oleh pengembang.

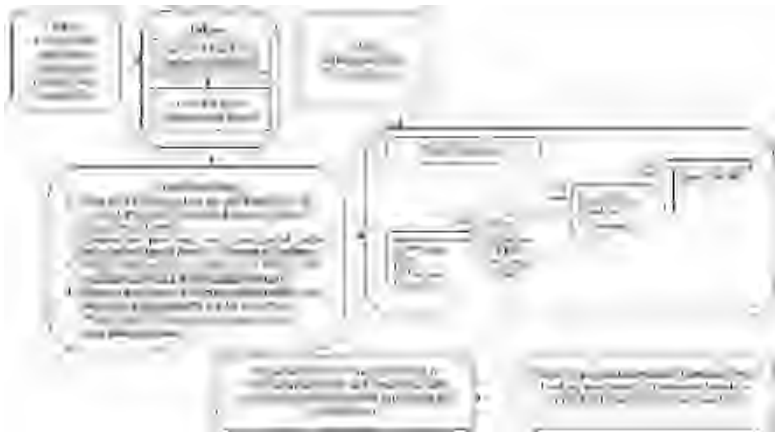
Kelima, Penyerahan Rumah (*Handover*). Proses serah terima terdiri dari serah terima kontraktor dan serah terima konsumen

Keenam, komplain/perbaikan rumah. Pihak yang bertanggung jawab langsung mengenai penyelesaian komplain secara umum ialah divisi produksi. Khusus yang berkenaan dengan komplain fisik bangunan, konsumen bisa menyampaikannya kepada *customer service* dan dicatat dalam *form* komplain, dan meneruskannya kepada pihak kontraktor yang membangun rumah, supaya segera menindaklanjuti komplain tersebut. Masa retensi/jaminan setelah serah terima rumah adalah dua bulan (60 hari), khusus untuk kebocoran atap adalah selama satu musim (6 bulan).

BAB 7

PARADIGMA KONSEP

Bertitik tolak dari latar belakang dan penelitian-penelitian terdahulu, maka paradigma konsep bisa ditilik pada Gambar 13 berikut:



Gambar 13. Paradigma Konsep

Berdasarkan Gambar 13, paradigma konsepnya bermula dari keterlambatan penyelesaian proyek dan kualitas bangunan rumah yang kurang layak. Kedua masalah ini disinyalir berkaitan dengan masalah yang terjadi dalam proses pembangunan, yakni pemborosan (*waste*), yang mencakup *waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing* dan *Waiting*. *Waste* ini terjadi di setiap tahapan/urutan pekerjaan pembangunan rumah, sejak pekerjaan galian tanah hingga pekerjaan *finishing* (pembersihan). Mengacu pada masalah yang terjadi, maka diusulkan untuk

mengimplementasikan *Value Stream Mapping* (VSM) untuk pemecahan masalah proses pembangunan perumahan sederhana. Kemudian, dibuatlah empat tujuan yang disertai dengan analisis dan pembahasannya.

Tahapan yang dilakukan ialah dengan membuat peta kondisi saat ini (*Current State Map/CSM*) terlebih dahulu, supaya bisa diketahui kondisi eksisting proses pembangunan rumah di perumahan sederhana sehingga dapat diidentifikasi jenis *waste* yang terjadi dan berapa lama waktu keterlambatan proyek. Setelah itu, dilakukan *assessment* terhadap *waste* menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM) dan dilanjutkan dengan analisis *fishbone diagram* guna mengetahui akar penyebab *waste* yang terjadi. Langkah terakhir dilakukan dengan cara membuat peta kondisi masa depan (*Future State Map/FSM*) yang merupakan *improvement* terhadap *Current State Map*, supaya diperoleh luaran (*output*) berupa langkah-langkah perbaikan proses pembangunan rumah di perumahan sederhana.

BAB 8

TINDAK LANJUT

A. Strategi Pendalaman

Strategi pendalaman yang dilakukan mengikuti standar metode ilmiah (*scientific method*) yang sudah baku yakni dengan mengikuti suatu struktur ilmiah, yang dimulai dari rumusan masalah, diikuti dengan pengumpulan data yang relevan, diteruskan dengan analisis data dan interpretasi temuan, serta diakhiri dengan penarikan kesimpulan temuan. Rancangan ini digunakan sebagai panduan dalam melakukan penelitian mengenai upaya untuk meminimalisasi *waste* pada proses pembangunan perumahan sederhana yang dilakukan oleh kontraktor. Adapun rancangan penelitian yang dimaksud dapat dilihat pada tabel berikut:

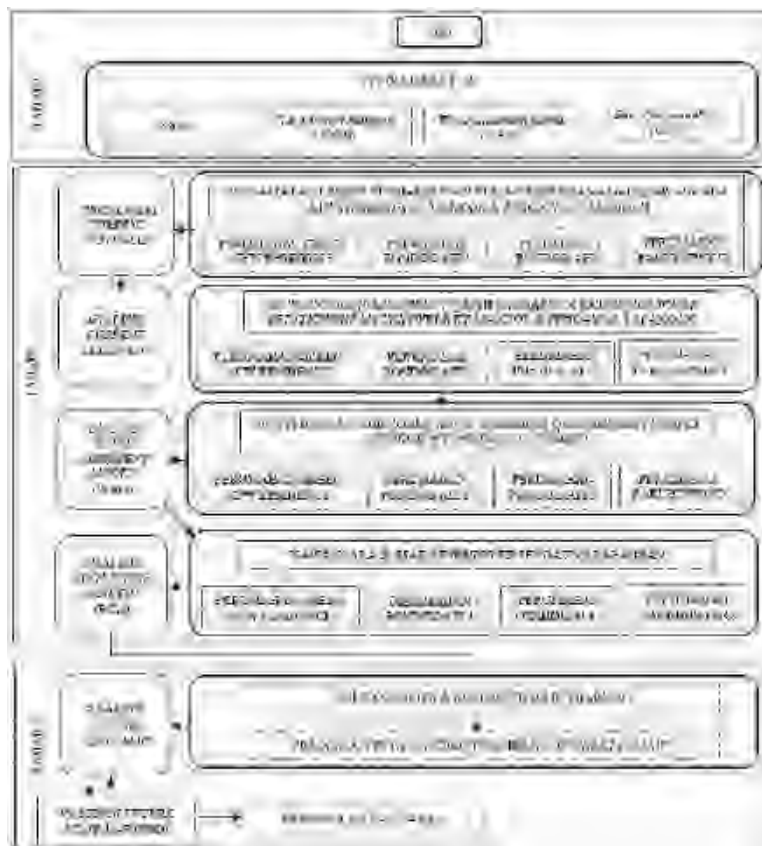
Tabel 11. Strategi Pendalaman

No	Tujuan Penelitian	Data yang Dibutuhkan	Teknik Pengambilan Data	Analisis Data	Hasil
1	Menganalisis deskripsi eksisting (<i>Current State Map</i>) proses pembangunan rumah di perumahan sederhana.	Hasil pengamatan dan jawaban hasil wawancara (<i>brainstorming</i>) tentang data aliran informasi, aliran kegiatan dan waktu kegiatan tiap-tiap pekerjaan pembangunan rumah oleh kontraktor.	Pengamatan, wawancara (<i>brainstorming</i>), dan pengukuran waktu	VSM (<i>Current State Map</i>)	1. Urutan proses pembangunan. 2. <i>Cycle time</i> tiap-tiap pekerjaan 3. <i>Delay</i> tiap-tiap pekerjaan sebelum pekerjaan dilakukan. 4. <i>Waste</i> tiap-tiap pekerjaan selama pekerjaan berlangsung.
2	Menganalisis jenis-jenis <i>waste</i> yang terjadi dalam proses	Jawaban hasil wawancara (<i>brainstorming</i>) dan kuesioner <i>Waste</i>	Pengamatan, wawancara (<i>brainstorming</i>) dan kuesioner <i>Waste</i>	<i>Waste Assessment Model</i> (WAM)	1. Jenis-jenis <i>waste</i> <i>Overproduction</i> (O), <i>Inventory</i> (I), <i>Defect</i> (D), <i>Motion</i>

No	Tujuan Penelitian	Data yang Dibutuhkan	Teknik Pengambilan Data	Analisis Data	Hasil
	pembangunan rumah di perumahan sederhana.	<i>Relationship Matrix (WRM)</i> dan <i>Waste Assessment Questionnaire (WAQ)</i>	<i>Relationship Matrix (WRM)</i> dan <i>Waste Assessment Questionnaire (WAQ)</i>	meliputi: SWR, WRM dan WAQ	(M), <i>Transportation (T)</i> , <i>Processing (P)</i> , <i>Waiting (W)</i> di tiap-tiap pekerjaan, dan keterkaitan antar- <i>waste</i> 2. <i>Ranking waste Overproduction (O)</i> , <i>Inventory (I)</i> , <i>Defect (D)</i> , <i>Motion (M)</i> , <i>Transportation (T)</i> , <i>Processing (P)</i> , <i>Waiting (W)</i> di tiap-tiap pekerjaan.
.3	Menganalisis penyebab terjadinya <i>waste</i> dalam proses pembangunan rumah di perumahan sederhana.	Jawaban hasil wawancara (<i>brainstorming</i>) mengenai akar penyebab <i>delay</i> dan <i>waste</i> <i>Overproduction (O)</i> , <i>Inventory (I)</i> , <i>Defect (D)</i> , <i>Motion (M)</i> , <i>Transportation (T)</i> , <i>Processing (P)</i> , <i>Waiting (W)</i>	Pengamatan dan wawancara (<i>brainstorming</i>)	<i>Root & Cause Analysis (RCA)</i>	Akar penyebab terjadinya <i>waste</i> berdasarkan kriteria manusia (<i>Man</i>), metode (<i>Method</i>), Mesin (<i>Machine</i>), Material (<i>Material</i>) dan <i>Money</i>
4	Menganalisis solusi dan rekomendasi terhadap <i>waste</i> yang dituangkan dalam peta kondisi perbaikan (<i>Future State Map</i>) proses pembangunan rumah di perumahan sederhana.	Hasil pengamatan lanjutan dan telaah literatur	Pengamatan dan Studi Literatur	VSM (<i>Future State Map</i>)	1. Usulan rekomendasi perbaikan terhadap penyebab <i>waste</i> 2. Perbaikan <i>cycle time</i> dan <i>lead time</i> tiap-tiap pekerjaan

Sumber: Diolah (2019)

Berdasarkan strategi pendalaman pada Tabel 11, kemudian dibuatlah tahapan-tahapan untuk melakukan penelitian seperti pada Gambar 14 berikut:



Gambar 14. Langkah-Langkah

Pada gambar di atas, bisa dijelaskan sebagai berikut.

1. Tahap Pertama

Mengacu pada rumusan masalah penelitian, lalu dilakukan studi literatur untuk mengetahui definisi-definisi penting tema penelitian.

2. Tahap Kedua

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data primer dan data sekunder yang akan digunakan dalam penelitian, yang terdiri dari:

- a. Melakukan pengamatan, wawancara (*brainstorming*) kepada responden penelitian (mandor dan pengawas lapangan) untuk mengetahui aliran informasi, aliran material, waktu dan kendala yang terjadi selama pelaksanaan pembangunan rumah oleh kontraktor di perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence.
- b. Membuat visualisasi kondisi eksisting proses pembangunan perumahan sederhana (*Current State Map*) menggunakan *software* Visio.
- c. Melakukan analisis *Current State Map*.
- d. Melakukan diskusi untuk menyatukan persepsi tentang pemahaman terhadap *waste* dan keterkaitan antar-*waste* (*Seven Waste Relationship/SWR*). Dilanjutkan dengan memberikan kuesioner *Waste Relationship Matrix* (WRM) untuk mengetahui bobot masing-masing *waste*.
- e. Jika sudah diketahui bobotnya, lalu dilakukan pemberian kuesioner kembali (kuesioner *Waste Assessment Questionnaire/WAQ*) untuk *ranking waste*.
- f. Hasil kuesioner WRM dan WAQ dianalisis menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM).
- g. Melakukan wawancara (*brainstorming*) ke pengawas lapangan untuk mengetahui penyebab terjadinya *waste* dianalisis menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA).

3. Tahap Ketiga

Tahap ini merupakan tahap akhir penelitian, yakni dengan memberikan usulan solusi dan rekomendasi perbaikan yang dituangkan dalam visualisasi peta kondisi perbaikan (*Future State Map*) di setiap perumahan. Kemudian, hasilnya dianalisis dan dilanjutkan dengan melakukan validasi terhadap *Future State Map* yang telah dibuat dengan melakukan FGD (*Focus Group Discussion*) pada pihak-pihak yang berhubungan langsung dalam proses pembangunan rumah di perumahan yakni mandor dan pengawas lapangan.

B. Mengenal Lapangan

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek perumahan sederhana yang terdapat di wilayah Bekasi, Jawa Barat, yaitu perumahan Green New Residence, perumahan Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono. Pemilihan empat perumahan ini didasarkan atas persamaan kriteria:

1. Mempunyai tujuan untuk membangun rumah sederhana bersubsidi.
2. Proses pembangunan yang dijalankan menggunakan sistem *item* pekerjaan untuk membangun beberapa unit rumah sekaligus.
3. Urutan kerja yang sama, mulai dari pekerjaan galian tanah dan *septictank* hingga pekerjaan *finishing*.
4. Tidak ada pekerjaan yang disubkontraktorkan.
5. Mempunyai kesamaan batasan waktu pelaksanaan pembangunan rumah sesuai dengan unit rumah yang sedang dikerjakan, yakni:
 - a. < 100 unit rumah selama 60 hari kerja (2 bulan).
 - b. 100-200 unit rumah selama 90 hari kerja (3 bulan).
 - c. 200-300 unit rumah selama 120-180 hari kerja (3-6 bulan).

Pada prosesnya, observasi dilakukan selama enam bulan, dengan cara mengamati proses pembangunan yang dijalankan oleh pekerja konstruksi di empat perumahan yang menjadi objek penelitian dan dilakukan setiap hari mulai pukul 08.00-17.00, dimulai dengan pekerjaan awal (galian tanah & *septic tank*) hingga pekerjaan akhir (*finishing*) kemudian dilakukan riset.

C. Generalisasi dan Representasi

Generasi dalam penelitian ini dikhususkan pada proyek perumahan sederhana yang dibangun oleh pengembang untuk masyarakat berpenghasilan rendah (MBR). Sedangkan representasinya ialah empat proyek perumahan yang membangun rumah sederhana, terutama rumah sederhana bersubsidi yang berada di wilayah Bekasi Jawa Barat. Keempat perumahan ini mempunyai kesamaan dalam sistem pembangunan yang dijalankan oleh kontraktor, yakni sistem per *item* pekerjaan, bukan sistem per unit rumah

Adapun respondennya terdiri atas mandor dan pengawas lapangan yang sedang melakukan proses pembangunan rumah konsumen. Kedua pihak tersebut merupakan pihak-pihak yang bertanggung jawab langsung di lokasi proyek dalam proses pembangunan rumah di empat perumahan sederhana tersebut.

D. Pengintegrasian Informasi

Data dintegrasikan dengan cara:

1. Studi Kepustakaan/Studi Literatur

Hal ini dilakukan untuk memperoleh teori-teori, konsep-konsep dan variabel-variabel penelitian yang berasal dari *text book*, jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional yang terindeks Scopus serta situs-situs internet tertentu. Dalam penelitian ini, studi literatur dilakukan meliputi:

- a. Kajian yang berhubungan dengan proyek perumahan.
- b. Kajian tentang *waste* pada proyek perumahan.

- c. Kajian tentang *Value Stream Mapping* (VSM).
 - d. Kajian tentang metode *Waste Assessment Model* (WAM).
 - e. Kajian tentang *Root Cause Analysis* (RCA).
2. Observasi (pengamatan).
Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai kondisi sebenarnya proses pembangunan rumah yang dijalankan kontraktor di perumahan sederhana.
3. Wawancara (*brainstorming*)
Wawancara dilakukan pada responden untuk mendapatkan informasi tentang:
- a. Proses pembangunan rumah (aliran informasi, aliran material dan waktu penyelesaian pekerjaan).
 - b. Identifikasi jenis-jenis *waste* yang terjadi.
 - c. Penyebab terjadinya *waste* untuk penentuan *Root Cause Analysis* (RCA).
 - d. Penyatuan persepsi tentang *waste* dan keterkaitan antar-*waste* untuk penentuan *Seven Waste Relationship* (SWR) dalam analisis *Waste Assessment Model* (WAM).
4. Kuesioner
Diberikan pada responden penelitian untuk analisis WAM meliputi:
- a. Kuesioner *Waste Relationship Matrix* (WRM) pada Tabel 12 berikut:

Tabel 12. Daftar Pertanyaan untuk Analisis WRM (Rawabdeh, 2005)

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah i menghasilkan j	a. Selalu	4
		b. Kadang-Kadang	2
		c. Jarang	0
2	Bagaimanakah jenis hubungan antara i dan j	a. Jika i naik maka j naik	2
		b. Jika i naik maka j tetap	1
		c. Tidak tentu tergantung	0

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		keadaan	
3	Dampak terhadap j karena i	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak i terhadap j dapat dicapai dengan cara.....	a. Metode <i>Engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi instruksional	0
5	Dampak i terhadap j terutama memengaruhi ...	a. Kualitas produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktivitas dan <i>lead time</i>	2
		g. Kualitas, produktivitas dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak i terhadap j akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

- b. Kuesioner *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ), yang pertanyaannya sudah disesuaikan dengan situasi dan kondisi proyek konstruksi perumahan sederhana. Berikut ditampilkan kuesioner WAQ pada tabel berikut:

Tabel 13. Kuesioner WAQ (Modifikasi Berdasarkan Rawabdeh, 2005)

No	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan
1	Apakah pihak mandor sering melakukan pemindahan pekerja konstruksi untuk semua pekerjaan sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua pekerja?	<i>To Motion</i>
2	Apakah mandor menetapkan standar untuk jumlah	<i>From Motion</i>

No	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan
	waktu dan kualitas produk rumah yang ditargetkan dalam produksi?	
3	Apakah pengawasan untuk pekerjaan <i>shift</i> malam (lembur) sudah cukup?	<i>From Defects</i>
4	Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja?	<i>From Motion</i>
5	Apakah ada program pelatihan untuk pekerja konstruksi?	<i>From Motion</i>
6	Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya?	<i>From Defects</i>
7	Apakah perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di lokasi proyek?	<i>From Process</i>
8	Apakah lead time (waktu penyelesaian pembangunan rumah) tersedia untuk mengatur jadwal pembangunan rumah?	<i>To Waiting</i>
9	Apakah telah dilakukan pengecekan jadwal untuk ketersediaan material konstruksi sebelum melakukan proses pembangunan rumah?	<i>From Waiting</i>
10	Apakah material diterima dalam satu muatan/pengiriman?	<i>From Transportation</i>
11	Apakah perencanaan pembangunan rumah memberikan informasi yang cukup kepada pekerja konstruksi termasuk aktivitas penyimpanan material?	<i>From Inventory</i>
12	Apakah pekerja konstruksi diingatkan sebelum dilakukan perubahan penyimpanan (<i>inventory</i>) material yang direncanakan?	<i>From Defects</i>
13	Apakah terdapat material berlebihan yang menunggu untuk digunakan kembali?	<i>From Inventory</i>
14	Apakah terdapat material yang tidak penting di sekitar tumpukan material?	<i>From Waiting</i>
15	Apakah pekerja konstruksi berdiri di sekitar lokasi proyek menunggu kedatangan material?	<i>To Defects</i>
16	Apakah material konstruksi dipindahkan lebih sering daripada yang dibutuhkan?	<i>To Defect Material</i>
17	Apakah material konstruksi sering rusak saat dipindahkan dari gudang penyimpanan?	<i>From Defect Material</i>

No	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan
18	Apakah <i>Work In Process</i> (WIP) area dikacaukan dengan material yang berserakan yang akan digunakan untuk pekerjaan berikutnya?	<i>From transportation Material</i>
19	Apakah material yang dibongkar muat secara mekanik harus ditangani secara manual?	<i>To Motion Material</i>
20	Apakah tersedia peralatan transportasi untuk mengangkut material dari gudang penyimpanan	<i>From Waiting Material</i>
21	Apakah material konstruksi yang sama disimpan pada satu lokasi untuk meminimasi waktu pencarian dalam penanganan persediaan?	<i>From Motion Material</i>
22	Apakah tersedia peralatan transportasi untuk mengangkut material dari gudang penyimpanan yang memadai?	<i>From Transportation Material</i>
23	Apakah dilakukan pengecekan kesesuaian spesifikasi material konstruksi ketika diterima dari <i>supplier</i> ?	<i>From Defect Material</i>
24	Apakah material konstruksi dapat diidentifikasi dengan mudah di gudang penyimpanan?	<i>From Motion Material</i>
25	Apakah dilakukan penyimpanan material konstruksi yang masih dalam proses <i>Work In Process</i> (WIP) untuk pekerjaan selanjutnya?	<i>From Inventory Material</i>
26	Apakah dilakukan pemesanan dan penyimpanan material konstruksi untuk persediaan, meskipun tidak dibutuhkan dengan segera?	<i>From Inventory Material</i>
27	Apakah dilakukan kelonggaran aliran <i>Work In Process</i> (WIP)?	<i>To Waiting Material</i>
28	Apakah dilakukan pengerjaan ulang (<i>repair/ rework</i>) untuk hasil pekerjaan yang tidak sesuai?	<i>From Defect Material</i>
29	Apakah material konstruksi tiba tepat waktu saat dibutuhkan?	<i>From Waiting Material</i>
30	Apakah terdapat tumpukan material konstruksi di gudang penyimpanan?	<i>From Overproduction Material</i>
31	Apakah material konstruksi disimpan dengan baik?	<i>To Motion Material</i>
32	Apakah pengujian terhadap standar spesifikasi produk rumah konsumen sudah dilakukan secara periodik?	<i>From Process Machine</i>

No	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan
33	Apakah beban kerja untuk tiap peralatan kerja dapat diprediksi dengan jelas?	<i>To Waiting Machine</i>
34	Apakah dilakukan pemeriksaan terhadap peralatan yang digunakan berdasarkan kesesuaian kinerja dan spesifikasinya?	<i>From Process Machine</i>
35	Apakah peralatan penanganan material sudah mencukupi untuk menampung beban yang paling berat?	<i>From Transportation Machine</i>
36	Apakah peralatan untuk mengangkut material sudah mencukupi?	<i>To Motion Machine</i>
37	Apakah terdapat kebijakan memproduksi rumah konsumen yang berlebih agar peralatan yang digunakan lebih efektif?	<i>From Overproduction Machine</i>
38	Apakah peralatan yang digunakan dalam membangun rumah sering mengalami kerusakan?	<i>From Waiting Machine</i>
39	Apakah peralatan yang dibutuhkan sudah tersedia dan cukup untuk setiap proses?	<i>From Waiting Machine</i>
40	Apakah peralatan untuk mengangkut material dapat menyebabkan kerusakan?	<i>To Defect Machine</i>
41	Apakah pada proses pembangunan rumah terdapat <i>item</i> pekerjaan yang berlangsung lebih lama dan menyebabkan penundaan terhadap aliran proses?	<i>From Waiting Machine</i>
42	Apakah terdapat perkakas yang tidak terpakai/rusak namun masih tersedia ditempat kerja?	<i>To Motion Machine</i>
43	Apakah dilakukan pertimbangan untuk meminimasi frekuensi <i>item</i> pekerjaan yang disesuaikan dengan penjadwalan dan desain?	<i>From Process Machine</i>
44	Apakah area stok tersedia untuk menghindari kemacetan proses pembangunan rumah konsumen?	<i>To Transportation Method</i>
45	Apakah ada sistem penomoran pada pengambilan material yang memudahkan dalam pencarian dan penyimpanan?	<i>From Motion Method</i>
46	Apakah tersedia rak di dalam gudang material?	<i>From Waiting Method</i>
47	Apakah gudang penyimpanan material dibagi menjadi dua area, area aktif untuk order yang paling	<i>To Motion Method</i>

No	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan
	sering dan stok cadangan untuk orderan lainnya?	
48	Apakah <i>quality control</i> selalu diterapkan dalam proses pembangunan rumah konsumen?	<i>From Defect Method</i>
49	Apakah jadwal produksi dikomunikasikan antar departemen (kontraktor dan mandor), sehingga jadwal dipahami secara luas?	<i>To Defect Method</i>
50	Apakah telah dilakukan standar produksi pembangunan rumah?	<i>From Motion Method</i>
51	Apakah ada penerapan <i>quality control</i> di dalam proses pembangunan rumah konsumen?	<i>From Defect Method</i>
52	Apakah per <i>item</i> pekerjaan memiliki waktu standar yang dihitung sesuai ilmu keteknikan?	<i>From Motion Method</i>
53	Jika suatu penundaan (<i>delay</i>) ditentukan, apakah penundaan tersebut dikomunikasikan ke semua pihak yang terlibat seperti kontraktor, mandor, pengawas lapangan dan pekerja konstruksi?	<i>To Waiting Method</i>
54	Apakah ada penjadwalan pekerjaan konstruksi agar tidak terjadi pengulangan pekerjaan yang sama?	<i>From Process Method</i>
55	Apakah ada kemungkinan mengombinasikan per <i>item</i> pekerjaan (2 <i>item</i> pekerjaan dilakukan secara bersamaan)?	<i>From Process Method</i>
56	Apakah ada prosedur untuk inspeksi/pengawasan kerja?	<i>To Defect Method</i>
57	Apakah arsip <i>inventory</i> digunakan untuk perhitungan pembelian material dan menjadwalkan pembangunan rumah?	<i>From Inventory Method</i>
58	Apakah lokasi proyek selalu dibersihkan dan dirapikan dengan baik?	<i>To Transportation Method</i>
59	Apakah gudang penyimpanan diberi tanda pada bagian-bagian tertentu?	<i>To Motion Method</i>
60	Apakah luas lokasi proyek cukup untuk pergerakan bebas peralatan?	<i>To Transportation Method</i>
61	Apakah gudang penyimpanan digunakan untuk menyimpan material yang seharusnya tidak disimpan?	<i>To Motion Method</i>

No	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan
62	Apakah ada jadwal tetap untuk membersihkan lokasi proyek?	<i>To Motion Method</i>
62	Apakah ada jadwal tetap untuk membersihkan lokasi proyek?	<i>To Motion Method</i>
63	Apakah aliran produksi dilakukan dengan satu arah (rumah konsumen dibangun sesuai permintaan)?	<i>From Motion Method</i>
64	Apakah ada suatu kelompok yang berhubungan dengan desain, komponen konstruksi, <i>drafting</i> , dan bentuk lain dari standarisasi?	<i>From Motion Method</i>
65	Apakah standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	<i>From Motion Method</i>
66	Apakah ketidakseimbangan kerja dapat diprediksi?	<i>From Overproduction Method</i>
67	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	<i>From Process Method</i>
68	Apakah hasil <i>quality control</i> , uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	<i>From Defect Method</i>

Dari 68 pertanyaan kemudian dihitung melalui delapan tahapan perhitungan skor *waste* untuk mencapai hasil berupa *ranking waste*, di antaranya:

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan catatan “*From*” dan “*To*” untuk tiap jenis *waste*.
2. Memasukkan bobot dari tiap pertanyaan berdasarkan *Waste Relationship Matrix* (WRM).
3. Menghilangkan efek dari variasi jumlah pertanyaan untuk tiap jenis pertanyaan dengan membagi tiap bobot dalam satu baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan (N_i).
4. Menghitung jumlah skor dari tiap kolom jenis *waste*, dan frekuensi (F_j) dari munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol).

$$S_j = \sum_{k=1}^k \frac{W_{j,k}}{N_i} \quad ; \text{ untuk tiap jenis } waste \text{ } j \text{ (1)}$$

5. Memasukkan nilai dari hasil kuesioner (1, 0,5, atau 0) ke dalam tiap bobot nilai di Tabel dengan cara mengalikannya.
6. Menghitung total skor untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* dan frekuensi (F_j) untuk nilai bobot pada kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol), menggunakan persamaan:

$$S_j = \sum_{k=1}^k X_k \times \frac{W_{j,k}}{N_i} \quad ; \text{ untuk tiap jenis } waste \text{ } j \text{ (2)}$$

Di mana S_j adalah total untuk nilai bobot *waste*, dan X_k adalah nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuesioner (1, 0,5, 0).

7. Menghitung indikator awal untuk tiap *waste* (Y_j). Indikator ini hanya berupa angka, yang masih belum merepresentasikan bahwa tiap jenis *waste* dipengaruhi jenis *waste* lainnya.

$$Y_j = \frac{S_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \quad ; \text{ untuk tiap jenis } waste \text{ } j \text{ (3)}$$

8. Menghitung nilai final *waste factor* (Y_j final) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antar jenis *waste* (P_j) berdasarkan total “From” dan “To” pada WRM.

$$Y_{j \text{ final}} = Y_j \times P_j = \frac{S_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times P_j \quad ; \text{ untuk tiap jenis } waste \text{ } j \text{ (3)}$$

BAB 9

PAPARAN KOMPREHENSIF

Bab ini secara spesifik memaparkan riset yang dilakukan pada empat perumahan sederhana (*Low Cost Housing*), di perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence. Proses pengambilan data dilakukan melalui pengamatan dan wawancara (*brainstorming*) kepada seluruh kontraktor di empat perumahan tersebut yang sedang melaksanakan pembangunan rumah konsumen, serta pihak-pihak yang terlibat seperti mandor dan pengawas lapangan sebagaimana yang bisa ditilik pada Tabel 14.

Tabel 14. Jumlah Kontraktor, Mandor dan Pengawas Lapangan

No	Perumahan	Kontraktor	Mandor	Pengawas Lapangan
1	Green New Residence	6 (A,B,C,D,E,F)	7	1
2	Pondok Afi 1	3 (G,H,I)	3	1
3	Pondok Afi 2	4 (J,K,L,M)	4	1
4	Pakubuwono Residence	4 (N,O,P,Q)	4	1
Jumlah		17	18	4
Total		17	22	

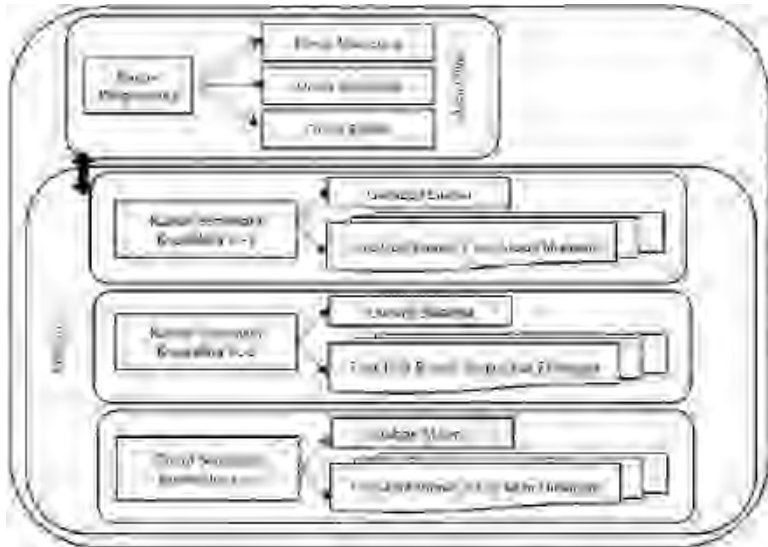
Sumber: Diolah (2019)

Keseluruhan kegiatan (*whole stream*) yang dilakukan oleh pihak-pihak sebagaimana table di atas dicatat, didokumentasikan, dan digambarkan. Hal ini penting dilakukan sebelum analisis secara detail tentang pemborosan (*waste*) yang terjadi. Alat yang digunakan

untuk mengidentifikasi *whole stream* ini ialah *Value Stream Mapping* (VSM) yang bertujuan untuk meminimalisir *waste* yang berpotensi ada dalam pelaksanaannya supaya proses pembangunan rumah berjalan optimal. VSM yang akan dibuat terdiri dari peta kondisi awal (*Current State Map*) yang bertujuan untuk mengetahui deskripsi eksisting proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*low cost housing*), dan peta kondisi perbaikan (*Future State Map*) yang merupakan peta solusi dan rekomendasi perbaikan terhadap permasalahan *waste* yang terjadi selama proses pembangunan berlangsung.

A. Proyek dan Area Utama di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence ialah perumahan sederhana bersubsidi tipe 27/60 yang berada di wilayah Bekasi, Jawa Barat. Sesuai hasil pengamatan, empat proyek perumahan ini mempunyai dua jenis area utama yakni area *office* dan area *site* di lokasi proyek sebagaimana terlihat pada Gambar 4-1 di bawah ini:



Gambar 15. Area Pada Proyek Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, Pakubuwono Residence. (Diolah, 2019)

Pada gambar tersebut tampak bahwa *Area office* merupakan tempat bagi pengembang untuk berkoordinasi dengan tiga divisi utama yang umumnya ada pada proyek perumahan, di antaranya divisi *marketing*, divisi keuangan dan divisi teknik.

1. Divisi *Marketing*

Divisi *Marketing* (pemasaran) berperan penting dalam proyek perumahan, karena bertanggung jawab terhadap keberhasilan penjualan produk rumah yang ditawarkan kepada konsumen. Divisi ini harus memberikan pelayanan yang baik dan ramah kepada konsumen supaya konsumen tertarik untuk membeli. Selain itu, apabila sudah terjadi transaksi jual beli, maka divisi *marketing* juga berkewajiban untuk menerima keluhan (*complaint*) konsumen berkenaan dengan *defect* bangunan, fasos dan fasum,

keamanan, dan sebagainya. Di sisi lain, divisi ini juga turut memantau proses pembangunan yang dilakukan oleh kontraktor, supaya terkomunikasikan dengan baik kepada konsumen.

2. Divisi Keuangan

Divisi keuangan merupakan divisi yang paling bertanggung jawab untuk mengatur arus kas (*cashflow*) perusahaan pengembang. Divisi ini berkewajiban untuk mengelola dan mengontrol pemasukan dan pengeluaran keuangan perusahaan. Divisi ini bekerja, mulai dari divisi *marketing* yang memberikan laporan *booking fee* dan berkas konsumen untuk dicek dan diverifikasi. Kemudian, berkas tersebut diserahkan ke Bank yang ditunjuk untuk persetujuan KPR atau kelayakan konsumen membeli rumah secara *cash*. Setelah itu, divisi keuangan memberikan persetujuan Bank ke divisi *marketing* dan menerima kembali laporan DP pembelian rumah untuk diatur dan dikelola.

3. Divisi Teknik

Divisi ini berperan penting dalam mewujudkan rumah dan lingkungan yang berkualitas bagi konsumen. Karena berdasarkan pengamatan yang dilakukan, perumahan dengan perencanaan yang matang serta pengawasan dan pengendalian proyek yang baik berpengaruh positif terhadap pelaksanaan pembangunan rumah oleh kontraktor, sehingga akan berdampak pada meningkatnya kepuasan konsumen dan citra perusahaan pengembang secara keseluruhan. Divisi teknik biasanya hanya dijabat oleh seorang Pimpinan Proyek atau langsung ditangani oleh pengembang.

Sedangkan area *site* merupakan tempat bagi kontraktor untuk membangun rumah. Jika diibaratkan perusahaan, maka area *site* ini bisa dikatakan sebagai ‘pabrik’ bagi kontraktor untuk memproduksi

rumah konsumen. Di area *site* perumahan, ada kantor sementara bagi kontraktor untuk melakukan pengaturan dan *controlling* dalam proses produksi pembangunan rumah, termasuk perencanaan pekerja konstruksi, material, koordinasi antara mandor dan kontraktor, dan sebagainya. Kantor sementara ini terkadang juga berfungsi untuk menyimpan beberapa *item* material yang dikirim oleh *supplier* material. Selain kantor sementara, di area *site* perumahan, juga ada gudang penyimpanan material sementara yang dibangun secara tidak permanen untuk menyimpan material seperti semen, triplek, cat, kusen aluminium, dan sebagainya. Sementara itu, untuk menyimpan pasir, batu, kerikil, kayu, dan besi, dibiarkan di ruang terbuka.

B. Pengadaan Kontraktor oleh Pengembang di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Kontraktor merupakan pihak yang sangat berperan dalam proses pembangunan rumah bagi konsumen. Kontraktor bertanggung jawab untuk mewujudkan rumah dengan kriteria desain dan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pengembang. Oleh karena itu pengadaan kontraktor oleh pengembang di suatu perumahan penting untuk diperhatikan.

Sesuai dengan hasil pengamatan, kontraktor dipilih oleh pengembang melalui divisi teknik yang terdapat pada suatu perumahan. Untuk empat perumahan ini, kontraktor dipilih dengan sistem penunjukkan langsung dan biasanya berdasarkan kolegal (pertemanan) serta tidak perlu mempunyai pengalaman yang ditandai dengan kepemilikan SPK dan Bank Garansi sebagaimana penunjukkan kontraktor untuk perumahan mewah (menengah ke atas). Kontraktor yang dipilih biasanya perorangan dan tidak berbadan hukum (CV). Menyoal jumlah unit rumah yang akan dibangun oleh kontraktor, setiap kontraktor akan mendapatkannya

berdasarkan pertimbangan Divisi Teknik, karena semua perencanaan pembangunan rumah, dibuat oleh Divisi Teknik. Termasuk perencanaan desain rumah, harga rumah yang akan dijual, sarana prasarana perumahan, hingga pemilihan kontraktor. Kontraktor akan memperoleh proyek rumah per blok untuk memudahkan dalam pembangunannya.

C. Tahapan Pembangunan Rumah oleh Kontraktor di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Lazimnya, tahapan pembangunan rumah yang dilakukan kontraktor di empat perumahan ini di antaranya 1) Penunjukkan mandor sebagai pihak yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan proses produksi pembangunan rumah, 2) Pembelian bahan bangunan ke *supplier* bahan bangunan, *supplier* pasir, *supplier* atap baja ringan, *supplier* keramik, dan *supplier* jendela dan pintu aluminium, 3) Pembangunan unit rumah, 4) Serah Terima (*handover*) unit rumah dari kontraktor ke divisi teknik/pimpinan proyek, dan dari divisi teknik/pimpinan proyek ke konsumen, sebagaimana yang bisa ditilik pada gambar.



Gambar 16. Tahapan Pembangunan Rumah oleh Kontraktor di Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence (Diolah, 2019)

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan kontraktor adalah modal awal yang harus dimiliki, yang akan digunakan untuk pembelian material dan gaji pekerja konstruksi. Hal ini dilakukan karena pihak pengembang biasanya memberikan *fee* kepada kontraktor secara bertahap, sesuai dengan kontrak yang telah ditandatangani, di antaranya:

- a. DP 10% dari kontrak.
- b. Progres pekerjaan 50% akan diberikan *fee* 20%.
- c. Progres pekerjaan 75% akan diberikan *fee* 20%.
- d. Progres pekerjaan 100% akan diberikan *fee* 45%.
- e. 5% untuk retensi (jika ada pekerjaan *repair* dan *rework*) untuk penanganan komplain konsumen.

Oleh sebab itu, modal awal ini akan sangat berarti untuk membayar tagihan-tagihan dari *supplier* maupun mandor ketika pembangunan rumah berlangsung.

2. Penunjukkan Mandor dan Pekerja Konstruksi

Mandor ditunjuk kontraktor untuk:

- a. Memberikan pengarahan kerja kepada pekerja konstruksi.
- b. Menunjuk subkontraktor, jika setiap tahapan pekerjaan disubkontraktorkan.
- c. Melakukan pengecekan ketersediaan material di lokasi proyek.
- d. Melakukan pengawasan kepada pekerja konstruksi.
- e. Memberikan laporan progres pekerjaan kepada kontraktor.
- f. Memberikan laporan tentang kekurangan material di lokasi proyek ke pengawas lapangan.
- g. Memberikan laporan tagihan *fee* pekerja konstruksi ke kontraktor.
- h. Mendistribusikan *fee* kepada pekerja konstruksi sesuai waktunya.

Pekerja konstruksi biasanya ditunjuk oleh mandor, di mana mereka bertanggungjawab dalam pelaksanaan kerja. Pekerja konstruksi bekerja sesuai dengan arahan mandor untuk tiap tahapan pembangunan rumah, mulai dari pekerjaan pondasi hingga *finishing*.

3. Pembelian Material

Material yang digunakan sesuai dengan tipe bangunan rumah yang akan dibangun untuk perumahan sederhana, yakni material dengan standar spesifikasi umum pondasi batu kali, dinding batako diplester, diaci dan dicat, kusen, dan daun pintu dan jendela aluminium, atap baja ringan, plafon triplek, lantai keramik putih ukuran 30 x 30. Material biasanya dipesan kontraktor ke suplier yang sudah menjadi langganan, sehingga bisa dilakukan pembayaran secara bertahap (d cicil). Namun, ada juga beberapa jenis material yang memang sudah disediakan oleh pengembang, seperti material untuk instalasi listrik dan air. Dengan demikian, *fee* kontraktor akan dikurangi jika menggunakan material yang berasal dari pengembang.

Selain itu, untuk efisiensi anggaran, terkadang kontraktor juga melakukan pembelian beberapa material yang lokasinya jauh dari perumahan yang akan dibangun, seperti material pasir, keramik, batako, dan sebagainya. Hal ini akan memakan waktu yang cukup lama jika tidak dilakukan pemesanan segera setelah ada Surat Perintah Kerja (SPK) dari pimpinan proyek ke kontraktor.

4. Pelaksanaan Pembangunan Rumah

Waktu pelaksanaan pembangunan rumah di empat perumahan ini, lazimnya disesuaikan dengan jumlah unit rumah yang akan dibangun. Semakin banyak jumlah unit rumah yang dibangun, maka akan semakin lama waktu pelaksanaan yang ditetapkan oleh pihak pengembang. Sesuai dengan informasi yang diperoleh, maka waktu pelaksanaan pembangunan di perumahan

Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence sebagaimana Tabel 15.

Tabel 15. Waktu Pelaksanaan Pembangunan

No	Jumlah Unit Rumah	Waktu Pelaksanaan Pembangunan
1	< 100 Unit	60 Hari (2 Bulan)
2	100 – 200 Unit	90 Hari (3 Bulan)
3	200 – 300 Unit	120 – 180 Hari (3 – 6 Bulan)

Sumber: Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence

Sebagaimana tabel di atas, kontraktor berkewajiban untuk menyelesaikan pembangunan beberapa unit rumah sekaligus sesuai kesepakatan yang disetujui dalam Surat Perintah Kerja (SPK). Kontraktor akan memperoleh sanksi apabila melakukan wanprestasi (tidak menyelesaikan pembangunan tepat waktu) berdasarkan kebijakan dari masing-masing perusahaan pengembang. Oleh karena itu, kontraktor harus mematuhi dan memperhatikan sebaik mungkin, melalui perencanaan yang matang berkenaan dengan sumber daya yang akan digunakan dalam proses pembangunan.

Dalam pelaksanaan pembangunan rumah, kontraktor memberikan tanggung jawab penuh kepada mandor. Mandor berperan penting untuk mengatur pekerja dan ketersediaan material di lokasi proyek. Mandor harus memberikan arahan kepada pekerja konstruksi untuk setiap tahapan kerja serta mengecek ketersediaan jumlah pekerja dan material di lapangan secara intensif. Jika ada pekerja yang tidak hadir (karena sakit atau ada keperluan lain), maka mandor harus segera mencari pengganti atau melakukan *rolling* pekerja. Mandor juga harus memantau dan mengecek pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja supaya tidak terjadi '*defect*' atau ketidakteraturan bangunan rumah yang sudah dibangun. Selain itu, mandor juga harus dapat

berkoordinasi dengan baik terhadap pengawas lapangan berkaitan dengan kualitas dan progres pekerjaan. Bahkan di beberapa perumahan, mandor harus memiliki modal yang kuat untuk dapat melakukan pembayaran honor kepada pekerja, karena seringkali pihak kontraktor terlambat memberikan uang.

Dalam hubungannya dengan kontraktor, mandor juga harus sering berkoordinasi khususnya berkaitan dengan progress pembangunan rumah dan tagihan (*invoice*) untuk *fee* pekerja dan material. Karena jika tidak dilakukan pembayaran segera, akan berdampak pada kinerja pekerja serta keterlambatan pengiriman dari *supplier*. Pada akhirnya, akan menyebabkan terjadinya keterlambatan penyelesaian (*delay*) bangunan rumah bagi konsumen. Namun demikian, masalah keterlambatan pembayaran ini, bisa juga berasal dari pengembang yang juga terlambat membayar kepada kontraktor karena arus kas (*cashflow*) perusahaan pengembang yang tidak stabil. Oleh sebab itu, pihak pengembang juga harus memperhatikan masalah keterlambatan pembayaran ini supaya pihak kontraktor tidak dirugikan dan tidak terjadi keterlambatan penyelesaian pembangunan rumah sederhana bagi konsumen.

Kontraktor juga harus melakukan pengendalian dan pengawasan proyek melalui tim pengawas lapangan yang ada supaya sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan. Jika pembangunan rumah selesai, maka akan dilakukan serah terima (*handover*) ke pimpinan proyek untuk kemudian diserahkan ke konsumen. Konsumen mempunyai garansi tiga bulan setelah serah terima kunci, dan berhak memperoleh pelayanan gratis dari kontraktor untuk perbaikan (*repair*) dan pengerjaan kembali (*rework*) jika terjadi kerusakan (*defect*) seperti bocor, cat memudar, pipa air rusak, dan sebagainya. Jika sudah melalui masa garansi, maka konsumen harus membayar kepada mandor yang ditunjuk kontraktor untuk melakukan perbaikan.

5. Serah Terima (*Handover*)

Serah terima (*handover*) rumah dilakukan dari kontraktor ke konsumen apabila rumah sudah jadi 100%, setelah kontraktor memberikan laporan ke divisi teknik/pimpinan proyek. Setelah serah terima (*handover*) kunci dilakukan, konsumen diberikan hak untuk mengajukan komplain selama 3 bulan. Prosedurnya, komplain diajukan ke divisi *marketing*, dan diteruskan ke kontraktor. Kontraktor wajib melakukan *repair* dan *rework* sesuai dengan komplain yang diajukan. Jika pengajuan komplain dilakukan pada waktu retensi tiga bulan, maka konsumen tidak perlu membayar biaya perbaikan. Namun, jika melewati waktu retensi, maka konsumen akan dikenakan biaya perbaikan.

D. Identifikasi Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Sesuai dengan hasil pengamatan dan wawancara (*brainstorming*) yang dilakukan, didapatkan data tentang proses pembangunan yang dilakukan kontraktor sebagaimana urutan pekerjaan pada gambar berikut:



Gambar 17. Urutan Pekerjaan Pembangunan Rumah di Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence (Diolah, 2019)

Setiap kontraktor akan melakukan proses pembangunan sebagaimana Gambar 17 di atas. Jika kontraktor mendapatkan 10 unit rumah yang harus dikerjakan secara bersamaan, maka proses pengerjaannya ialah pekerja konstruksi akan melaksanakan pekerjaan galian tanah dan *septic tank* terlebih dahulu untuk unit rumah pertama hingga kesepuluh. Lalu, dilanjutkan dengan pekerjaan pondasi dan *sloof* untuk unit rumah pertama hingga kesepuluh, begitu seterusnya hingga pekerjaan *finishing*.

1. Peta Kondisi Awal (*Current State Map*) Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Berdasarkan urutan pekerjaan proses pembangunan rumah, lalu dilakukan pengumpulan data berupa pengukuran waktu siklus (*cycle time*) dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk masing-masing pekerjaan (pekerjaan galian tanah dan *septic tank* hingga pekerjaan *finishing*). *Cycle time* maksudnya adalah waktu siklus dimulainya tiap-tiap pekerjaan hingga pekerjaan selesai tanpa ada waktu menunggu (*delay/waiting time*) di awal pekerjaan. Selain itu, dilakukan juga pengukuran terhadap *delay/waiting time* yang merupakan waktu menunggu sebelum pekerjaan dilakukan, akibat berbagai kendala yang terjadi (seperti belum tersedianya material, tenaga kerja konstruksi, dan sebagainya). Semua data tersebut kemudian dirata-ratakan (*average*) untuk mendapatkan gambaran secara umum tentang kinerja kontraktor di setiap perumahan.

Adapun data-data *cycle time*, tenaga kerja dan *delay/waiting time* untuk masing-masing perumahan sebagai berikut:

1. Perumahan Green New Residence.
 - a. Data *Cycle Time* dan Tenaga Kerja.

Tabel 16. *Cycle Time* dan Tenaga Kerja Enam Kontraktor di Perumahan Green New Residence

No	Pekerjaan	<i>Cycle Time</i> Kontraktor (Hari)						Tenaga Kerja Kontraktor (Orang)							
		A	B	C	D	E	F	Rata-Rata	A	B	C	D	E	F	Rata-Rata
1	Pek. galian tanah & <i>septic tank</i>	11	10	12	9	13	9	11	5	6	5	4	4	4	5
2	Pek. pondasi	28	31	30	27	32	33	30	5	6	5	4	4	4	5
3	Pek. dinding	40	39	38	36	41	40	39	5	6	5	4	4	4	5
4	Pek. pemasangan atap	18	17	17	15	16	18	17	4	5	4	4	3	5	4
5	Pek. pemasangan plafon	12	12	10	14	12	11	12	2	2	2	2	2	2	2
6	Pek. plester & acian	39	38	41	40	39	40	40	2	2	2	2	2	2	2
7	Pek. pemasangan keramik	13	15	14	12	16	14	14	2	2	2	2	2	2	2
8	Pek. pemasangan pintu & jendela	12	13	15	14	16	12	14	2	2	2	2	2	2	2
9	Pek. cat & instalasi	13	14	13	12	13	13	13	2	2	2	2	2	2	2
10	Pek. <i>finishing</i>	9	8	12	10	11	12	10	2	2	2	2	2	2	2
Jumlah		195	197	202	189	209	202	200	31	35	31	28	27	29	31
Unit Rumah yang Dibangun		6	8	5	7	4	5								
Total Rumah yang Dibangun		35 Unit Rumah													

Keterangan: SPK masing-masing kontraktor = 60 hari kerja

Dari tabel tersebut diketahui bahwa rata-rata kontraktor B adalah pihak yang paling kecil mempunyai waktu siklus (*cycle time*) pembangunan per unit rumah yakni 24,625 hari ($197/8$), diikuti kontraktor D 27 hari per unit rumah ($189/7$), kontraktor A 32,5 hari per unit rumah ($195/6$), dan kontraktor C dan F selama 40,4 hari per unit rumah ($202/5$). Dan yang paling besar waktu siklusnya (*cycle time*) adalah kontraktor E yakni 52,25 hari per unit rumah ($209/4$).

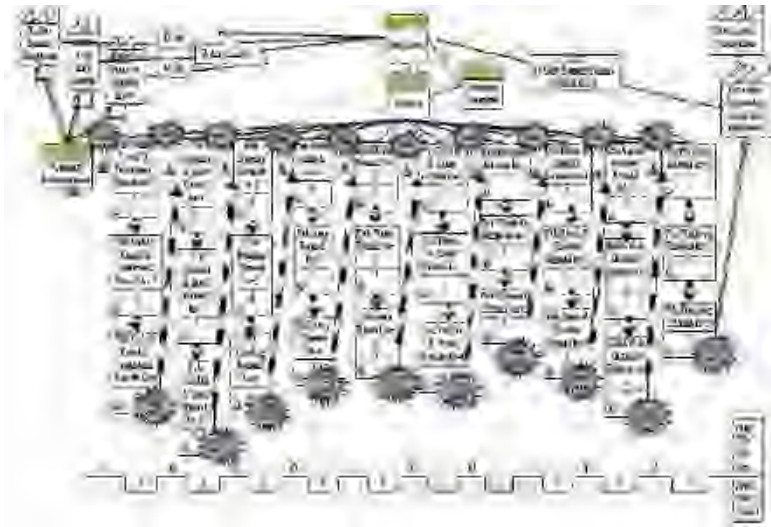
b. Data *Delay/Waiting Time*

Tabel 17. *Delay/Waiting Time* Enam Kontraktor di Perumahan Green New Residence

No	Item Pekerjaan	<i>Delay/Waiting Time</i> Kontraktor (Hari)						Rata-Rata
		A	B	C	D	E	F	
1	Pek. galian tanah & <i>septic tank</i>	2	1	1	3	3	2	2
2	Pek. pondasi	3	2	2	4	3	4	3
3	Pek. dinding	6	7	6	6	6	5	6
4	Pek. pemasangan atap	8	6	6	8	7	7	7
5	Pek. pemasangan plafon	4	5	5	6	6	4	5
6	Pek. plester & acian	5	4	4	6	4	6	5
7	Pek. pemasangan keramik	7	6	6	5	6	6	6
8	Pek. pemasangan pintu & jendela	6	7	7	7	7	7	7
9	Pek. cat & instalasi	5	4	5	5	5	5	5
10	Pek. <i>finishing</i>	2	1	1	3	2	2	2
Jumlah		48	43	43	53	49	48	48
Unit Rumah yang Dibangun		6	8	5	7	4	5	
Total Rumah yang Diamati		35 Unit Rumah						

Berdasarkan Tabel 17, maka kontraktor B mempunyai durasi *delay/waiting time* yang paling kecil yakni 5,375 hari per unit rumah (43/8), diikuti kontraktor D 7,57 hari (53/7) serta kontraktor A 8 hari (48/6). Sedangkan kontraktor F 9,6 hari (48/5) dan terakhir kontraktor E 12,25 hari (49/4) yang merupakan waktu *delay/waiting time* terlama dibandingkan dengan kontraktor yang lain.

- c. Visualisasi *Current State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Green New Residence sebagaimana Gambar 18 berikut.



Keterangan:

1. Total *Lead Time* = $CT + Delay = 200 + 48 = 248$ Hari untuk 35 Unit Rumah
2. *Waste* O = *Overproduction*, I = *Inventory*, D = *Defect*, M = *Motion*, T = *Transportation*, P = *Processing*, W = *Waiting*

Gambar 18. *Current State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Green New Residence

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa *total lead time* (*cycle time + delay/waiting time*) untuk mengerjakan 35 (tiga puluh lima) unit rumah oleh 6 (enam) kontraktor selama 248 hari. Artinya, secara rata-rata, kontraktor di perumahan Green New Residence bisa menyelesaikan pembangunan rumah untuk tiap unitnya selama 7,09 hari ($248/35$).

2. Perumahan Pondok Afi 1.
 a. Data *Cycle Time* dan Tenaga Kerja.

Tabel 18. *Cycle Time* dan Tenaga Kerja Tiga Kontraktor di Perumahan Pondok Afi 1

No	Pekerjaan	<i>Cycle Time</i> Kontraktor (Hari)				Tenaga Kerja Kontraktor (Orang)			
		G	H	I	Rata-Rata	G	H	I	Rata-Rata
1	Pek. galian tanah & <i>septic tank</i>	8	6	7	7	4	4	3	4
2	Pek. pondasi	16	16	15	16	5	5	5	5
3	Pek. dinding	19	20	18	19	5	5	5	5
4	Pek. pemasangan atap	14	15	16	15	4	4	4	4
5	Pek. pemasangan plafon	9	9	9	9	3	2	5	3
6	Pek. plester & acian	19	22	21	21	5	3	3	4
7	Pek. pemasangan keramik	13	12	14	13	3	3	3	3
8	Pek. pemasangan pintu & jendela	8	8	7	8	3	2	3	3
9	Pek. cat & instalasi	7	6	9	7	3	3	3	3
10	Pek. <i>finishing</i>	5	3	6	5	2	2	2	2
	Jumlah	118	117	122	120	37	33	36	36
	Unit Rumah yang Dibangun	6	4	7					
	Total Rumah yang Diamati	17 Unit Rumah							

Keterangan: SPK masing-masing kontraktor = 60 hari kerja

Sesuai dengan tabel di atas, bisa dijelaskan bahwa kontraktor yang mempunyai waktu siklus (*cycle time*) paling cepat adalah kontraktor I, dengan rata-rata waktu siklus 17,43 hari per unit rumah ($122/7$), sedangkan kontraktor G selama 19,7 hari ($118/6$). Sementara kontraktor H adalah pihak yang memiliki durasi waktu siklus (*cycle time*) paling lama di perumahan Pondok Afi 1 yakni 29,25 hari ($117/4$).

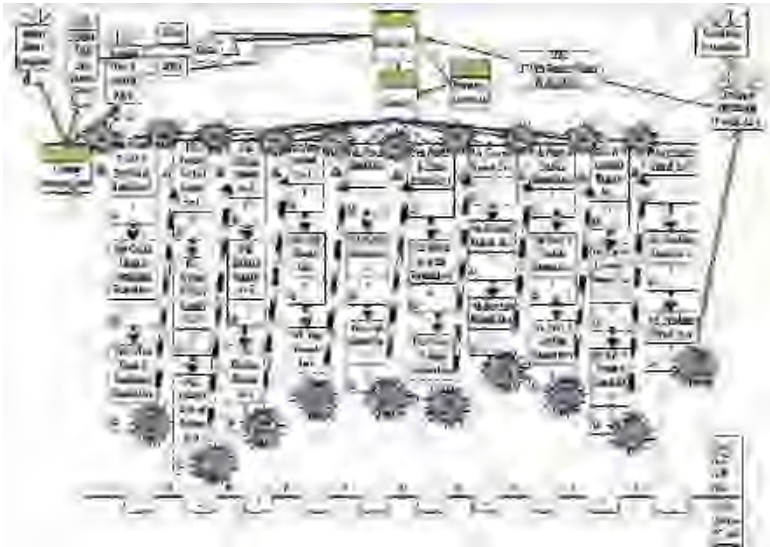
b. Data *Delay/Waiting Time*.

Tabel 19. *Delay/Waiting Time* Tiga Kontraktor di perumahan Pondok Afi 1

No	Pekerjaan	<i>Delay/Waiting Time</i> Kontraktor (Hari)			
		G	H	I	Rata-Rata
1	Pek. galian tanah & <i>septic tank</i>	2	2	2	2
2	Pek. pondasi	2	2	2	2
3	Pek. dinding	3	3	2	3
4	Pek. pemasangan atap	3	3	3	3
5	Pek. pemasangan plafon	3	3	3	3
6	Pek. plester & acian	2	2	2	2
7	Pek. pemasangan keramik	5	6	4	5
8	Pek. pemasangan pintu & jendela	2	3	3	3
9	Pek. cat & instalasi	3	4	2	3
10	Pek. <i>finishing</i>	2	2	2	2
Jumlah		27	30	25	28
Unit Rumah yang Dibangun		6	4	7	
Total Rumah yang Diamati		17 Unit Rumah			

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa kontraktor I memiliki durasi *delay/waiting time* yang lebih kecil yaitu 3,8 hari per unit rumah (25/7), lalu diikuti kontraktor G selama 4,5 hari (27/6) dan terakhir adalah kontraktor H 7,5 hari (30/4).

- c. Visualisasi *Current State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pondok Afi 1 tertera pada Gambar 19 berikut:



Keterangan:

1. Total *Lead Time*= $CT + Delay = 120 + 27 = 147$ Hari untuk 17 Unit Rumah
2. *Waste* O=*Overproduction*, I=*Inventory*, D=*Defect*, M=*Motion*, T=*Transportation*, P=*Processing*, W=*Waiting*

Gambar 19. *Current State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pondok Afi 1

Sesuai gambar tersebut, *total lead time* (*cycle time + delay/waiting time*) 3 (tiga) kontraktor di perumahan Pondok Afi 1 adalah 147 hari untuk 17 (tujuh belas) unit rumah. Sehingga, rata-rata kontraktor di perumahan ini dapat menyelesaikan pembangunan per unit rumah selama 8,64 hari ($147/17$).

3. Perumahan Pondok Afi 2.
 a. Data *Cycle Time* dan Tenaga Kerja

Tabel 20. *Cycle Time* dan Tenaga Kerja Empat Kontraktor di Perumahan Pondok Afi 2

No	Pekerjaan	<i>Cycle Time</i> Kontraktor (Hari)					Tenaga Kerja Kontraktor (Orang)				
		J	K	L	M	Rata-Rata	J	K	L	M	Rata-Rata
1	Pek. galian tanah & <i>septic tank</i>	4	6	6	4	5	3	4	2	2	3
2	Pek. pondasi	13	17	16	15	15	4	4	3	5	4
3	Pek. dinding	18	15	19	17	17	4	4	3	5	4
4	Pek. pemasangan atap	14	13	13	16	14	3	3	3	3	3
5	Pek. pemasangan plafon	11	9	9	10	10	4	4	2	3	3
6	Pek. plester & acian	25	23	24	21	23	2	2	3	4	3
7	Pek. pemasangan keramik	15	14	17	13	15	2	2	2	2	2
8	Pek. pemasangan pintu & jendela	5	6	4	6	5	2	2	2	2	2
9	Pek. cat & instalasi	6	6	5	6	6	2	2	2	2	2
10	Pek. <i>finishing</i>	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
Jumlah		115	113	117	112	114	28	29	24	30	28
Unit Rumah yang Dibangun		5	8	7	6						
Total Rumah yang Diamati		26 Unit Rumah									

Keterangan: SPK masing-masing kontraktor = 60 hari kerja

Pada tabel tersebut, kontraktor K merupakan pihak yang mempunyai waktu siklus (*cycle time*) paling cepat dengan rata-rata 14,125 (113/8) hari per unit rumah dan diikuti dengan kontraktor L 16,7 (117/7) hari per unit rumah dan kontraktor M selama 18,7 (112/6) hari per unit rumah. Sedangkan, kontraktor J mempunyai durasi waktu siklus (*cycle time*) yang paling lama yakni 23 (115/5) hari per unit rumah.

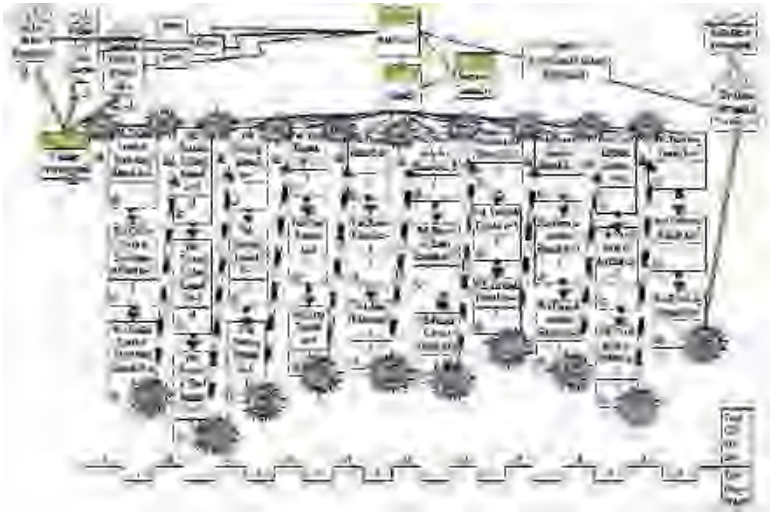
b. Data *Delay/Waiting Time*.

Tabel 21. Waste *Delay/Waiting Time* Empat Kontraktor di Perumahan Pondok Afi 2

No	Pekerjaan	<i>Delay/Waiting Time</i> Kontraktor (Hari)				
		J	K	L	M	Rata-Rata
1	Pek. galian tanah & <i>septic tank</i>	1	1	1	1	1
2	Pek. pondasi	1	3	3	1	2
3	Pek. dinding	3	3	2	5	3
4	Pek. pemasangan atap	4	4	5	2	4
5	Pek. pemasangan plafon	3	3	3	4	3
6	Pek. plester & acian	2	2	1	4	2
7	Pek. pemasangan keramik	2	5	3	6	4
8	Pek. pemasangan pintu & jendela	3	2	3	3	3
9	Pek. cat & instalasi	2	4	3	3	3
10	Pek. <i>finishing</i>	2	1	1	1	1
Jumlah		23	28	25	30	26
Unit Rumah yang Dibangun		5	8	7	6	
Total Rumah yang Diamati		26 Unit Rumah				

Sesuai Tabel 21, maka dapat dijelaskan bahwa untuk kontraktor K mempunyai waktu *delay/waiting time* yang lebih kecil dibandingkan dengan kontraktor lain yakni 3,5 hari (28/8) per unit rumah, kemudian diikuti oleh kontraktor L selama 3,6 hari (25/7) dan kontraktor J 4,6 hari (23/5). Sedangkan, kontraktor M ialah pihak yang paling lama yakni lima hari (30/6) per unit rumah.

- c. Visualisasi *Current State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pondok Afi 2 ada pada gambar berikut.



Keterangan:

1. Total *Lead Time*= $CT + Delay = 114 + 26 = 140$ Hari untuk 26 Unit Rumah
2. *Waste* O=Overproduction, I= Inventory, D=Defect, M=Motion, T=Transportation, P=Processing, W=Waiting

Gambar 20. *Current State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pondok Afi 2

Pada Gambar 20, tampak bahwa *total lead time* (*cycle time* + *delay/waiting time*) untuk mengerjakan 26 unit rumah oleh empat kontraktor adalah 140 hari. Artinya, secara rata-rata, kontraktor di perumahan Pondok Afi 2 bisa menyelesaikan pembangunan rumah untuk tiap unitnya selama 5,4 hari ($140/26$).

4. Perumahan Pakubuwono Residence.
 a. Data *Cycle Time* dan Tenaga Kerja.

Tabel 22. *Cycle Time* dan Tenaga Kerja Empat Kontraktor di Perumahan Pakubuwono Residence

No	Pekerjaan	<i>Cycle Time</i> Kontraktor (Hari)					Tenaga Kerja Kontraktor (Orang)				
		N	O	P	Q	Rata-Rata	N	O	P	Q	Rata-Rata
1	Pek. galian tanah & <i>septic tank</i>	14	13	15	14	14	3	4	2	2	3
2	Pek. pondasi	36	35	36	37	36	4	4	3	5	4
3	Pek. dinding	43	47	45	44	45	4	4	3	5	4
4	Pek. pemasangan atap	23	26	23	24	24	3	3	3	3	3
5	Pek. pemasangan plafon	15	16	16	18	16	4	4	2	3	3
6	Pek. plester & acian	53	54	53	53	53	2	2	3	4	3
7	Pek. pemasangan keramik	23	25	24	28	25	2	2	2	2	2
8	Pek. pemasangan pintu & jendela	15	17	13	15	15	2	2	2	2	2
9	Pek. cat & instalasi	18	17	20	17	18	2	2	2	2	2
10	Pek. <i>finishing</i>	9	9	10	8	9	2	2	2	2	2
	Jumlah	249	259	255	258	255	28	29	24	30	28
	Unit Rumah yang Dibangun	4	7	6	4						
	Total Rumah yang Diamati	21 Unit Rumah									

Keterangan: SPK masing-masing kontraktor = 60 hari kerja

Tabel tersebut menunjukkan bahwa kontraktor O mempunyai waktu siklus (*cycle time*) selama 37 hari ($259/7$) hari per unit rumah, lalu diikuti kontraktor P 42,5 hari ($255/6$) per unit rumah, dan kontraktor N 62,25 hari ($249/4$) per unit rumah. Sedangkan yang terakhir adalah kontraktor Q yakni 64,5 hari ($258/4$) per unit rumah. Dari data-data tersebut, didapatkan bahwa rata-rata kontraktor di perumahan Pakubuwono Residence mempunyai durasi *cycle*

time yang lebih lama dibandingkan dengan kontraktor yang ada di perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, dan Pondok Afi 2.

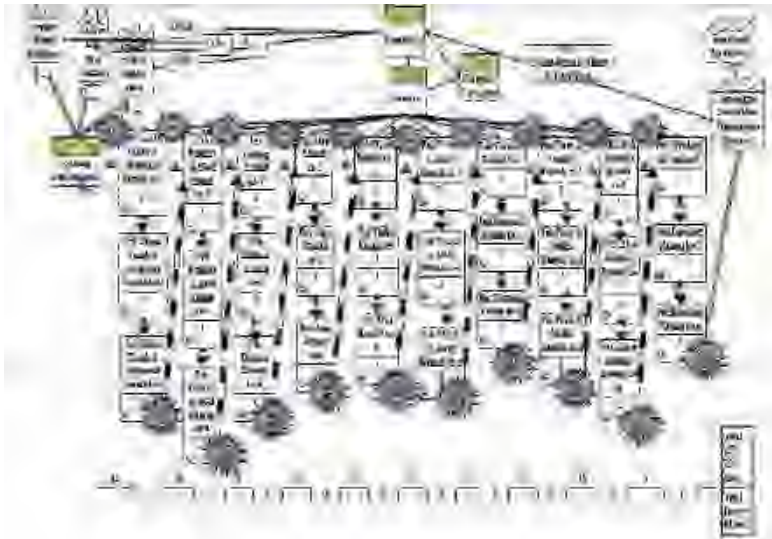
b. Data *Delay/Waiting Time*

Tabel 23. *Delay/Waiting Time* Empat Kontraktor di Perumahan Pakubuwono Residence

No	Pekerjaan	<i>Delay/Waiting Time</i> Kontraktor (Hari)				
		N	O	P	Q	Rata-Rata
1	Pek. galian tanah & <i>septic tank</i>	1	1	1	1	1
2	Pek. pondasi	5	5	6	4	5
3	Pek. dinding	8	7	7	10	8
4	Pek. pemasangan atap	11	11	9	9	10
5	Pek. pemasangan plafon	5	4	6	5	5
6	Pek. plester & acian	9	7	10	7	8
7	Pek. pemasangan keramik	6	6	6	6	6
8	Pek. pemasangan pintu & jendela	4	6	5	5	5
9	Pek. cat & instalasi	6	4	4	6	5
10	Pek. <i>finishing</i>	1	1	1	1	1
Jumlah		56	52	55	54	54
Unit Rumah yang Dibangun		4	7	6	4	
Total Rumah yang Diamati		21 Unit Rumah				

Dari Tabel tampak bahwa kontraktor yang memiliki waktu *delay/waiting time* paling kecil adalah kontraktor O yaitu selama 7,43 hari (52/7) per unit rumah, diikuti kontraktor P selama 9,2 hari (55/6) dan kontraktor Q 13,5 hari (54/4). Sementara kontraktor N merupakan pihak yang memiliki durasi *delay/waiting time* yang paling lama yaitu sebesar 14 hari per unit rumah (56/4).

- c. Visualisasi *Current State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pakubuwono Residence tersaji pada gambar berikut.



Keterangan:

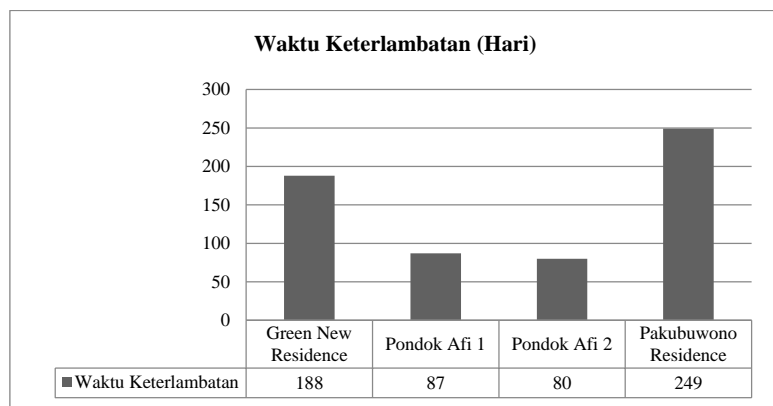
1. Total *Lead Time* = $CT + Delay = 255 + 54 = 309$ Hari untuk 21 Unit Rumah
2. *Waste* O=Overproduction, I=Inventory, D=Defect, M=Motion, T=Transportation, P=Processing, W=Waiting

Gambar 21. *Current State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Pakubuwono Residence

Gambar 21 menunjukkan bahwa *total lead time* (*cycle time + delay/waiting time*) untuk menyelesaikan 21 unit rumah oleh empat kontraktor adalah 309 hari. Alhasil, untuk menyelesaikan per unit rumah, dibutuhkan waktu rata-rata 14,7 hari ($309/21$) oleh kontraktor di perumahan Pakubuwono Residence.

Berdasarkan analisis *Current State Map*, bisa disimpulkan bahwa telah terjadi keterlambatan penyelesaian pekerjaan pada tiap-tiap perumahan. Untuk perumahan Green New Residence, membutuhkan waktu 248 hari (*total lead time*) untuk menyelesaikan 35 (tiga puluh lima) unit rumah, yang merupakan penggabungan *total cycle time* dan *delay*. Artinya, waktu ini tidak sesuai dengan SPK selama 60 hari, yang berarti terjadi keterlambatan selama 188 hari (248-60). Untuk perumahan Pondok Afi 1, membutuhkan waktu 147 hari untuk 17 (tujuh belas) unit rumah, dengan waktu keterlambatan 87 hari (147-60). Sementara itu, untuk perumahan Pondok Afi 2, membutuhkan waktu 140 hari untuk 26 unit rumah, dengan waktu keterlambatan 80 hari (140-60), dan perumahan Pakubuwono Residence, merupakan perumahan dengan waktu penyelesaian terlama, yaitu 309 hari untuk 21 unit rumah, dengan waktu keterlambatan 249 hari (309-60).

Secara grafis, waktu keterlambatan proses pembangunan rumah dapat dilihat pada Gambar 22 berikut:



Gambar 22. Waktu Keterlambatan Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, Pakubuwono Residence (Diolah, 2019)

Dari Gambar 22 tampak bahwa semua perumahan (perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2 dan Pakubuwono Residence) mengalami keterlambatan penyelesaian dengan waktu keterlambatan yang berbeda-beda. Untuk perumahan Pakubuwono Residence, memiliki waktu keterlambatan paling tinggi yaitu 249 hari, sedangkan perumahan Pondok Afi 2 memiliki waktu keterlambatan yang paling rendah yaitu 80 hari keterlambatan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perumahan Pondok Afi 2 adalah yang paling mendekati kesesuaian dengan *Customer Demand* (SPK).

Dengan terjadinya keterlambatan penyelesaian pada keempat perumahan tersebut, dapat disimpulkan banyak sumber daya yang terbuang selama proses pembangunan rumah yang dilakukan oleh kontraktor. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya-upaya untuk mengatasi masalah *waste* yang terjadi, melalui pengukuran (*assessment*) *waste* yang tepat, sehingga dapat diketahui langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengatasi *waste* secara keseluruhan.

2. Identifikasi Waste Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Untuk melakukan identifikasi *waste*, terlebih dahulu dilakukan telaah literatur mengenai definisi tujuh *waste* yang paling berpengaruh dalam suatu proses yaitu *Overproduction*, *Inventory*, *Defect*, *Motion*, *Transportation*, *Processing* dan *Waiting*. Setelah itu, dilakukan analisis secara deskriptif didukung hasil wawancara (*brainstorming*) dengan mandor dan pengawas lapangan.

Adapun jenis-jenis ketujuh *waste* di atas untuk tiap-tiap pekerjaan ada pada tabel berikut.

Tabel 24. Jenis-Jenis Waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing dan Waiting Pada Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

No	Pekerjaan	Overproduction (O)	Inventory (I)	Defect (D)	Motion (M)	Transportation (T)	Processing (P)	Waiting (W)
1	Galian Tanah	-	Penumpukan tanah bekas galian di beberapa sudut yang membuat lokasi proyek tidak tertata dengan rapi	<ul style="list-style-type: none"> Galian tanah untuk pondasi miring & tidak siku. Ke dalam galian untuk <i>septitanak</i> hanya 1 m (seharusnya 2 m) Dinding <i>septitanak</i> tidak diplexer 	Gerakan pekerja lamban untuk mengali tanah dan membuat <i>septitanak</i>	Pemindahan tanah bekas galian ke tempat lain ditambah karena jumlah gerobak kurang	Tidak dilakukan pengukuran dengan baik untuk melakukan galian tanah pondasi & <i>septitanak</i> .	Pekerja menunggu arahan kerja galian tanah dari mandor.
2	Pondasi & <i>slab</i>	<ul style="list-style-type: none"> Potongan besi untuk <i>slab</i> banyak yang terbuang Adukan semen, pasir dan kerikil untuk pasangan pondasi yang terbuang 	Penumpukan material pondasi & <i>slab</i> yang tidak tertata rapi: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Semen di dalam gudang; ✓ Pasir, kerikil, batako di luar gudang. 	<ul style="list-style-type: none"> Pondasi & <i>slab</i> miring Ke dalam pondasi hanya 40 cm 	Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP saat bekerja	Pemindahan material pondasi & <i>slab</i> (batako, semen, pasir, kerikil, besi) ditambah karena jumlah gerobak dan pekerja logistik tidak ada	<ul style="list-style-type: none"> Tidak dilakukan pengukuran panjang pondasi & <i>slab</i>. Menggunakan material besi yang sudah karatan. Teknik mencampur semen, pasir & kerikil yang salah. Menggunakan material batako untuk pondasi 	<ul style="list-style-type: none"> Pekerja menunggu arahan kerja pondasi & <i>slab</i> dari mandor. Pekerja menunggu material pondasi & <i>slab</i> penyiripanan

Tabel 24. Jenis-Jenis Waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, dan Transportation, Processing dan Waiting Pada Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*) (Lanjutan)

No	Pekerjaan	Overproduction (O)	Inventory (I)	Defect (D)	Motion (M)	Transportation (T)	Processing (P)	Waiting (W)
3	Dinding	<ul style="list-style-type: none"> • Adukan semen & pasir untuk pasang batako yang terbuang. • Potongan besi untuk tiang/kolom dinding banyak yang terbuang. 	<p>Penumpukan material dinding yang tidak tertata rapi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Semen di dalam gudang. ✓ Pasir, batako, besi, kerikil di luar gudang. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dinding miring & tidak siku 	<p>Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP saat bekerja</p>	<p>Pemindahan material dinding (batako, semen, pasir, kerikil, besi) terhambat karena jumlah gerobak dan pekerja logistik tidak ada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak membuat <i>waterpas</i> agar lurus dan rata dindingnya. • Tidak menggunakan siku untuk popok ruangan agar tidak miring. • Tidak dilakukan pengukuran dengan akurat untuk membuat tiang/kolom dinding. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerja menunggu arahan kerja dari dinding dari mandor. • Pekerja menunggu material dinding dari gudang penyimpanan
4	Pemasangan Atap	-	<p>Penumpukan material atap baja ringan yang tidak tertata rapi di luar gudang</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Miring 	<p>Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP saat bekerja</p>	<p>Pemindahan material atap baja ringan terhambat karena jumlah gerobak dan pekerja logistik tidak ada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak menggunakan siku 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerja menunggu arahan kerja atap baja ringan dari mandor. • Pekerja menunggu material atap baja ringan dari gudang penyimpanan

Tabel 24. Jenis-Jenis Waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing dan Waiting Pada Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*) (Lanjutan)

No	Pekerjaan	Overproduction (O)	Inventory (I)	Defect (D)	Motion (M)	Transportation (T)	Processing (P)	Waiting (W)
5	Pemasangan Plafon	Potongan kayu kaso dan triplek untuk plafon yang terbuang.	Penumpukan material plafon yang tidak tertata rapi, seperti kaso 4x6, triplek, paku2 di dalam gudang.	Plafon berlubang	Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP saat bekerja	Pemindahan material plafon (kayu kaso dan triplek) terhambat karena jumlah gerobak dan pekerja logistik tidak ada	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak dilakukan pengukuran secara akurat terhadap kaso dan triplek yang akan digunakan. • Tidak menggunakan <i>compass</i> untuk nat plafon. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerja menunggu arahan kerja plafon dari mandor. • Pekerja menunggu material plafon dari gudang penyimpanan
6	Plester & Acian	Adukan semen & pasir yang terbuang.	Penumpukan material plester & acian yang tidak tertata rapi: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Semen di dalam gudang. ✓ Pasir di luar gudang. 	Retak	Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP saat bekerja	Pemindahan material plester dan acian (semen & pasir) terhambat karena jumlah gerobak dan pekerja logistik tidak ada	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak membuat <i>waterpass</i> agar tidak miring. • Teknik membuat adukan semen & pasir yang salah. • Membuat acian dengan komposisi semen dan air yang salah. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerja menunggu arahan kerja plester & acian dari mandor. • Pekerja menunggu material plester & acian dari gudang penyimpanan

Tabel 24. Jenis-Jenis Waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing dan Waiting Pada Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (Low Cost Housing) (Lanjutan)

No	Pekerjaan	Overproduction (O)	Inventory (I)	Defect (D)	Motion (M)	Transportation (T)	Processing (P)	Waiting (W)
7	Pemasangan Keramik	Adukan semen & pasir untuk pasang keramik yang terbuang	Penumpukan material pemasangan keramik yang tidak tertata rapi: ✓ Semen & keramik 30x30 di dalam gudang. ✓ Pasir di luar gudang.	<ul style="list-style-type: none"> • Keramik pecah • Keramik terangkat 	Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP saat bekerja	Pemindahan material keramik (keramik tidak direndam terlebih dahulu. • Tidak menggunakan <i>material</i> untuk meratakan ubin. • Tidak dilakukan pengisian nat secara merata.	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerja menunggu arahan kerja pemasangan keramik dan mandor. • Pekerja menunggu material pemasangan keramik dari gudang penyimpanan 	
8	Pemasangan Pintu & Jendela	-	Penumpukan kusen dan daun pintu & jendela kayu serta aksesorisnya di dalam gudang yang tidak tertata rapi	<ul style="list-style-type: none"> • Pintu dan jendela kayu secret • Pintu dan jendela miring • Aksesoris pintu & jendela rusak 	Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP saat bekerja	Pemindahan kusen dan daun pintu & jendela kayu ditambah karena jumlah gerobak dan pekerja logistik tidak ada	Pemasangan kusen pintu dan jendela tidak menggunakan <i>material</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerja menunggu arahan kerja pemasangan pintu & jendela dari mandor. • Pekerja menunggu kusen dan daun pintu & jendela dan gudang penyimpanan

Tabel 24. Jenis-Jenis Waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, dan Transportation, Processing dan Waiting Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*) (Lanjutan)

No	Pekerjaan	Overproduction (O)	Inventory (I)	Defect (D)	Motion (M)	Transportation (T)	Processing (P)	Waiting (W)
9	Cat & Instalasi	-	Penumpukan material cat, kabel listrik, NCB, dll) di dalam gudang yang tidak tertata rapi	<ul style="list-style-type: none"> Cat mengelupas dan melembung. Cat terdapat bercak air. Pemasangan stopkontak, saklar yang tidak rapi. 	Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP	Pemindahan material cat & instalasi (cat, kabel, stop kontak, NCB, dll) terhambat karena jumlah gerobak dan pekerja logistik tidak ada	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pengecatan ulang dengan durasi waktu yang cepat. Tembok tidak dibersihkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengecatan. Tidak menggunakan pipa listrik untuk tanam kabel dalam tembok. 	<ul style="list-style-type: none"> Pekerja menunggu arahan kerja pengecatan & instalasi dari mandor. Pekerja menunggu material cat & instalasi dari gudang penyimpanan
10	Finishing (Perkerasan halaman depan rumah)	<ul style="list-style-type: none"> Adukan semen & pasir untuk perkerasan halaman depan rumah yang terbuang. 	Penumpukan <i>material finishing</i> (semen & pasir) di dalam gudang yang tidak tertata rapi	Perkerasan halaman tidak rapi	Pekerja beristirahat terlalu lama, main HP	Pemindahan <i>material finishing</i> (semen & pasir) terhambat karena jumlah gerobak dan pekerja logistik tidak ada	<ul style="list-style-type: none"> Tebrik mencampur semen & pasir yang salah 	<ul style="list-style-type: none"> Pekerja menunggu arahan pekerjaan <i>finishing</i> dari mandor. Pekerja menunggu material perkerasan untuk halaman (semen dan pasir) dari gudang penyimpanan

Sesuai Tabel 24, terlihat bahwa nyaris seluruh pekerjaan terjadi *waste* (*Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing, Waiting*) dalam proses pelaksanaan pembangunan rumah di perumahan sederhana. Namun, sesuai hasil temuan di lapangan, ada juga beberapa pekerjaan yang tidak ada *waste Overproduction* (O), yakni pekerjaan galian tanah dan *septictank*, pekerjaan pemasangan atap, pekerjaan pemasangan pintu dan jendela serta pekerjaan cat dan instalasi.

3. Assessment Waste Menggunakan Waste Assessment Model (WAM)

Dengan mengacu pada hasil visualisasi peta kondisi awal (*Current State Map*) proses pembangunan rumah di empat perumahan serta temuan *waste*, maka dilakukan *assessment* terhadap masing-masing *waste Overproduction* (O), *Inventory* (I), *Defect* (D), *Motion* (M) *Transportation* (T), *Processing* (P), *Waiting* (W) di masing-masing pekerjaan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan *waste* secara lebih terperinci, sehingga bisa dilakukan tindakan pencegahan dan eliminasi/reduksi terhadap *waste* pada proses pembangunan rumah di perumahan sederhana. *Assessment waste* ini dilakukan pada seluruh pekerjaan, mencakup pekerjaan galian tanah dan *septictank*, pondasi dan *sloof*, dinding, atap, plafon, plester dan acian, keramik, pemasangan pintu dan jendela, cat dan instalasi, serta pekerjaan *finishing*. Adapun metode yang digunakan adalah *Waste Assessment Model* (WAM) yang terdiri dari *Seven Waste Relationship* (SWR), *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ).

Berikut disampaikan hasil *assessment waste* sesuai *Waste Assessment Model* (WAM) untuk tiap-tiap pekerjaan pembangunan rumah di perumahan sederhana.

a. Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Berdasarkan hasil wawancara (*brainstorming*) dan pengamatan di lokasi proyek, maka diperoleh hasil SWR pekerjaan galian tanah dan *septictank* di antaranya:

Tabel 25. Penjelasan SWR Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

No	Symbol	Penjelasan
1	O_I	-
2	O_D	-
3	O_M	-
4	O_T	-
5	O_W	-
6	I_O	-
7	I_D	Penumpukan material menyebabkan kerusakan pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i>
8	I_M	Penumpukan material menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material pembuatan <i>septictank</i> (semen, pasir dan batako) yang tinggi menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
10	D_O	-
11	D_I	Kerusakan hasil pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> berakibat pada peningkatan penumpukan material di gudang penyimpanan
12	D_M	Kerusakan hasil pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan hasil pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.

No	Simbol	Penjelasan
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material <i>septictank</i> di gudang penyimpanan
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i>
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
19	T_O	-
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan menyebabkan penumpukan material di gudang penyimpanan
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i>
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
24	P_O	-
25	P_I	Proses pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i>
27	P_M	Proses pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)

No	Simbol	Penjelasan
28	P_W	Proses pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i> tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	-
30	W_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
31	W_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan galian tanah dan <i>septictank</i>

Dari Tabel 25 tersebut kemudian diberikan bobot dan ditabulasi ke dalam Tabel 25 berikut ini.

Tabel 26. Skor dan Tingkat Keterkaitan Waste Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	0	X
2	O_D	0	X
3	O_M	0	X
4	O_T	0	X
5	O_W	0	X
6	I_O	0	X
7	I_D	4	U
8	I_M	2	U
9	I_T	4	U
10	D_O	0	X
11	D_I	6	O
12	D_M	8	O
13	D_T	4	U
14	D_W	2	U
15	M_I	9	I
16	M_D	9	I
17	M_W	11	I

18	M_P	7	O
19	T_O	0	X
20	T_I	13	E
21	T_D	7	O
22	T_M	7	O
23	T_W	15	E
24	P_O	0	X
25	P_I	4	U
26	P_D	14	E
27	P_M	4	U
28	P_W	4	U
29	W_O	0	X
30	W_I	6	O
31	W_D	4	U

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important),
I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4
(Unimportant),
X=0 (No Relation) (Rawabdeh, 2005)

2) *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Tingkat hubungan *waste* pada tabel di atas kemudian dibuat ke dalam bentuk *Waste Relationship Matrix* (WRM) yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 23 berikut.

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	A	X	X	X	X	X	X
I	X	A	O	I	E	U	O
D	X	U	A	I	O	E	U
M	X	U	O	A	O	U	X
T	X	U	U	X	A	X	X
P	X	X	X	O	X	A	X
W	X	X	U	I	E	U	A

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important,
O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation
(Rawabdeh, 2005).

Gambar 23. WRM Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

Langkah berikutnya yaitu menyederhanakan matriks pada Gambar 23 dengan mengonversikan ke dalam bentuk angka. Hasil konversi ini diberi nama *Waste Matrix Values* seperti dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 27. *Waste Matrix Value* Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	0	0	0	0	0	0	10	6,49
I	0	10	4	6	8	2	4	34	22,08
D	0	2	10	6	4	8	2	32	20,78
M	0	2	4	10	4	2	0	22	14,29
T	0	2	2	0	10	0	0	14	9,09
P	0	0	0	4	0	10	0	14	9,09
W	0	0	2	6	8	2	10	28	18,18
Total	10	16	22	32	34	24	16	154	100
%	6,49	10,39	14,29	20,78	22,08	15,58	10,39	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Berdasarkan Tabel 27, diketahui bahwa *waste "From"* terbesar adalah *Inventory* (22,08%) dan terkecil adalah *Overproduction* (6,49%). Sedangkan *waste "To"* terbesar adalah *Transportation* (22,08%) dan terkecil yakni *Overproduction* (6,49%). Berikutnya, dilakukan metode *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) untuk mendapatkan *ranking waste* pada pekerjaan galian tanah dan *septictank*.

3) *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ)

Berdasarkan jawaban dari mandor dan pengawas lapangan di empat perumahan sederhana, diperoleh hasil sebagaimana dirangkum pada Tabel 27 berikut:

Tabel 27. Waste Assessment Questionnaire WAQ (Modifikasi Berdasarkan Rawabdeh, 2005)

No	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata-Rata
1	Apakah pihak mandor sering melakukan pemindahan pekerja konstruksi untuk semua pekerjaan sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua pekerja?	<i>To Motion</i>	0,46
2	Apakah mandor menetapkan standar untuk jumlah waktu dan kualitas produk rumah yang ditargetkan dalam produksi?	<i>From Motion</i>	0,17
3	Apakah pengawasan untuk pekerjaan shift malam (lembur) sudah cukup?	<i>From Defects</i>	0,08
4	Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja?	<i>From Motion</i>	0,25
5	Apakah ada program pelatihan untuk pekerja konstruksi?	<i>From Motion</i>	0,00
6	Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya?	<i>From Defects</i>	0,38
...	
68	Apakah hasil <i>quality control</i> , uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	<i>From Defect Method</i>	0,08

Nilai WAQ pada tabel tersebut akan dijadikan sebagai acuan dalam perhitungan *Waste Assessment Model* (WAM) berikutnya, dan berlaku untuk semua pekerjaan. Adapun langkah-langkah dalam *WAM* yang dimaksud adalah:

- a) Memberikan bobot untuk tiap pertanyaan kuesioner berdasarkan *Waste Relationship Matrix*.

Tabel 28. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner erdasarkan WRM Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0	6	6	10	0	4	6
2		<i>From Motion</i>	0	2	4	10	4	2	0
3		<i>From Defects</i>	0	2	10	6	4	8	2
4		<i>From Motion</i>	0	2	4	10	4	2	0
5		<i>From Motion</i>	0	2	4	10	4	2	0
6		<i>From Defects</i>	0	2	10	6	4	8	2
...									
67	<i>Metode</i>	<i>From Process</i>	0	0	0	4	0	10	0
68		<i>From Defect</i>	0	2	10	6	4	8	2
Total Skor			30	220	288	388	266	220	256

- b) Membagi setiap bobot dalam satu baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan (N_i) dan menghitung total skor (s_j) dan frekuensi (f_j) dengan mengabaikan nilai 0 seperti tabel berikut:

Tabel 29. Bobot Pertanyaan Dibagi N_i Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	N_i	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (W_{jk})						
				$W_{o.k}$	$W_{i.k}$	$W_{d.k}$	$W_{m.k}$	$W_{t.k}$	$W_{p.k}$	$W_{w.k}$
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	9	0,00	0,67	0,67	1,11	0,00	0,44	0,67
2		<i>From Motion</i>	11	0,00	0,18	0,36	0,91	0,36	0,18	0,00
3		<i>From Defects</i>	8	0,00	0,25	1,25	0,75	0,50	1,00	0,25
4		<i>From Motion</i>	11	0,00	0,18	0,36	0,91	0,36	0,18	0,00
5		<i>From Motion</i>	11	0,00	0,18	0,36	0,91	0,36	0,18	0,00
6		<i>From Defects</i>	8	0,00	0,25	1,25	0,75	0,50	1,00	0,25
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	7	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	1,43	0,00
68		<i>From Defects</i>	8	0,00	0,25	1,25	0,75	0,50	1,00	0,25
Total Skor (s_j)				10,00	38,00	44,00	50,00	46,00	28,00	42,00
Total Frekuensi (f_j)				65	50	59	56	44	49	44

- c) Memasukkan hasil skor kuesioner ke dalam tiap bobot nilai dengan cara mengalikannya dan menghitung total skor (Sj) dan frekuensi (Fj) dengan mengabaikan nilai 0 sebagaimana tabel berikut:

Tabel 30. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner WAQ Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata- Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0,46	0,00	0,31	0,31	0,51	0,00	0,20	0,31
2		<i>From Motion</i>	0,17	0,00	0,03	0,06	0,15	0,06	0,03	0,00
3		<i>From Defects</i>	0,08	0,00	0,02	0,10	0,06	0,04	0,08	0,02
4		<i>From Motion</i>	0,25	0,00	0,05	0,09	0,23	0,09	0,05	0,00
5		<i>From Motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		<i>From Defects</i>	0,38	0,00	0,09	0,47	0,28	0,19	0,38	0,09
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	0,21	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,30	0,00
68		<i>From Defects</i>	0,08	0,00	0,02	0,10	0,06	0,04	0,08	0,02
Total Skor (Sj)				3,75	13,44	15,08	16,34	16,49	8,38	14,17
Total Frekuensi (Fj)				65	48	56	55	42	47	43

- d) Menghitung indikator awal untuk setiap *waste* (Yj). Indikator ini hanya berupa angka, yang masih belum merepresentasikan bahwa tiap jenis *waste* dipengaruhi jenis *waste* lainnya.

$$Y_j = \frac{sj}{S_j} \times \frac{fj}{F_j} \quad \text{untuk tiap jenis } waste \text{ (1)}$$

- e) Menghitung nilai final *waste* faktor (Yj final) dengan mengalikan indikator awal dengan faktor probabilitas pengaruh antar jenis *waste* (Pj) berdasarkan total “*From*” dan

“*To*”. P_j didapatkan dengan mengalikan persentase “*From*” dan “*To*” pada *Waste Matrix Value* untuk setiap jenis *waste*.

$$Y_j \text{ final} = Y_j \times P_j = (s_j/S_j \times f_j/F_j) \times P_j \quad \text{untuk tiap jenis waste (2)}$$

Hasil Y_j final untuk pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank* seperti Tabel 4.19.

Tabel 31. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Y_j	2,67	2,95	3,07	3,11	2,92	3,48	3,03
P_j Faktor	0,00	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02
Y_j Final	0,01	0,07	0,09	0,09	0,06	0,05	0,06
Hasil Akhir (%)	2,63	15,80	21,33	21,62	13,71	11,53	13,39
<i>Ranking</i>	7	3	2	1	4	6	5

Berdasarkan hasil perhitungan WAM pekerjaan galian tanah dan *septictank* pada Tabel 31, diketahui bahwa *waste Motion* menempati *ranking* pertama (21,62 %), diikuti *Defect* (21,33%) *Inventory* (15,80%), *Transportation* (13,71%), *Waiting* (13,39%), *Processing* (11,53%) dan terakhir *Overproduction* (2,63%). Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan, bahwa untuk pekerjaan galian tanah dan *septictank*, tidak/minim terjadi *waste Overproduction*.

Seluruh tahapan penentuan *Seven Waste Relationship* (SWR), *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) dan *Waste Assessment Model* (WAM) pada pekerjaan galian tanah dan *septictank* di atas, juga diterapkan pada pekerjaan berikutnya (pekerjaan pondasi dan *sloof* hingga pekerjaan *finishing*). Sehingga, untuk uraian berikut, hanya akan menampilkan Tabel-Tabel hasil penentuan dan

perhitungan SWR, WAQ dan WAM untuk masing-masing pekerjaan.

b. Pekerjaan Pondasi dan *Sloof*

1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Tabel 32. Penjelasan SWR Pekerjaan Pondasi dan *Sloof*

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	Banyaknya potongan besi, kayu dan material hasil pembuatan pondasi dan <i>sloof</i> , meningkatkan penumpukan material
2	O_D	Banyaknya potongan besi, kayu dan material hasil pembuatan pondasi dan <i>sloof</i> dapat menyebabkan kerusakan pekerjaan.
3	O_M	Banyaknya potongan besi, kayu dan material hasil pembuatan pondasi dan <i>sloof</i> menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (merokok, mengobrol, dsb.).
4	O_T	Banyaknya potongan besi, kayu dan material hasil pembuatan pondasi dan <i>sloof</i> mengakibatkan lebih banyak transportasi (memindahkan) material pondasi dan <i>sloof</i> ,
5	O_W	Banyaknya potongan besi, kayu dan material hasil pembuatan pondasi dan <i>sloof</i> dapat menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
6	I_O	Penumpukan material pembuatan pondasi dan <i>sloof</i> (semen, pasir, kerikil, besi) yang tinggi mendorong pekerja membuat pondasi dan <i>sloof</i> melebihi yang diperlukan.
7	I_D	Penumpukan material pondasi dan <i>sloof</i> menyebabkan kerusakan pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i>
8	I_M	Penumpukan material pondasi dan <i>sloof</i> menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material pondasi dan <i>sloof</i> (semen, pasir dan batako) yang tinggi menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan

No	Simbol	Penjelasan
10	D_O	Kerusakan pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> mendorong pekerja membuat pondasi dan <i>sloof</i> melebihi yang diperlukan.
11	D_I	Kerusakan pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> berakibat pada penumpukan material di gudang penyimpanan
12	D_M	Kerusakan pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material.
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material pondasi dan <i>sloof</i> di gudang penyimpanan
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i>
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material pondasi dan <i>sloof</i> yang datang dari gudang penyimpanan.
19	T_O	Tingginya transportasi (pemindahan) material pondasi dan <i>sloof</i> dari gudang penyimpanan menyebabkan mendorong pekerja membuat pondasi dan <i>sloof</i> melebihi yang diperlukan.
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pondasi dan <i>sloof</i> dari gudang penyimpanan menyebabkan penumpukan material di gudang penyimpanan
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pondasi dan <i>sloof</i> dari gudang penyimpanan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pondasi

No	Simbol	Penjelasan
		dan <i>sloof</i> dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
No	Simbol	Penjelasan
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pondasi dan <i>sloof</i> dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
24	P_O	proses pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> tidak sesuai spesifikasi berdampak pada pekerja membuat pondasi dan <i>sloof</i> melebihi yang diperlukan.
25	P_I	Proses pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i>
27	P_M	Proses pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i> tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan pekerja membuat pondasi dan <i>sloof</i> melebihi yang diperlukan.
30	W_I	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
31	W_D	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan pondasi dan <i>sloof</i>

Dari tabel tersebut, lalu dibuat skor sebagaimana terangkum pada tabel berikut:

Tabel 33. Skor dan Tingkat Keterkaitan Waste Pekerjaan Pondasi dan Sloof

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	13	E
2	O_D	17	A
3	O_M	16	E
4	O_T	9	I
5	O_W	14	E
6	I_O	6	O
7	I_D	14	E
8	I_M	12	I
9	I_T	16	E
10	D_O	20	A
11	D_I	13	E
12	D_M	15	E
13	D_T	11	I
14	D_W	16	E
15	M_I	3	U
16	M_D	12	I
17	M_W	16	E
18	M_P	15	E
19	T_O	9	I
20	T_I	8	O
21	T_D	3	U
22	T_M	10	I
23	T_W	10	I
24	P_O	20	A
25	P_I	7	O
26	P_D	18	A
27	P_M	9	I
28	P_W	18	A
29	W_O	14	E
30	W_I	7	O
31	W_D	16	E

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important),
 I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4
 (Unimportant),
 X=0 (No Relation)

2) *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Tingkat hubungan *waste* pada tabel di atas lalu dibuat ke dalam bentuk *Waste Relationship Matrix* (WRM) bisa ditilik pada gambar berikut.

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	A	O	A	X	I	A	E
I	E	A	E	U	O	O	O
D	A	E	A	I	U	A	E
M	E	I	E	A	I	I	X
T	I	E	I	X	A	X	X
P	X	X	X	E	X	A	X
W	E	X	E	E	I	A	A

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important, O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation

Gambar 24. WRM Pekerjaan Pondasi dan Sloof

Selanjutnya, hasil WRM pada Gambar 24 dikonversikan ke dalam bentuk angka (*Waste Matrix Values*) seperti dapat dilihat pada Tabel 34.

Tabel 34. Waste Matrix Value Pekerjaan Pondasi dan Sloof

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	4	10	0	6	10	8	48	16,90
I	8	10	8	2	4	4	4	40	14,08
D	10	8	10	6	2	10	8	54	19,01
M	8	6	8	10	6	6	0	44	15,49
T	6	8	6	0	10	0	0	30	10,56
P	0	0	0	8	0	10	0	18	6,34
W	8	0	8	8	6	10	10	50	17,61
Total	50	36	50	34	34	50	30	284	100,00
%	17,61	12,68	17,61	11,97	11,97	17,61	10,56	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Dari Tabel 34 diketahui bahwa *waste* “From” terbesar adalah *Defect* (19,01%), dan terkecil adalah *Processing* (6,34%). Sementara itu, untuk *waste* “To” terbesar adalah *Overproduction*, *Defect*, dan *Processing* (17,61%), dan terkecil adalah *Waiting* (10,56%). Berdasarkan hasil *Waste Matrix Value* di atas, dilakukan metode *Waste Assessment Questionnaire* (nilai WAQ sama dengan pekerjaan galian tanah dan *septic tank*) kemudian dilanjutkan dengan penentuan *Waste Assessment Model* (WAM) pekerjaan pondasi dan *sloof*.

- 3) *Waste Assessment Model* (WAM)
- a) Bobot untuk tiap pertanyaan kuesioner berdasarkan *Waste Relationship Matrix*

Tabel 35. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pondasi dan Sloof

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0	2	6	10	0	8	8
2		<i>From Motion</i>	8	6	8	10	6	6	0
3		<i>From Defects</i>	10	8	10	6	2	10	8
4		<i>From Motion</i>	8	6	8	10	6	6	0
5		<i>From Motion</i>	8	6	8	10	6	6	0
6		<i>From Defects</i>	10	8	10	6	2	10	8
...									
63	<i>Method</i>	<i>From Motion</i>	8	6	8	10	6	6	0
64		<i>From Motion</i>	8	6	8	10	6	6	0
65		<i>From Motion</i>	8	6	8	10	6	6	0
66		<i>From Overproduction</i>	10	4	10	0	6	10	8
67		<i>From Process</i>	0	0	0	8	0	10	0
68		<i>From Defect</i>	10	8	10	6	2	10	8
Total Skor			432	316	474	430	266	422	364

b) Bobot awal pertanyaan dibagi Ni seperti tabel berikut:

Tabel 36. Bobot Awal Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pondasi dan Sloof

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	9	0,00	0,22	0,67	1,11	0,00	0,89	0,89
2		From Motion	11	0,73	0,55	0,73	0,91	0,55	0,55	0,00
3		From Defects	8	1,25	1,00	1,25	0,75	0,25	1,25	1,00
4		From Motion	11	0,73	0,55	0,73	0,91	0,55	0,55	0,00
5		From Motion	11	0,73	0,55	0,73	0,91	0,55	0,55	0,00
6		From Defects	8	1,25	1,00	1,25	0,75	0,25	1,25	1,00
...										
67	Method	From Process	7	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	1,43	0,00
68		From Defects	8	1,25	1,00	1,25	0,75	0,25	1,25	1,00
Total Skor (sj)				74,00	54,00	76,00	58,00	50,00	58,00	62,00
Total Frekuensi (fj)				52	53	61	56	47	53	46

c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner WAQ sebagaimana Tabel 37.

Tabel 37. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Pondasi dan Sloof

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata-Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	0,46	0,00	0,10	0,31	0,51	0,00	0,41	0,41
2		From Motion	0,17	0,12	0,09	0,12	0,15	0,09	0,09	0,00
3		From Defects	0,08	0,10	0,08	0,10	0,06	0,02	0,10	0,08
4		From Motion	0,25	0,18	0,14	0,18	0,23	0,14	0,14	0,00
5		From Motion	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		From Defects	0,38	0,47	0,38	0,47	0,28	0,09	0,47	0,38
...										
67	Method	From Process	0,21	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,30	0,00
68		From Defects	0,08	0,10	0,08	0,10	0,06	0,02	0,10	0,08
Total Skor (Sj)				25,46	18,99	26,02	18,84	18,15	18,54	21,16
Total Frekuensi (Fj)				50	51	59	54	45	50	46

- d) Hasil perhitungan WAM pekerjaan Pondasi dan *Sloof* seperti Tabel 38.

Tabel 38. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Pondasi dan *Sloof*

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	3,02	2,96	3,02	3,19	2,88	3,32	2,93
Pj Faktor	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Yj Final	0,09	0,05	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
Hasil Akhir (%)	20,88	12,25	23,46	13,74	8,44	8,59	12,64
Ranking	2	5	1	3	7	6	4

Berdasarkan Tabel 38, untuk pekerjaan pondasi dan *sloof*, *waste Defect* menempati urutan tertinggi (23,46%), diikuti *Overproduction* (20,88%), *Motion* (13,74%) dan *Waiting* (12,64%), kemudian dilanjutkan dengan *Inventory* (12,25%), *Processing* (8,59%) dan *Transportation* (8,44%).

c. Pekerjaan Dinding

- 1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Tabel 39. Penjelasan SWR Pekerjaan Dinding

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	Bahan material pekerjaan dinding yang melebihi keperluan meningkatkan penumpukan material
2	O_D	Bahan material pekerjaan dinding yang melebihi keperluan dapat menyebabkan kerusakan pekerjaan.
3	O_M	Bahan material pekerjaan dinding yang melebihi keperluan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (merokok, mengobrol, dsb.).
4	O_T	Bahan material pekerjaan dinding yang melebihi keperluan mengakibatkan lebih banyak transportasi (memindahkan) material pondasi dan <i>sloof</i> ,
5	O_W	Bahan material pekerjaan dinding yang melebihi keperluan dapat menyebabkan pekerja menunggu arahan

No	Simbol	Penjelasan
		kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
6	I_O	Penumpukan material pekerjaan dinding mendorong pekerja membuat bahan pekerjaan dinding melebihi yang diperlukan.
7	I_D	Penumpukan material pekerjaan dinding menyebabkan kerusakan pekerjaan dinding
8	I_M	Penumpukan material pekerjaan dinding menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material pekerjaan dinding menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
10	D_O	Kerusakan pekerjaan dinding mendorong pekerja membuat bahan material dinding melebihi yang diperlukan.
11	D_I	Kerusakan pekerjaan dinding berakibat pada penumpukan material
12	D_M	Kerusakan pekerjaan dinding berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan pekerjaan dinding menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan dinding menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material.
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material dinding
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan pekerjaan dinding
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan dinding tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material dinding yang datang dari gudang penyimpanan.

No	Simbol	Penjelasan
19	T_O	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dinding dari gudang penyimpanan menyebabkan pekerja membuat bahan/material dinding melebihi yang diperlukan.
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dinding dari gudang penyimpanan menyebabkan penumpukan material di gudang penyimpanan
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dinding dari gudang penyimpanan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dinding dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material dinding dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
24	P_O	Proses pekerjaan dinding tidak sesuai spesifikasi berdampak pada pekerja membuat material dinding melebihi yang diperlukan.
25	P_I	Proses pekerjaan dinding tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan dinding tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan
27	P_M	Proses pekerjaan dinding tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan dinding tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan pekerja membuat bahan material dinding melebihi yang diperlukan.
30	W_I	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang

No	Simbol	Penjelasan
		penyimpanan berakibat pada meningkatnya penumpukan material dinding di gudang penyimpanan.
31	W_D	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan dinding

Dari Tabel 39, kemudian dibuat skor untuk mengetahui tingkat keterkaitan *waste* pekerjaan dinding. Hasil rekapitulasi skor ini ditabulasi pada tabel berikut.

Tabel 40. Skor dan Tingkat Keterkaitan Waste Pekerjaan Dinding

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	3	U
2	O_D	10	I
3	O_M	12	I
4	O_T	10	I
5	O_W	10	I
6	I_O	3	U
7	I_D	15	E
8	I_M	3	U
9	I_T	5	O
10	D_O	10	I
11	D_I	5	O
12	D_M	10	I
13	D_T	10	I
14	D_W	16	E
15	M_I	5	O
16	M_D	11	I
17	M_W	12	I
18	M_P	11	I
19	T_O	9	I
20	T_I	5	O
21	T_D	5	O
22	T_M	5	O
23	T_W	10	I

No	Type Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
24	P_O	14	E
25	P_I	6	O
26	P_D	18	A
27	P_M	4	U
28	P_W	17	A
29	W_O	16	E
30	W_I	5	O
31	W_D	16	E

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important),
 I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4
 (Unimportant), X=0 (No Relation)

2) Waste Relationship Matrix (WRM)

Berdasarkan tabel di atas, kemudian dibuat ke dalam *Waste Relationship Matrix* berikut.

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	A	U	I	X	I	E	E
I	U	A	O	O	O	O	O
D	I	E	A	I	O	A	E
M	I	U	I	A	O	U	X
T	I	O	I	X	A	X	X
P	X	X	X	I	X	A	X
W	I	X	E	I	I	A	A

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important,
 O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation

Gambar 25. WRM Pekerjaan Dinding

Berdasarkan SWR dan WRM dapat diketahui keterkaitan antar-*waste* yang dirangkum ke dalam *Waste Matrix Value* pekerjaan dinding berikut.

Tabel 41. Waste Matrix Value Pekerjaan Dinding

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	2	6	0	6	8	8	40	16,53
I	2	10	4	4	4	4	4	32	13,22
D	6	8	10	6	4	10	8	52	21,49
M	6	2	6	10	4	2	0	30	12,40
T	6	4	6	0	10	0	0	26	10,74
P	0	0	0	6	0	10	0	16	6,61
W	6	0	8	6	6	10	10	46	19,01
Total	36	26	40	32	34	44	30	242	100,00
%	14,88	10,74	16,53	13,22	14,05	18,18	12,40	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Sesuai dengan tabel tersebut, diketahui *waste* “From” terbesar adalah *Defect* (21,49%), dan terkecil yakni *Processing* (6,61%). Sedangkan *waste* “To” terbesar adalah *Processing* (18,18%) dan terkecil *Inventory* (10,74%). Nilai-nilai pada *Waste Matrix Value* dijadikan dasar untuk perhitungan *Waste Assessment Model* (WAM) berikutnya.

3) *Waste Assessment Model* (WAM)

a) Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM

Tabel 42. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Dinding

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0	4	6	10	0	6	6
2		<i>From Motion</i>	6	2	6	10	4	2	0
3		<i>From Defects</i>	6	8	10	6	4	10	8
4		<i>From Motion</i>	6	2	6	10	4	2	0
5		<i>From Motion</i>	6	2	6	10	4	2	0
6		<i>From Defects</i>	6	8	10	6	4	10	8
...									
63	<i>Method</i>	<i>From Motion</i>	6	2	6	10	4	2	0
64		<i>From Motion</i>	6	2	6	10	4	2	0

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
65		<i>From Motion</i>	6	2	6	10	4	2	0
66		<i>From Overproduction</i>	10	2	6	0	6	8	8
67		<i>From Process</i>	0	0	0	6	0	10	0
68		<i>From Defect</i>	6	8	10	6	4	10	8
Total Skor			310	252	422	398	260	354	346

b) Bobot awal pertanyaan dibagi Ni

Tabel 43. Bobot Awal Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Dinding

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	9	0,00	0,44	0,67	1,11	0,00	0,67	0,67
2		<i>From Motion</i>	11	0,55	0,18	0,55	0,91	0,36	0,18	0,00
3		<i>From Defects</i>	8	0,75	1,00	1,25	0,75	0,50	1,25	1,00
4		<i>From Motion</i>	11	0,55	0,18	0,55	0,91	0,36	0,18	0,00
5		<i>From Motion</i>	11	0,55	0,18	0,55	0,91	0,36	0,18	0,00
6		<i>From Defects</i>	8	0,75	1,00	1,25	0,75	0,50	1,25	1,00
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	7	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	1,43	0,00
68		<i>From Defects</i>	8	0,75	1,00	1,25	0,75	0,50	1,25	1,00
		56,00	42,00	68,00	52,00	50,00	50,00	60,00		
		52	53	61	56	47	52	46		

c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner WAQ

Tabel 44. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Dinding

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata- Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0,46	0,00	0,20	0,31	0,51	0,00	0,31	0,31
2		<i>From Motion</i>	0,17	0,09	0,03	0,09	0,15	0,06	0,03	0,00
3		<i>From Defects</i>	0,08	0,06	0,08	0,10	0,06	0,04	0,10	0,08
4		<i>From Motion</i>	0,25	0,14	0,05	0,14	0,23	0,09	0,05	0,00
5		<i>From Motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		<i>From Defects</i>	0,38	0,28	0,38	0,47	0,28	0,19	0,47	0,38

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata- Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	0,21	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,30	0,00
68		<i>From Defects</i>	0,08	0,06	0,08	0,10	0,06	0,04	0,10	0,08
Total Skor (Sj)				19,45	14,63	23,32	16,89	18,19	15,90	20,46
Total Frekuensi (Fi)				50	51	59	54	46	50	46

d) Hasil Yj final untuk pekerjaan dinding seperti tabel berikut:

Tabel 45. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Dinding

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	2,99	2,98	3,02	3,19	2,81	3,27	2,93
Pj Faktor	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02
Yj Final	0,07	0,04	0,11	0,05	0,04	0,04	0,07
Hasil Akhir (%)	17,27	9,93	25,13	12,28	9,94	9,22	16,22
<i>Ranking</i>	2	6	1	4	5	7	3

Berdasarkan hasil perhitungan WAM Pekerjaan Dinding, *waste Defect* menempati *ranking* tertinggi (25,13%), diikuti *Overproduction* (17,27%) dan *Waiting* (15,22%), *waste Motion* (12,28%), *Transportation* (9,94%), *Inventory* (9,93%) dan terakhir *Processing* (9,22%).

d. Pekerjaan Pemasangan Atap

1) *Seven Waste Relationship* (SWR).

Tabel 46. Penjelasan SWR Pekerjaan Pemasangan Atap

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	-
2	O_D	-
3	O_M	-
4	O_T	-
5	O_W	-

No	Simbol	Penjelasan
6	I_O	-
7	I_D	Penumpukan material atap baja ringan menyebabkan kerusakan pekerjaan atap
8	I_M	Penumpukan material atap baja ringan menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material atap baja ringan menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
10	D_O	-
11	D_I	Kerusakan hasil pekerjaan atap berakibat pada peningkatan penumpukan material atap baja ringan
12	D_M	Kerusakan hasil pekerjaan atap berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan hasil pekerjaan atap menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material atap baja ringan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan atap menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material atap baja ringan.
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material atap baja ringan
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan atap
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan atap yang tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material atap baja ringan
19	T_O	-
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material atap baja ringan menyebabkan penumpukan material
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material atap baja ringan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan atap
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material atap baja ringan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material atap baja ringan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
24	P_O	-
25	P_I	Proses pekerjaan atap tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material atap baja ringan
26	P_D	Proses pekerjaan atap tidak sesuai spesifikasi berakibat pada

No	Simbol	Penjelasan
		kerusakan hasil pekerjaan atap
27	P_M	Proses pekerjaan atap tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan atap tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material atap baja ringan
29	W_O	-
30	W_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berakibat pada meningkatnya penumpukan material atap baja ringan
31	W_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan atap

Keterangan: Untuk Keterkaitan antara *waste Overproduction* dengan *waste* lain tidak ada, karena sesuai pengamatan, *waste Overproduction* tidak terjadi pada pekerjaan pemasangan atap.

Dari tabel tersebut kemudian diberikan bobot dan ditabulasi ke dalam tabel berikut.

Tabel 47. Skor dan Tingkat Keterkaitan Waste Pekerjaan Pemasangan Atap

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	0	X
2	O_D	0	X
3	O_M	0	X
4	O_T	0	X
5	O_W	0	X
6	I_O	0	X
7	I_D	9	I
8	I_M	12	I
9	I_T	10	I
10	D_O	0	X
11	D_I	0	X
12	D_M	13	E
13	D_T	0	X
14	D_W	10	I
15	M_I	6	O
16	M_D	14	E
17	M_W	15	E

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
18	M_P	7	O
19	T_O	0	X
20	T_I	0	X
21	T_D	2	U
22	T_M	2	U
23	T_W	5	O
24	P_O	0	X
25	P_I	3	U
26	P_D	18	A
27	P_M	15	E
28	P_W	11	I
29	W_O	0	X
30	W_I	10	I
31	W_D	18	A

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important), I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4 (Unimportant), X=0 (No Relation)

2) Waste Relationship Matrix (WRM)

Berdasarkan tabel tersebut, maka dibuat *Waste Relationship Matrix* pekerjaan atap seperti gambar berikut.

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	A	X	X	X	X	X	X
I	X	A	X	O	X	U	I
D	X	I	A	E	U	A	A
M	X	I	E	A	U	E	X
T	X	I	X	X	A	X	X
P	X	X	X	E	X	A	X
W	X	X	I	O	O	I	A

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important, O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation

Gambar 26. WRM Pekerjaan Pemasangan Atap

Dari SWR dan WRM pekerjaan atap, lalu dibuat *Waste Matrix Value* sebagaimana tabel berikut:

Tabel 48. Waste Matrix Value Pekerjaan Pemasangan Atap

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	0	0	0	0	0	0	10	5,68
I	0	10	0	4	0	2	6	22	12,50
D	0	6	10	8	2	10	10	46	26,14
M	0	6	8	10	2	8	0	34	19,32
T	0	6	0	0	10	0	0	16	9,09
P	0	0	0	8	0	10	0	18	10,23
W	0	0	6	4	4	6	10	30	17,05
Total	10	28	24	34	18	36	26	176	100
%	5,68	15,91	13,64	19,32	10,23	20,45	14,77	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Berdasarkan Tabel 48, diketahui bahwa *waste* “From” yang paling besar yakni *Defect* (26,14%) dan *Overproduction* (5,68%) untuk yang terkecil. Sedangkan, untuk *waste* “To” terbesar adalah *Processing* (20,45%) dan terkecil yakni *Overproduction* (5,68%). Nilai-nilai *Waste Matrix Value* lalu dijadikan acuan untuk penilaian *Waste Assessment Model* (WAM).

3) *Waste Assessment Model* (WAM)

a) Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM

Tabel 49. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pemasangan Atap

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0	4	8	10	0	8	4
2		<i>From Motion</i>	0	6	8	10	2	8	0
3		<i>From Defects</i>	0	6	10	8	2	10	10
4		<i>From Motion</i>	0	6	8	10	2	8	0
5		<i>From Motion</i>	0	6	8	10	2	8	0
6		<i>From Defects</i>	0	6	10	8	2	10	10
...									
63	<i>Method</i>	<i>From Motion</i>	0	6	8	10	2	8	0
64		<i>From Motion</i>	0	6	8	10	2	8	0
65		<i>From Motion</i>	0	6	8	10	2	8	0
66		<i>From</i>	10	0	0	0	0	0	0

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste							
			O	I	D	M	T	P	W	
		<i>Overproduction</i>								
67		<i>From Process</i>	0	0	0	8	0	10	0	
68		<i>From Defect</i>	0	6	10	8	2	10	10	
Total Skor			30	264	384	414	140	370	318	

b) Bobot pertanyaan dibagi Ni

Tabel 50. Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pemasangan Atap

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	<i>To Motion</i>	9	0,00	0,44	0,89	1,11	0,00	0,89	0,44
2		<i>From Motion</i>	11	0,00	0,55	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00
3		<i>From Defects</i>	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
4		<i>From Motion</i>	11	0,00	0,55	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00
5		<i>From Motion</i>	11	0,00	0,55	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00
6		<i>From Defects</i>	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
...										
67	Method	<i>From Process</i>	7	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	1,43	0,00
68		<i>From Defects</i>	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
Total Skor (s)				10,00	38,00	54,00	54,00	28,00	44,00	50,00
Total Frekuensi (f)				65	43	48	56	35	50	43

c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner

Tabel 51. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Pemasangan Atap

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata- Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	<i>To Motion</i>	0,46	0,00	0,20	0,41	0,51	0,00	0,41	0,20
2		<i>From Motion</i>	0,17	0,00	0,09	0,12	0,15	0,03	0,12	0,00
3		<i>From Defects</i>	0,08	0,00	0,06	0,10	0,08	0,02	0,10	0,10
4		<i>From Motion</i>	0,25	0,00	0,14	0,18	0,23	0,05	0,18	0,00
5		<i>From Motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata-Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
6		From Defects	0,38	0,00	0,28	0,47	0,38	0,09	0,47	0,47
...										
67	Method	From Process	0,21	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,30	0,00
68		From Defects	0,08	0,00	0,06	0,10	0,08	0,02	0,10	0,10
Total Skor (Sj)				3,75	12,88	17,69	17,35	10,52	13,43	16,57
Total Frekuensi (Fi)				65	42	47	54	32	47	43

d) Hasil Yj final untuk pekerjaan atap seperti tabel berikut:

Tabel 52. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Pemasangan Atap

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	2,67	3,02	3,12	3,23	2,91	3,48	3,02
Pj Faktor	0,00	0,02	0,04	0,04	0,01	0,02	0,03
Yj Final	0,01	0,06	0,11	0,12	0,03	0,07	0,08
Hasil Akhir (%)	1,81	12,62	23,34	25,29	5,68	15,31	15,96
Ranking	7	5	2	1	6	4	3

Pada Tabel 52, diketahui bahwa pekerjaan pemasangan atap, *ranking waste* yang paling tinggi adalah *Motion* (25,29%), lalu *Defect* (23,34%) dan *Waiting* (15,96%), *Processing* (15,31%), *Inventory* (12,62%), *Transportation* (5,68%) dan terakhir adalah *Overproduction* (1,81%).

e. Pekerjaan Pemasangan Plafon

1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Tabel 53. Penjelasan SWR Pekerjaan Pemasangan Plafon

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	Bahan material pekerjaan plafon yang melebihi keperluan meningkatkan penumpukan material

No	Simbol	Penjelasan
2	O_D	Bahan material pekerjaan plafon yang melebihi keperluan dapat menyebabkan kerusakan pekerjaan plafon
3	O_M	Bahan material pekerjaan plafon yang melebihi keperluan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (merokok, mengobrol, dsb.).
4	O_T	Bahan material pekerjaan plafon yang melebihi keperluan mengakibatkan lebih banyak transportasi (memindahkan) material plafon
5	O_W	Bahan material pekerjaan plafon yang melebihi keperluan dapat menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material plafon
6	I_O	Penumpukan material pekerjaan plafon mendorong pekerja membuat bahan pekerjaan plafon melebihi yang diperlukan.
7	I_D	Penumpukan material pekerjaan plafon menyebabkan kerusakan pekerjaan plafon
8	I_M	Penumpukan material pekerjaan plafon menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material pekerjaan plafon menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
10	D_O	Kerusakan pekerjaan plafon mendorong pekerja membuat bahan material plafon melebihi yang diperlukan.
11	D_I	Kerusakan pekerjaan plafon berakibat pada penumpukan material
12	D_M	Kerusakan pekerjaan plafon berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan pekerjaan plafon menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan plafon menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material plafon
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material plafon
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan pekerjaan plafon
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan plafon tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material plafon
19	T_O	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plafon menyebabkan pekerja membuat bahan/material plafon melebihi yang diperlukan.

No	Simbol	Penjelasan
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plafon dari gudang penyimpanan menyebabkan penumpukan material plafon
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plafon dari gudang penyimpanan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan plafon
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plafon dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plafon dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
24	P_O	Proses pekerjaan plafon tidak sesuai spesifikasi berdampak pada pekerja membuat material plafon melebihi yang diperlukan.
25	P_I	Proses pekerjaan plafon tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan plafon tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan
27	P_M	Proses pekerjaan plafon tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan plafon tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan pekerja membuat bahan material plafon melebihi yang diperlukan.
30	W_I	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan berakibat pada meningkatnya penumpukan material plafon di gudang penyimpanan.
31	W_D	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan plafon

Dari tabel tersebut kemudian diberikan bobot dan ditabulasi ke dalam tabel berikut.

Tabel 54. Skor dan Tingkat Keterkaitan Waste Pekerjaan Pemasangan Plafon

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	14	E
2	O_D	10	I
3	O_M	9	I
4	O_T	14	E
5	O_W	10	I
6	I_O	7	O
7	I_D	2	U
8	I_M	5	A
9	I_T	13	E
10	D_O	8	O
11	D_I	8	O
12	D_M	9	I
13	D_T	7	O
14	D_W	13	E
15	M_I	2	U
16	M_D	13	E
17	M_W	14	E
18	M_P	19	A
19	T_O	0	X
20	T_I	2	U
21	T_D	2	U
22	T_M	6	O
23	T_W	0	X
24	P_O	9	I
25	P_I	9	I
26	P_D	18	A
27	P_M	6	O
28	P_W	9	I
29	W_O	18	A
30	W_I	15	E
31	W_D	18	A

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important),
 I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4
 (Unimportant), X=0 (No Relation)

2) *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Berdasarkan skor dan tingkat keterkaitan antar-*waste* pada Tabel 55 di atas, kemudian dibuat *Waste Relationship Matrix* seperti Gambar 4-13 berikut.

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	A	O	O	X	X	I	A
I	E	A	O	U	U	I	E
D	I	U	A	E	U	A	A
M	I	O	I	A	O	O	X
T	E	E	O	X	A	X	X
P	X	X	X	A	X	A	X
W	I	X	E	E	X	I	A

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important, O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation

Gambar 27. WRM Pekerjaan Pemasangan Plafon

Dari Gambar WRM tersebut, lalu dikonversi ke dalam bentuk angka sehingga menghasilkan *Waste Matrix Value* seperti tabel berikut:

Tabel 55. Waste Matrix Value Pekerjaan Pemasangan Plafon

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	4	4	0	0	6	10	34	13,93
I	8	10	4	2	2	6	8	40	16,39
D	6	2	10	8	2	10	10	48	19,67
M	6	4	6	10	4	4	0	34	13,93
T	8	8	4	0	10	0	0	30	12,30
P	0	0	0	10	0	10	0	20	8,20
W	6	0	8	8	0	6	10	38	15,57
Total	44	28	36	38	18	42	38	244	100
%	18,03	11,48	14,75	15,57	7,38	17,21	15,57	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Pada Tabel 55, diketahui bahwa *waste* “From” tertinggi adalah *Defect* (19,67%) dan terkecil *Processing* (8,20%). Sedangkan untuk *waste* “To” tertinggi adalah *Overproduction* (18,03%) dan terkecil *Transportation* (7,38%).

Berdasarkan SWR dan WRM pekerjaan pemasangan plafon, kemudian dilanjutkan dengan menghitung *Waste Assessment Model* (WAM).

- 3) *Waste Assessment Model* (WAM)
 - a) Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM

Tabel 56. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pemasangan Plafon

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	0	2	8	10	0	10	8
2		From Motion	6	4	6	10	4	4	0
3		From Defects	6	2	10	8	2	10	10
4		From Motion	6	4	6	10	4	4	0
5		From Motion	6	4	6	10	4	4	0
6		From Defects	6	2	10	8	2	10	10
...									
67	Method	From Process	0	0	0	10	0	10	0
68		From Defect	6	2	10	8	2	10	10
Total Skor			338	244	430	446	158	386	392

- b) Bobot pertanyaan dibagi Ni

Tabel 57. Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pemasangan Plafon

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	9	0,00	0,22	0,89	1,11	0,00	1,11	0,89
2		From Motion	11	0,55	0,36	0,55	0,91	0,36	0,36	0,00
3		From Defects	8	0,75	0,25	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
4		From Motion	11	0,55	0,36	0,55	0,91	0,36	0,36	0,00
5		From Motion	11	0,55	0,36	0,55	0,91	0,36	0,36	0,00
6		From Defects	8	0,75	0,25	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
...										
67	Method	From Process	7	0,00	0,00	0,00	1,43	0,00	1,43	0,00
68		From Defects	8	0,75	0,25	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
Total Skor (sj)				58,00	44,00	66,00	58,00	32,00	52,00	64,00
Total Frekuensi (fj)				49	53	61	56	36	52	43

- c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner WAQ

Tabel 58. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner WAQ Pekerjaan Pemasangan Plafon

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata-Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	0,46	0,00	0,10	0,41	0,51	0,00	0,51	0,41
2		From Motion	0,17	0,09	0,06	0,09	0,15	0,06	0,06	0,00
3		From Defects	0,08	0,06	0,02	0,10	0,08	0,02	0,10	0,10
4		From Motion	0,25	0,14	0,09	0,14	0,23	0,09	0,09	0,00
5		From Motion	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		From Defects	0,38	0,28	0,09	0,47	0,38	0,09	0,47	0,47
...										
67	Method	From Process	0,21	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,30	0,00
68		From Defects	0,08	0,06	0,02	0,10	0,08	0,02	0,10	0,10
Total Skor (Sj)				19,93	15,52	22,28	18,47	12,02	16,59	21,59
Total Frekuensi (Fj)				53	51	60	54	34	50	43

- d) Hasil Yj final untuk pekerjaan pemasangan plafon

Tabel 59. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Pemasangan Plafon

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	2,69	2,95	3,01	3,26	2,82	3,26	2,96
Pj Faktor	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Yj Final	0,07	0,06	0,09	0,07	0,03	0,05	0,07
Hasil Akhir (%)	15,93	13,05	20,59	16,64	6,02	10,83	16,93
Ranking	4	5	1	3	7	6	2

Pada Tabel 59 tergambar bahwa *ranking* teratas *waste* pekerjaan pemasangan plafon adalah *Defect* (20,59%), diikuti *Waiting* (16,93%) dan *Motion* (16,64%). Kemudian *Overproduction* (15,93%), *Inventory* (20,59%) dan *Processing* (10,83%). Sedangkan *ranking* terendah yakni *waste Transportation* (6,02%).

f. Pekerjaan Plester dan Acian

1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Tabel 60. Penjelasan SWR Pekerjaan Plester dan Acian

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	Pembuatan material pekerjaan plester dan acian yang melebihi keperluan meningkatkan penumpukan material
2	O_D	Pembuatan material pekerjaan plester dan acian yang melebihi keperluan dapat menyebabkan kerusakan pekerjaan
3	O_M	Pembuatan material pekerjaan plester dan acian yang melebihi keperluan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (merokok, mengobrol, dsb.).
4	O_T	Pembuatan material pekerjaan plester dan acian yang melebihi keperluan mengakibatkan lebih banyak transportasi (memindahkan) material
5	O_W	Bahan material pekerjaan plafon yang melebihi keperluan dapat menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material plafon
6	I_O	Penumpukan material pekerjaan plester dan acian mendorong pekerja membuat material pekerjaan plester dan acian melebihi yang diperlukan.
7	I_D	Penumpukan material pekerjaan plester dan acian menyebabkan kerusakan pekerjaan
8	I_M	Penumpukan material pekerjaan plester dan acian menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material pekerjaan plester dan acian menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan

No	Simbol	Penjelasan
10	D_O	Kerusakan pekerjaan plester dan acian mendorong pekerja membuat material pekerjaan melebihi yang diperlukan.
11	D_I	Kerusakan pekerjaan plester dan acian berakibat pada penumpukan material
12	D_M	Kerusakan pekerjaan plester dan acian berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan pekerjaan plester dan acian menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan plester dan acian menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material plester dan acian
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan pekerjaan plester dan acian
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan plester dan acian tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material plester dan acian
19	T_O	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plester dan acian menyebabkan pekerja membuat bahan/material plester dan acian melebihi yang diperlukan.
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plester dan acian dari gudang penyimpanan menyebabkan penumpukan material
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plester dan acian dari gudang penyimpanan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plester dan acian dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok,

No	Simbol	Penjelasan
		dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material plester dan acian dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
24	P_O	Proses pekerjaan plester dan acian tidak sesuai spesifikasi berdampak pada pekerja membuat material plester dan acian melebihi yang diperlukan.
25	P_I	Proses pekerjaan plester dan acian tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan plester dan acian tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan
27	P_M	Proses pekerjaan plester dan acian tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan plester dan acian tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan pekerja membuat bahan material plester dan acian melebihi yang diperlukan.
30	W_I	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan berakibat pada meningkatnya penumpukan material plester dan acian di gudang penyimpanan.
31	W_D	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan plester dan acian

Dari tabel tersebut lalu diberikan bobot dan ditabulasi ke dalam tabel berikut.

Tabel 61. Skor dan Tingkat Keterkaitan *Waste* Pekerjaan Plester dan Acian

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	0	X
2	O_D	2	U
3	O_M	9	I
4	O_T	10	I
5	O_W	9	I
6	I_O	14	E
7	I_D	15	E
8	I_M	16	E
9	I_T	9	I
10	D_O	2	U
11	D_I	0	X
12	D_M	14	E
13	D_T	9	I
14	D_W	14	E
15	M_I	3	U
16	M_D	14	E
17	M_W	10	I
18	M_P	15	E
19	T_O	9	I
20	T_I	3	U
21	T_D	3	U
22	T_M	6	O
23	T_W	5	O
24	P_O	19	A
25	P_I	5	O
26	P_D	18	A
27	P_M	18	A
28	P_W	14	E
29	W_O	18	A
30	W_I	14	E
31	W_D	18	A

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important), I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4 (Unimportant), X=0 (No Relation)

2) *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Berdasarkan skor dan keterkaitan antar-*waste* pada tabel di atas, lalu dibuatlah *Waste Relationship Matrix* pekerjaan plester dan acian sebagai berikut:

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	A	E	U	X	I	A	A
I	X	A	X	U	U	O	E
D	U	E	A	E	U	A	A
M	I	E	E	A	O	A	X
T	I	I	I	X	A	X	X
P	X	X	X	E	X	A	X
W	I	X	E	I	O	E	A

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important, O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation

Gambar 28. WRM Pekerjaan Plester dan Acian

Gambar tersebut kemudian dikonversi ke dalam Tabel *Waste Matrix Value* seperti Tabel 62 berikut:

Tabel 62. Waste Matrix Value Pekerjaan Plester dan Acian

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	8	2	0	6	10	10	46	17,97
I	0	10	0	2	2	4	8	26	10,16
D	2	8	10	8	2	10	10	50	19,53
M	6	8	8	10	4	10	0	46	17,97
T	6	6	6	0	10	0	0	28	10,94
P	0	0	0	8	0	10	0	18	7,03
W	6	0	8	6	4	8	10	42	16,41
Total	30	40	34	34	28	52	38	256	100,00
%	11,72	15,63	13,28	13,28	10,94	20,31	14,84	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Pada tabel tersebut diketahui bahwa *waste* “From” yang paling tinggi untuk pekerjaan plester dan acian adalah *Defect* (19,53%) dan terkecil *Processing* (7,03%). Sedangkan *waste* “To” tertinggi adalah *Processing* (20,31%) dan *Transportation* untuk *waste* yang paling kecil.

Dari hasil SWR dan WRM ini, selanjutnya dilakukan penghitungan *Waste Assessment Model* (WAM) berikut.

- 3) *Waste Assessment Model* (WAM)
 - a) Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM

Tabel 63. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner berdasarkan WRM Pekerjaan Plester dan Acian

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	0	2	8	10	0	8	6
2		From Motion	6	8	8	10	4	10	0
3		From Defects	2	8	10	8	2	10	10
4		From Motion	6	8	8	10	4	10	0
5		From Motion	6	8	8	10	4	10	0
6		From Defects	2	8	10	8	2	10	10
...									
67	Method	From Process	0	0	0	8	0	10	0
68		From Defect	2	8	10	8	2	10	10
Total Skor			258	324	420	416	210	450	378

- b) Bobot pertanyaan dibagi Ni

Tabel 64. Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Plester dan Acian

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	9	0,00	0,22	0,89	1,11	0,00	0,89	0,67
2		From Motion	11	0,55	0,73	0,73	0,91	0,36	0,91	0,00
3		From Defects	8	0,25	1,00	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
4		From Motion	11	0,55	0,73	0,73	0,91	0,36	0,91	0,00
5		From Motion	11	0,55	0,73	0,73	0,91	0,36	0,91	0,00

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
6		<i>From Defects</i>	8	0,25	1,00	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	7	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	1,43	0,00
68		<i>From Defects</i>	8	0,25	1,00	1,25	1,00	0,25	1,25	1,25
Total Skor (si)				47,50	52,00	61,50	54,00	42,50	60,00	64,00
Total Frekuensi (fj)				45	49	54	55	46	53	45

c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner WAQ

Tabel 65. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Plester dan Acian

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata- Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0,46	0,00	0,10	0,41	0,51	0,00	0,41	0,31
2		<i>From Motion</i>	0,17	0,09	0,12	0,12	0,15	0,06	0,15	0,00
3		<i>From Defects</i>	0,08	0,02	0,08	0,10	0,08	0,02	0,10	0,10
4		<i>From Motion</i>	0,25	0,14	0,18	0,18	0,23	0,09	0,23	0,00
5		<i>From Motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		<i>From Defects</i>	0,38	0,09	0,38	0,47	0,38	0,09	0,47	0,47
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	0,21	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,30	0,00
68		<i>From Defects</i>	0,08	0,02	0,08	0,10	0,08	0,02	0,10	0,10
Total Skor (Si)				16,52	17,78	20,83	17,48	15,81	19,09	21,86
Total Frekuensi (Fj)				43	47	52	53	44	50	45

d) Hasil Yj final untuk pekerjaan plester dan acian

Tabel 66. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Plester dan Acian

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	3,01	3,05	3,07	3,21	2,81	3,33	2,93
Pj Faktor	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Yj Final	0,06	0,05	0,08	0,08	0,03	0,05	0,07
Hasil Akhir (%)	15,07	11,51	18,92	18,21	8,00	11,32	16,96
Ranking	4	5	1	2	7	6	3

Berdasarkan hasil WAM pekerjaan plester dan acian sebagaimana tabel di atas, tampak bahwa *ranking waste* tertinggi adalah *Defect* (18,92%), *Motion* (18,21%), dan *Waiting* (16,96%). Selanjutnya, *Overproduction* (15,07%), *Inventory* (11,51%), *Processing* (11,32%). Sedangkan. *ranking* terakhir *Transportation* dengan nilai 8%.

g. Pekerjaan Pemasangan Keramik

1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Tabel 67. Penjelasan SWR Pekerjaan Pemasangan Keramik

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	Pembuatan material pekerjaan pemasangan keramik yang melebihi keperluan meningkatkan penumpukan material
2	O_D	Pembuatan material pekerjaan pemasangan keramik yang melebihi keperluan dapat menyebabkan kerusakan pekerjaan
3	O_M	Pembuatan material pekerjaan pemasangan keramik yang melebihi keperluan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (merokok, mengobrol, dsb.).
4	O_T	Pembuatan material pekerjaan pemasangan keramik yang melebihi keperluan mengakibatkan lebih banyak transportasi (memindahkan) material
5	O_W	Pembuatan material pekerjaan pemasangan keramik yang melebihi keperluan dapat menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
6	I_O	Penumpukan material pekerjaan pemasangan keramik mendorong pekerja membuat material pekerjaan pemasangan keramik melebihi yang diperlukan.
7	I_D	Penumpukan material pekerjaan pemasangan keramik menyebabkan kerusakan pekerjaan
8	I_M	Penumpukan material pekerjaan pemasangan keramik menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)

No	Simbol	Penjelasan
9	I_T	Penumpukan material pekerjaan pemasangan keramik menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
10	D_O	Kerusakan pekerjaan pemasangan keramik mendorong pekerja membuat material pekerjaan melebihi yang diperlukan.
11	D_I	Kerusakan pekerjaan pemasangan keramik berakibat pada penumpukan material
12	D_M	Kerusakan pekerjaan pemasangan keramik berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan pekerjaan pemasangan keramik menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan pemasangan keramik menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material pemasangan keramik
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan pekerjaan pemasangan keramik
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan pemasangan keramik yang tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material pemasangan keramik
19	T_O	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan keramik menyebabkan pekerja membuat bahan/material pemasangan keramik melebihi yang diperlukan.
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan keramik dari gudang penyimpanan menyebabkan penumpukan material
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan keramik dari gudang penyimpanan

No	Simbol	Penjelasan
		berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan keramik dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan keramik dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
24	P_O	Proses pekerjaan pemasangan keramik yang tidak sesuai spesifikasi berdampak pada pekerja membuat material pemasangan keramik melebihi yang diperlukan.
25	P_I	Proses pekerjaan pemasangan keramik yang tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan pemasangan keramik tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan
27	P_M	Proses pekerjaan pemasangan keramik tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan pemasangan keramik tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan pekerja membuat bahan material pemasangan keramik melebihi yang diperlukan.
30	W_I	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan berakibat pada meningkatnya penumpukan material pemasangan keramik di gudang penyimpanan.
31	W_D	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan pemasangan keramik

Berdasarkan tabel di atas lalu diberikan bobot dan ditabulasi ke dalam tabel berikut.

Tabel 68. Skor dan Tingkat Keterkaitan Pekerjaan Pemasangan Keramik

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	2	U
2	O_D	5	O
3	O_M	10	I
4	O_T	9	I
5	O_W	14	E
6	I_O	9	O
7	I_D	15	E
8	I_M	11	I
9	I_T	11	I
10	D_O	6	O
11	D_I	6	O
12	D_M	13	E
13	D_T	6	O
14	D_W	10	I
15	M_I	0	X
16	M_D	5	O
17	M_W	2	U
18	M_P	5	O
19	T_O	2	U
20	T_I	0	X
21	T_D	6	O
22	T_M	6	O
23	T_W	2	U
24	P_O	10	I
25	P_I	5	O
26	P_D	18	A
27	P_M	9	I
28	P_W	16	E
29	W_O	18	A
30	W_I	15	E
31	W_D	18	A

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important), I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4 (Unimportant), X=0 (No Relation)

Dari Tabel 69, lalu dibuatlah *Waste Relationship Matrix* untuk pekerjaan pemasangan keramik.

2) *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Adapun WRM untuk pekerjaan pemasangan keramik ini bisa ditilik pada gambar berikut.

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	A	O	O	X	U	I	A
I	U	A	O	X	X	O	E
D	O	E	A	O	O	A	A
M	I	I	E	A	O	I	X
T	I	I	O	X	A	X	X
P	X	X	X	O	X	A	X
W	E	X	I	U	U	E	A

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important, O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation

Gambar 29. WRM Pekerjaan Pemasangan Keramik

Berdasarkan SRW dan WRM pekerjaan pemasangan keramik, lalu dilanjutkan dengan pembuatan *Waste Matrix Value* seperti tabel berikut:

Tabel 69. Waste Matrix Value Pekerjaan Pemasangan Keramik

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	4	4	0	2	6	10	36	15,65
I	2	10	4	0	0	4	8	28	12,17
D	4	8	10	4	4	10	10	50	21,74
M	6	6	8	10	4	6	0	40	17,39
T	6	6	4	0	10	0	0	26	11,30
P	0	0	0	4	0	10	0	14	6,09
W	8	0	6	2	2	8	10	36	15,65
Total	36	34	36	20	22	44	38	230	100
%	15,65	14,78	15,65	8,70	9,57	19,13	16,52	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Tabel di atas menunjukkan bahwa untuk *waste* “From” tertinggi adalah *Defect* (21,74%) dan terkecil yakni *Processing* (6,09%). Sedangkan, untuk *waste* “To” tertinggi adalah *Processing* (19,13%) dan terendah *Motion* (8,7%). Berdasarkan nilai *Waste Matrix Value* tersebut, akan dilakukan penghitungan *Waste Assessment Model* (WAM) sebagaimana akan diuraikan lebih lanjut.

- 3) *Waste Assessment Model* (WAM).
 a) Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM.

Tabel 70. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pemasangan Keramik

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	0	0	4	10	0	4	2
2		From Motion	6	6	8	10	4	6	0
3		From Defects	4	8	10	4	4	10	10
4		From Motion	6	6	8	10	4	6	0
5		From Motion	6	6	8	10	4	6	0
6		From Defects	4	8	10	4	4	10	10
...									
67	Method	From Process	0	0	0	4	0	10	0
68		From Defect	4	8	10	4	4	10	10
Total Skor			300	282	406	320	184	358	336

- b) Bobot pertanyaan dibagi Ni

Tabel 71. Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pemasangan Keramik

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	9	0,00	0,00	0,44	1,11	0,00	0,44	0,22
2		From Motion	11	0,55	0,55	0,73	0,91	0,36	0,55	0,00
3		From Defects	8	0,50	1,00	1,25	0,50	0,50	1,25	1,25
4		From Motion	11	0,55	0,55	0,73	0,91	0,36	0,55	0,00
5		From Motion	11	0,55	0,55	0,73	0,91	0,36	0,55	0,00

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
6		<i>From Defects</i>	8	0,50	1,00	1,25	0,50	0,50	1,25	1,25
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	7	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	1,43	0,00
68		<i>From Defects</i>	8	0,50	1,00	1,25	0,50	0,50	1,25	1,25
Total Skor (s)				52	46	64	42	36	48	58
Total Frekuensi (f)				52	42	61	50	42	52	46

c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner WAQ

Tabel 72. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Pemasangan Keramik

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata- Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0,46	0,00	0,00	0,20	0,51	0,00	0,20	0,10
2		<i>From Motion</i>	0,17	0,09	0,09	0,12	0,15	0,06	0,09	0,00
3		<i>From Defects</i>	0,08	0,04	0,08	0,10	0,04	0,04	0,10	0,10
4		<i>From Motion</i>	0,25	0,14	0,14	0,18	0,23	0,09	0,14	0,00
5		<i>From Motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		<i>From Defects</i>	0,38	0,19	0,38	0,47	0,19	0,19	0,47	0,47
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	0,21	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,30	0,00
68		<i>From Defects</i>	0,08	0,04	0,08	0,10	0,04	0,04	0,10	0,10
Total Skor (Si)				17,79	15,67	21,61	13,84	13,32	15,00	19,53
Total Frekuensi (Fj)				50	39	60	48	39	50	46

d) Hasil Yj final untuk pekerjaan pemasangan keramik

Tabel 73. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Pemasangan Keramik

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	3,04	3,16	3,01	3,16	2,91	3,33	2,97
Pj Faktor	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Yj Final	0,06	0,05	0,08	0,08	0,03	0,05	0,07
Hasil Akhir (%)	15,16	11,88	18,49	17,86	8,24	11,25	17,12
Ranking	4	5	1	2	7	6	3

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa untuk pekerjaan pemasangan keramik, *ranking* utama *waste* yaitu *Defect* (18,49%), diikuti *Motion* (17,86%), *Waiting* (17,12%) dan keempat adalah *Overproduction* (15,16%). Sedangkan, untuk tiga ranking berikutnya adalah *Inventory* (11,88%), *Processing* (11,25%) dan terakhir *Transportation* (8,24%).

h. Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Tabel 74. Penjelasan SWR Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	-
2	O_D	-
3	O_M	-
4	O_T	-
5	O_W	-
6	I_O	-
7	I_D	Penumpukan material pekerjaan pemasangan pintu dan jendela menyebabkan kerusakan pekerjaan
8	I_M	Penumpukan material pekerjaan pemasangan pintu dan jendela menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material pekerjaan pemasangan pintu dan jendela menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
10	D_O	-
11	D_I	Kerusakan pekerjaan pemasangan pintu dan jendela berakibat pada penumpukan material
12	D_M	Kerusakan pekerjaan pemasangan pintu dan jendela berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan pekerjaan pemasangan pintu dan jendela menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan pemasangan pintu dan jendela menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material

No	Simbol	Penjelasan
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material pemasangan pintu dan jendela
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan pekerjaan pemasangan pintu dan jendela
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan pemasangan pintu dan jendela yang tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material pemasangan pintu dan jendela
19	T_O	-
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan pintu dan jendela dari gudang penyimpanan menyebabkan penumpukan material
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan pintu dan jendela dari gudang penyimpanan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan pintu dan jendela dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan pintu dan jendela dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
24	P_O	-
25	P_I	Proses pekerjaan pemasangan pintu dan jendela yang tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan pemasangan pintu dan jendela tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan
27	P_M	Proses pekerjaan pemasangan pintu dan jendela tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan pemasangan pintu dan jendela tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	-
30	W_I	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan berakibat pada meningkatnya penumpukan material pemasangan pintu dan

No	Simbol	Penjelasan
		jendela di gudang penyimpanan.
31	W_D	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan kerusakan hasil pekerjaan pemasangan pintu dan jendela

Keterangan:

Untuk Keterkaitan antara *waste Overproduction* dengan *waste* lain tidak ada, karena sesuai pengamatan, *waste Overproduction* tidak terjadi pada pekerjaan pemasangan pintu dan jendela.

Tabel di atas lalu diberikan bobot dan ditabulasi ke dalam tabel berikut.

Tabel 75. Skor dan Tingkat Keterkaitan Waste Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	0	X
2	O_D	0	X
3	O_M	0	X
4	O_T	0	X
5	O_W	0	X
6	I_O	0	X
7	I_D	9	I
8	I_M	13	E
9	I_T	9	I
10	D_O	0	X
11	D_I	0	X
12	D_M	14	E
13	D_T	2	U
14	D_W	13	E
15	M_I	7	O
16	M_D	14	E
17	M_W	14	E
18	M_P	19	A
19	T_O	0	X
20	T_I	2	U
21	T_D	6	O
22	T_M	2	U
23	T_W	10	I
24	P_O	0	X
25	P_I	6	O

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
26	P_D	18	A
27	P_M	15	E
28	P_W	18	A
29	W_O	0	X
30	W_I	10	I
31	W_D	18	A

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important), I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4 (Unimportant), X=0 (No Relation)

Selanjutnya, berdasarkan tabel di atas kemudian dibuat *Waste Relationship Matrix* berikut.

2) *Waste Relationship Matrix* (WRM)

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	10	X	X	X	X	X	X
I	X	10	X	O	U	O	I
D	X	I	10	E	O	A	A
M	X	E	E	10	U	E	X
T	X	I	U	X	10	X	X
P	X	X	X	A	X	10	X
W	X	X	E	E	I	A	10

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important, O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation (Rawabdeh, 2005).

Gambar 30. WRM Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

Berdasarkan SWR dan WRM di atas, maka dapat diketahui keterkaitan antar-*waste* sebagaimana disajikan dalam *Waste Matrix Value* pada tabel berikut:

Tabel 76. Waste Matrix Value Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	0	0	0	0	0	0	10	5
I	0	10	0	4	2	4	6	26	13
D	0	6	10	8	4	10	10	48	24
M	0	8	8	10	2	8	0	36	18
T	0	6	2	0	10	0	0	18	9
P	0	0	0	10	0	10	0	20	10
W	0	0	8	8	6	10	10	42	21
Total	10	30	28	40	24	42	26	200	100
%	5	15	14	20	12	21	13	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Tabel di atas menunjukkan bahwa *waste* “From” tertinggi untuk pekerjaan pemasangan pintu dan jendela adalah *Defect* (24%) dan terendah adalah *Overproduction* (5%). Sedangkan, untuk *waste* “To” tertinggi yakni *Processing* (21%) dan terendah *Overproduction* (5%).

Adapun nilai pada *Waste Matrix Value* ini kemudian akan digunakan dalam perhitungan *Waste Assessment Model* (WAM) berikutnya.

3) *Waste Assessment Model* (WAM)

- a) Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM

Tabel 77. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	0	4	8	10	0	10	8
2		From Motion	0	8	8	10	2	8	0
3		From Defects	0	6	10	8	4	10	10
4		From Motion	0	8	8	10	2	8	0
5		From Motion	0	8	8	10	2	8	0
6		From Defects	0	6	10	8	4	10	10

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste							
			O	I	D	M	T	P	W	
...										
67	Method	From Process	0	0	0	10	0	10	0	
68		From Defect	0	6	10	8	4	10	10	
Total Skor			30	292	414	460	192	432	368	

b) Bobot pertanyaan dibagi Ni

Tabel 78. Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	9	0,00	0,44	0,89	1,11	0,00	1,11	0,89
2		From Motion	11	0,00	0,73	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00
3		From Defects	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,50	1,25	1,25
4		From Motion	11	0,00	0,73	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00
5		From Motion	11	0,00	0,73	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00
6		From Defects	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,50	1,25	1,25
...										
67	Method	From Process	7	0,00	0,00	0,00	1,43	0,00	1,43	0,00
68		From Defects	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,50	1,25	1,25
Total Skor (s _i)				10	42	60	60	36	52	58
Total Frekuensi (f _j)				65	46	52	56	44	49	44

c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner WAQ

Tabel 79. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata- Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	0,46	0,00	0,20	0,41	0,51	0,00	0,51	0,41
2		From Motion	0,17	0,00	0,12	0,12	0,15	0,03	0,12	0,00
3		From Defects	0,08	0,00	0,06	0,10	0,08	0,04	0,10	0,10
4		From Motion	0,25	0,00	0,18	0,18	0,23	0,05	0,18	0,00
5		From Motion	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		From Defects	0,38	0,00	0,28	0,47	0,38	0,19	0,47	0,47
...										

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata-Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	0,21	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,30	0,00
68		<i>From Defects</i>	0,08	0,00	0,06	0,10	0,08	0,04	0,10	0,10
Total Skor (Sj)				3,75	14,25	19,92	19,12	13,20	16,08	19,48
Total Frekuensi (Fj)				65	44	50	54	42	47	43

d) Hasil Yj final untuk pekerjaan pemasangan pintu dan jendela:

Tabel 80. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	2,67	3,08	3,13	3,25	2,86	3,37	3,05
Pj Faktor	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Yj Final	0,06	0,05	0,08	0,08	0,03	0,05	0,07
Hasil Akhir (%)	13,35	11,63	19,32	18,47	8,13	11,45	17,64
<i>Ranking</i>	4	5	1	2	7	6	3

Tabel di atas yang merupakan hasil perhitungan WAM pekerjaan pemasangan pintu dan jendela, menunjukkan bahwa *ranking* pertama *waste* adalah *Defect* (19,32%), diikuti *Motion* (18,47%), *Waiting* (17,64%) dan *Overproduction* (13,35%), *Inventory* (11,63%), *Processing* (11,45%) dan terakhir adalah *Transportation* (8,13%).

i. Pekerjaan Cat dan Instalasi

1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Tabel 81. Penjelasan SWR Pekerjaan Cat dan Instalasi

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	-
2	O_D	-
3	O_M	-
4	O_T	-

No	Simbol	Penjelasan
5	O_W	-
6	I_O	-
7	I_D	Penumpukan material pekerjaan cat dan instalasi menyebabkan kerusakan pekerjaan
8	I_M	Penumpukan material pekerjaan cat dan instalasi menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material pekerjaan cat dan instalasi menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
10	D_O	-
11	D_I	Kerusakan pekerjaan cat dan instalasi berakibat pada penumpukan material
12	D_M	Kerusakan pekerjaan cat dan instalasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan pekerjaan cat dan instalasi menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan cat dan instalasi menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan material pekerjaan cat dan instalasi.
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan pekerjaan cat dan instalasi
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan cat dan instalasi yang tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material pekerjaan cat dan instalasi
19	T_O	-
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pekerjaan cat dan instalasi dari gudang penyimpanan

No	Simbol	Penjelasan
		menyebabkan penumpukan material
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pekerjaan cat dan instalasi dari gudang penyimpanan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pekerjaan cat dan instalasi dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pekerjaan cat dan instalasi dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
24	P_O	-
25	P_I	Proses pekerjaan cat dan instalasi yang tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan cat dan instalasi tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan
27	P_M	Proses pekerjaan cat dan instalasi tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan cat dan instalasi tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	-
30	W_I	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan berakibat pada meningkatnya penumpukan material cat dan instalasi.
31	W_D	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan kerusakan hasil pekerjaan cat dan instalasi

Keterangan:

Untuk Keterkaitan antara *waste Overproduction* dengan *waste* lain tidak ada, karena sesuai pengamatan, *waste Overproduction* tidak terjadi pada pekerjaan cat dan instalasi.

Dari tabel di atas kemudian diberikan bobot dan ditabulasi ke dalam tabel berikut.

Tabel 82. Skor dan Tingkat Keterkaitan Waste Pekerjaan Cat dan Instalasi

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	0	X
2	O_D	0	X
3	O_M	0	X
4	O_T	0	X
5	O_W	0	X
6	I_O	0	X
7	I_D	9	I
8	I_M	13	E
9	I_T	9	I
10	D_O	0	X
11	D_I	0	X
12	D_M	14	E
13	D_T	2	U
14	D_W	13	E
15	M_I	7	O
16	M_D	14	E
17	M_W	14	E
18	M_P	19	A
19	T_O	0	X
20	T_I	2	U
21	T_D	6	O
22	T_M	2	U
23	T_W	10	I
24	P_O	0	X
25	P_I	6	O
26	P_D	18	A
27	P_M	15	E
28	P_W	18	A
29	W_O	0	X
30	W_I	10	I
31	W_D	18	A

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important),
 I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4
 (Unimportant), X=0 (No Relation)

- 2) Data-data pada tabel di atas, akan ditabulasi ke dalam *Waste Relationship Matrix* seperti tersaji pada gambar berikut: *Waste Relationship Matrix* (WRM)

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	10	X	X	X	X	X	X
I	X	10	X	O	U	O	I
D	X	I	10	E	O	A	A
M	X	E	E	10	U	E	X
T	X	I	U	X	10	X	X
P	X	X	X	A	X	10	X
W	X	X	E	E	I	A	10

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important, O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation (Rawabdeh, 2005)

Gambar 31. WRM Pekerjaan Cat dan Instalasi

Sesuai hasil SWR dan WRM pekerjaan cat dan instalasi, lalu dilakukan tabulasi *Waste Matrix Value* untuk kebutuhan penilaian *Waste Assessment Model* (WAM). Adapun *Waste Matrix Value* yang dimaksud bisa ditilik pada tabel berikut:

Tabel 83. Waste Matrix Value Pekerjaan Cat dan Instalasi

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	0	0	0	0	0	0	10	5
I	0	10	0	4	2	4	6	26	13
D	0	6	10	8	4	10	10	48	24
M	0	8	8	10	2	8	0	36	18
T	0	6	2	0	10	0	0	18	9
P	0	0	0	10	0	10	0	20	10
W	0	0	8	8	6	10	10	42	21
Total	10	30	28	40	24	42	26	200	100
%	5	15	14	20	12	21	13	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Tabel tersebut merupakan *Waste Matrix Value* pekerjaan cat dan instalasi yang menunjukkan bahwa *waste “From”* yang paling tinggi adalah *Defect* (24%) dan terkecil *Overproduction* (5%). Sedangkan, *waste “To”* tertinggi yakni *Processing* (21%) dan yang paling rendah adalah *Overproduction* (5%).

Adapun nilai-nilai *Waste Matrix Value* ini, berguna untuk perhitungan nilai *Waste Assessment Model* berikutnya.

- 3) *Waste Assessment Model* (WAM)
 - a) Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM

Tabel 84. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Cat dan Instalasi

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	0	4	8	10	0	10	8
2		From Motion	0	8	8	10	2	8	0
3		From Defects	0	6	10	8	4	10	10
4		From Motion	0	8	8	10	2	8	0
5		From Motion	0	8	8	10	2	8	0
6		From Defects	0	6	10	8	4	10	10
...									
67	Method	From Process	0	0	0	10	0	10	0
68		From Defect	0	6	10	8	4	10	10
Total Skor			30	292	414	460	192	432	368

- b) Bobot pertanyaan dibagi Ni

Tabel 85. Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan Cat dan Instalasi

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	9	0,00	0,44	0,89	1,11	0,00	1,11	0,89
2		From Motion	11	0,00	0,73	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00
3		From Defects	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,50	1,25	1,25
4		From Motion	11	0,00	0,73	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00
5		From Motion	11	0,00	0,73	0,73	0,91	0,18	0,73	0,00

6		<i>From Defects</i>	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,50	1,25	1,25
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	7	0,00	0,00	0,00	1,43	0,00	1,43	0,00
68		<i>From Defects</i>	8	0,00	0,75	1,25	1,00	0,50	1,25	1,25
Total Skor (s _j)				10	42	60	60	36	52	58
Total Frekuensi (f _j)				65	46	52	56	44	49	44

c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner WAQ

Tabel 86. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner Pekerjaan Cat dan Instalasi

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata-Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (W _{jk})						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	<i>Man</i>	<i>To Motion</i>	0,46	0,00	0,20	0,41	0,51	0,00	0,51	0,41
2		<i>From Motion</i>	0,17	0,00	0,12	0,12	0,15	0,03	0,12	0,00
3		<i>From Defects</i>	0,08	0,00	0,06	0,10	0,08	0,04	0,10	0,10
4		<i>From Motion</i>	0,25	0,00	0,18	0,18	0,23	0,05	0,18	0,00
5		<i>From Motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		<i>From Defects</i>	0,38	0,00	0,28	0,47	0,38	0,19	0,47	0,47
...										
67	<i>Method</i>	<i>From Process</i>	0,21	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,30	0,00
68		<i>From Defects</i>	0,08	0,00	0,06	0,10	0,08	0,04	0,10	0,10
Total Skor (S _j)				3,75	14,25	19,92	19,12	13,20	16,08	19,48
Total Frekuensi (F _j)				65	44	50	54	42	47	43

d) Hasil Y_j final untuk pekerjaan cat dan instalasi:

Tabel 86. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan Cat dan Instalasi

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Y _j	2,67	3,08	3,13	3,25	2,86	3,37	3,05
P _j Faktor	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Y _j Final	0,06	0,05	0,08	0,08	0,03	0,05	0,07
Hasil Akhir (%)	13,35	11,63	19,32	18,47	8,13	11,45	17,64
<i>Ranking</i>	4	5	1	2	7	6	3

Tabel di atas menunjukkan bahwa *ranking* pertama *waste* pada pekerjaan cat dan instalasi adalah *Defect* (19,32%), diikuti *Motion* (18,47%), *Waiting* (17,64%) dan *Overproduction* (13,35%). *Ranking* berikutnya adalah *Inventory* (11,63%), *Processing* (11,45%), dan *Transportation* (8,13%).

j. Pekerjaan *Finishing*

1) *Seven Waste Relationship* (SWR)

Tabel 87. Penjelasan SWR Pekerjaan *Finishing*

No	Simbol	Penjelasan
1	O_I	Pembuatan material pekerjaan <i>finishing</i> yang melebihi keperluan meningkatkan penumpukan material
2	O_D	Pembuatan material pekerjaan <i>finishing</i> yang melebihi keperluan dapat menyebabkan kerusakan pekerjaan
3	O_M	Pembuatan material pekerjaan <i>finishing</i> yang melebihi keperluan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (merokok, mengobrol, dsb.).
4	O_T	Pembuatan material pekerjaan <i>finishing</i> yang melebihi keperluan mengakibatkan lebih banyak transportasi (memindahkan) material
5	O_W	Pembuatan material pekerjaan <i>finishing</i> yang melebihi keperluan dapat menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
6	I_O	Penumpukan material pekerjaan <i>finishing</i> mendorong pekerja membuat material pekerjaan <i>finishing</i> melebihi yang diperlukan.
7	I_D	Penumpukan material pekerjaan <i>finishing</i> menyebabkan kerusakan pekerjaan
8	I_M	Penumpukan material pekerjaan <i>finishing</i> menyebabkan pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
9	I_T	Penumpukan material pekerjaan <i>finishing</i> menyebabkan tingginya transportasi (pemindahan) material dari gudang penyimpanan
10	D_O	Kerusakan pekerjaan <i>finishing</i> mendorong pekerja membuat material pekerjaan melebihi yang diperlukan.
11	D_I	Kerusakan pekerjaan <i>finishing</i> berakibat pada penumpukan material
12	D_M	Kerusakan pekerjaan <i>finishing</i> berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
13	D_T	Kerusakan pekerjaan <i>finishing</i> menyebabkan tingginya transportasi

No	Simbol	Penjelasan
		(pemindahan) material dari gudang penyimpanan
14	D_W	Kerusakan hasil pekerjaan <i>finishing</i> menyebabkan pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
15	M_I	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada penumpukan <i>material finishing</i>
16	M_D	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada kerusakan pekerjaan <i>finishing</i>
17	M_P	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pada proses pekerjaan <i>finishing</i> yang tidak sesuai spesifikasi
18	M_W	Gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.) berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
19	T_O	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pekerjaan <i>finishing</i> menyebabkan pekerja membuat bahan/ <i>material finishing</i> melebihi yang diperlukan.
20	T_I	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pekerjaan <i>finishing</i> dari gudang penyimpanan menyebabkan penumpukan material
21	T_D	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pekerjaan <i>finishing</i> dari gudang penyimpanan berdampak pada kerusakan hasil pekerjaan
22	T_M	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pemasangan keramik dari gudang penyimpanan menyebabkan gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
23	T_W	Peningkatan transportasi (pemindahan) material pekerjaan <i>finishing</i> dari gudang penyimpanan berdampak pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material
24	P_O	Proses pekerjaan <i>finishing</i> yang tidak sesuai spesifikasi berdampak pada pekerja membuat <i>material finishing</i> melebihi yang diperlukan.
25	P_I	Proses pekerjaan <i>finishing</i> yang tidak sesuai spesifikasi berakibat pada meningkatnya penumpukan material di gudang penyimpanan.
26	P_D	Proses pekerjaan <i>finishing</i> yang tidak sesuai spesifikasi berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan
27	P_M	Proses pekerjaan <i>finishing</i> yang tidak sesuai spesifikasi berakibat pada gerakan pekerja yang tidak perlu (mengobrol, merokok, dsb.)
28	P_W	Proses pekerjaan <i>finishing</i> yang tidak sesuai spesifikasi berakibat pada pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan.
29	W_O	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu

No	Simbol	Penjelasan
		material yang datang dari gudang penyimpanan menyebabkan pekerja membuat bahan <i>material finishing</i> melebihi yang diperlukan.
30	W_I	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan berakibat pada meningkatnya penumpukan material pekerjaan <i>finishing</i> di gudang penyimpanan.
31	W_D	Pekerja menunggu arahan kerja dari mandor dan menunggu material yang datang dari gudang penyimpanan berakibat pada kerusakan hasil pekerjaan <i>finishing</i>

Dari tabel di atas lalu diberikan bobot dan ditabulasi ke dalam tabel berikut:

Tabel 88. Skor dan Tingkat Keterkaitan Waste Pekerjaan *Finishing*

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
1	O_I	2	U
2	O_D	5	O
3	O_M	10	I
4	O_T	9	I
5	O_W	14	E
6	I_O	9	O
7	I_D	15	E
8	I_M	11	I
9	I_T	11	I
10	D_O	6	O
11	D_I	6	O
12	D_M	13	E
13	D_T	6	O
14	D_W	10	I
15	M_I	0	X
16	M_D	5	O
17	M_W	2	U
18	M_P	5	O
19	T_O	2	U
20	T_I	0	X
21	T_D	6	O
22	T_M	6	O
23	T_W	2	U

No	Tipe Pertanyaan	Skor	Tingkat Keterkaitan
24	P_O	10	I
25	P_I	5	O
26	P_D	18	A
27	P_M	9	I
28	P_W	16	E
29	W_O	18	A
30	W_I	15	E
31	W_D	18	A

A= 17-20 (Absolutely Necessary), E= 13-16 (Especially Important), I= 9-12 (Important), O= 5-8 (Ordinary Closeness), U= 1-4 (Unimportant), X=0 (No Relation)

2) Waste Relationship Matrix (WRM)

Sesuai nilai skor dan keterkaitan antar-waste di atas, lalu dibuatlah *Waste Relationship Matrix* seperti Gambar 31 berikut:

From/To	O	I	D	M	T	P	W
O	A	O	O	X	U	I	A
I	U	A	O	X	X	O	E
D	O	E	A	O	O	A	A
M	I	I	E	A	O	I	X
T	I	I	O	X	A	X	X
P	X	X	X	O	X	A	X
W	E	X	I	U	U	E	A

A= Absolutely Necessary, E= Especially Important, I=Important, O=Ordinary Closeness, U= Unimportant, X=No Relation

Gambar 32. WRM Pekerjaan *Finishing*

Berdasarkan SWR dan WRM pekerjaan *finishing*, kemudian dibuatlah *Waste Matrix Value* pada tabel berikut:

Tabel 89. Waste Matrix Value Pekerjaan Finishing

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Total	%
O	10	4	4	0	2	6	10	36	15,65
I	2	10	4	0	0	4	8	28	12,17
D	4	8	10	4	4	10	10	50	21,74
M	6	6	8	10	4	6	0	40	17,39
T	6	6	4	0	10	0	0	26	11,30
P	0	0	0	4	0	10	0	14	6,09
W	8	0	6	2	2	8	10	36	15,65
Total	36	34	36	20	22	44	38	230	100
%	15,65	14,78	15,65	8,70	9,57	19,13	16,52	100	

Keterangan: A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0

Tabel 89 menunjukkan bahwa untuk pekerjaan *finishing*, *waste* “From” yang paling tinggi adalah *Defect* (21,74%) dan terkecil *Processing* (6,09%). Sementara *waste* “To” tertinggi yakni *Processing* (19,13%) dan terendah *Processing* (6,09%). Selanjutnya, nilai-nilai *Waste Matrix value* ini akan digunakan dalam penilaian *Waste Assessment Model* (WAM) berikutnya.

3) *Waste Assessment Model* (WAM)

a) Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM

Tabel 90. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM Pekerjaan Finishing

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	0	0	4	10	0	4	2
2		From Motion	6	6	8	10	4	6	0
3		From Defects	4	8	10	4	4	10	10
4		From Motion	6	6	8	10	4	6	0
5		From Motion	6	6	8	10	4	6	0
6		From Defects	4	8	10	4	4	10	10
...									
67	Method	From Process	0	0	0	4	0	10	0
68		From Defect	4	8	10	4	4	10	10
Total Skor			300	282	406	320	184	358	336

b) Bobot pertanyaan dibagi Ni.

Tabel 91. Bobot Pertanyaan Dibagi Ni Pekerjaan *Finishing*

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Ni	Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	9	0,00	0,00	0,44	1,11	0,00	0,44	0,22
2		From Motion	11	0,55	0,55	0,73	0,91	0,36	0,55	0,00
3		From Defects	8	0,50	1,00	1,25	0,50	0,50	1,25	1,25
4		From Motion	11	0,55	0,55	0,73	0,91	0,36	0,55	0,00
5		From Motion	11	0,55	0,55	0,73	0,91	0,36	0,55	0,00
6		From Defects	8	0,50	1,00	1,25	0,50	0,50	1,25	1,25
...										
67	Method	From Process	7	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	1,43	0,00
68		From Defects	8	0,50	1,00	1,25	0,50	0,50	1,25	1,25
Total Skor (sj)				52	46	64	42	36	48	58
Total Frekuensi (fj)				52	42	61	50	42	52	46

c) Perkalian antara bobot dengan penilaian hasil kuesioner WAQ

Tabel 92. Perkalian antara Bobot dengan Penilaian Hasil Kuesioner WAQ Pekerjaan *Finishing*

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Rata-Rata Jawaban WAQ	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wjk)						
				Wo.k	Wi.k	Wd.k	Wm.k	Wt.k	Wp.k	Ww.k
1	Man	To Motion	0,46	0,00	0,00	0,20	0,51	0,00	0,20	0,10
2		From Motion	0,17	0,09	0,09	0,12	0,15	0,06	0,09	0,00
3		From Defects	0,08	0,04	0,08	0,10	0,04	0,04	0,10	0,10
4		From Motion	0,25	0,14	0,14	0,18	0,23	0,09	0,14	0,00
5		From Motion	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		From Defects	0,38	0,19	0,38	0,47	0,19	0,19	0,47	0,47
...										
67	Method	From Process	0,21	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,30	0,00
68		From Defects	0,08	0,04	0,08	0,10	0,04	0,04	0,10	0,10
Total Skor (Si)				17,79	15,67	21,61	13,84	13,32	15,00	19,53
Total Frekuensi (Fi)				50	39	60	48	39	50	46

d) Hasil Yj final untuk pekerjaan *finishing*.

Tabel 93. Hasil Perhitungan Waste Assessment Model (WAM) Pekerjaan *Finishing*

	O	I	D	M	T	P	W
Skor Yj	3,04	3,16	3,01	3,16	2,91	3,33	2,97
Pj Faktor	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Yj Final	0,06	0,05	0,08	0,08	0,03	0,05	0,07
Hasil Akhir (%)	15,16	11,88	18,49	17,86	8,24	11,25	17,12
<i>Ranking</i>	4	5	1	2	7	6	3

Sesuai Tabel 83 untuk pekerjaan *finishing*, *ranking waste* tertinggi adalah *Defect* (18,49%), kemudian diikuti *Motion* (17,86%), *Waiting* (17,12%) dan *Overproduction* (15,16%). *Ranking* berikutnya adalah *Inventory* (11,88%), *Processing* (11,25%) dan terakhir yakni *Transportation* (8,24%).

4. Penyebab Terjadinya Waste Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*) Menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA)

Guna memecahkan suatu masalah, hal yang harus ditilik terlebih dahulu adalah mengetahui dan memahami akar penyebab masalah (*Root Cause*), karena hal ini merupakan hal paling mendasar dalam suatu sistem (Hendley, 2000, dalam Yuniarto, 2012). *Root Cause Analysis* (RCA) merupakan proses analisis untuk mendefinisikan masalah, memahami penyebab dan akar penyebab masalah supaya masalah tidak berulang dengan menggunakan prosedur yang terstruktur (Okes, 2005). Oleh karena itu, dilakukanlah analisis RCA terhadap *waste* O,I,D,M,T,P,W sebagaimana tertera pada *Current State Map* proses pembangunan perumahan sederhana. Analisis RCA dilihat dari perspektif manusia (*man*), material (*material*), metode (*method*), dan dana (*money*) lewat observasi dan wawancara (*brainstorming*) kepada pengawas lapangan di perumahan Green New

Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi2, dan Pakubuwono Residence.



Gambar 33. *Fishbone Diagram* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Dari Gambar 33, diketahui bahwa akar penyebab masalah *waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing* dan *Waiting* terdapat pada tabel berikut:

Tabel 94. Akar Penyebab Waste Proses Pembangunan Perumahan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*) Berdasarkan RCA

No	Kategori	Masalah	Penyebab	Akar Penyebab
1	Man	Jumlah pekerja kurang mencukupi	1. Mandor mengalami masalah untuk mencari pekerja	1) Mandor kurang koordinasi dengan rekan sesama mandor
		Mandor belum mendapatkan perintah untuk memulai pekerjaan dari kontraktor	2. Pengembang terlambat memberikan modal awal (termin 1) kepada kontraktor	2) Pengembang melakukan perputaran modal untuk membangun di daerah lain
			3. Kontraktor kurang koordinasi dengan mandor	3) Manajemen kontraktor kurang memadai
			Kesalahan pekerja dalam melakukan pekerjaannya	4. Pekerja kurang ahli dan berpengalaman
		5. Keterlambatan arahan kerja dari mandor		5) Mandor sibuk bekerja di tempat lain.
		6. Kurangnya pengawasan dari mandor		6) Mandor sibuk bekerja ditempat lain
		7. Produktivitas pekerja menurun		7) Gaji kecil 8) Gaji terlambat diberikan oleh kontraktor
		Lamanya pekerjaan diselesaikan	8. Menunggu arahan kerja dari mandor	9) Mandor kurang koordinasi dengan kontraktor atau sebaliknya 10) Mandor sibuk bekerja di tempat lain
			9. Menunggu material dari gudang	11) Tidak ada pekerja logistik yang mengatur material 12) Kurangnya jumlah gerobak yang

No	Kategori	Masalah	Penyebab	Akar Penyebab
				mengangkut material 13) Kurangnya jumlah pekerja yang mengangkut material
2	<i>Material</i>	Material belum tersedia	10. Material dari <i>supplier</i> terlambat datang	14) Keterlambatan pembayaran material dari kontraktor 15) Lokasi <i>supplier</i> jauh dari proyek
			11. Kontraktor belum <i>order</i> ke toko material	16) Arus kas kontraktor tidak lancar
		Penumpukan material yang tidak tertata dengan rapi	12. Kondisi gudang kurang memadai	17) Tidak ada pekerja logistik yang mengatur material
			13. Teknik penyimpanan material kurang memadai	
		Kurangnya jumlah gerobak pengangkut material	14. Minimalisasi biaya oleh kontraktor	18) Kebijakan kontraktor 19) Arus kas kontraktor tidak lancar
Kurangnya jumlah pekerja yang mengangkut material				
2	<i>Material</i>	Keterlambatan pengiriman material oleh <i>supplier</i>	15. Lokasi beberapa <i>supplier</i> jauh dari proyek perumahan	20) Kontraktor mencari <i>supplier</i> yang menjual material dengan harga murah
			16. Jalan menuju proyek perumahan padat penduduk	
			17. Keterlambatan pembayaran material oleh kontraktor	21) Arus kas kontraktor tidak lancar
		Kualitas material kurang baik	18. Minimalisasi biaya oleh kontraktor	22) Kebijakan kontraktor 23) Arus kas kontraktor tidak lancar
			19. Tidak ada pengawasan dari pengawas lapangan	

No	Kategori	Masalah	Penyebab	Akar Penyebab
3	<i>Metode</i>	Proses pelaksanaan konstruksi tidak sesuai spesifikasi	20. <i>Skill</i> pekerja kurang memadai	25) Pekerja kurang ahli dan berpengalaman 26) Keterlambatan arahan kerja dari mandor 27) Kurangnya pengawasan dari mandor 28) Produktivitas pekerja menurun
			21. Kualitas material kurang baik	29) Minimalisasi biaya oleh kontraktor 30) Kebijakan kontraktor 31) Arus kas kontraktor tidak lancar
4	<i>Money</i>	Kontraktor tidak memiliki dana awal yang mencukupi	22. Pengembang terlambat memberikan modal awal (termin 1) kepada kontraktor	32) Pengembang melakukan perputaran modal untuk membangun di daerah lain
			23. Arus kas kontraktor tidak lancar	33) Manajemen keuangan kontraktor kurang memadai
		Kontraktor mengurangi kualitas material dan menggunakan pekerja yang kurang ahli dan berpengalaman	24. Biaya pembangunan rumah dari pengembang terlalu kecil	34) Pengembang melakukan perputaran modal untuk membangun di daerah lain

Dari tabel tersebut, lalu ditentukan akar penyebab masalah utama berdasarkan frekuensi kejadian yang paling sering muncul seperti tabel berikut ini:

Tabel 95. Frekuensi Kejadian Akar Penyebab Waste Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

No	Akar Penyebab	Frekuensi	Kaitan
1	Mandor kurang koordinasi, baik dengan rekan sesama mandor maupun dengan kontraktor	2x	Faktor <i>Man</i>
2	Manajemen kontraktor kurang memadai	1x	Faktor <i>Method</i>
3	Sistem rekrutmen pekerja kurang memadai	1x	Faktor <i>Method</i>
4	Mandor sibuk bekerja di tempat lain.	3x	Faktor <i>Man</i>
5	Gaji pekerja kecil	1x	Faktor <i>Money</i>
6	Gaji pekerja terlambat diberikan oleh kontraktor	1x	Faktor <i>Money</i>
7	Tidak ada pekerja logistik yang mengatur material	2x	Faktor <i>Man</i>
8	Kurangnya jumlah gerobak yang mengangkut material	1x	Faktor <i>Machine</i>
9	Kurangnya jumlah pekerja yang mengangkut material	1x	Faktor <i>Man</i>
10	Keterlambatan pembayaran material dari kontraktor	1x	Faktor <i>Money</i>
11	Lokasi <i>supplier</i> jauh dari proyek	1x	Faktor <i>Money</i>
12	Arus kas kontraktor tidak lancar	5x	Faktor <i>Money</i>
13	Kebijakan kontraktor	3x	Faktor <i>Money</i>
14	Kontraktor mencari <i>supplier</i> yang menjual material dengan harga murah	1x	Faktor <i>Money</i>
15	Jumlah pengawas lapangan kurang memadai	1x	Faktor <i>Man</i>
16	Pekerja kurang ahli dan berpengalaman	1x	Faktor <i>Man</i>
17	Keterlambatan arahan kerja dari mandor	1x	Faktor <i>Man</i>
18	Kurangnya pengawasan dari mandor	1x	Faktor <i>Man</i>
19	Produktivitas pekerja menurun	1x	Faktor <i>Man</i>

No	Akar Penyebab	Frekuensi	Kaitan
20	Minimalisasi biaya oleh kontraktor	1x	Faktor <i>Money</i>
21	Manajemen keuangan kontraktor kurang memadai	1x	Faktor <i>Money</i>
22	Pengembang melakukan perputaran modal untuk melakukan untuk membangun di daerah lain	3x	Faktor <i>Money</i>
Total		34x	

Berdasarkan tabel tersebut, ditarik konklusi bahwa akar penyebab masalah sesuai dengan urutan frekuensi terbanyak adalah:

- 1) Faktor *money* sebanyak 18 x
- 2) Faktor *man* sebanyak 13 x
- 3) Faktor *method* 2 x
- 4) Faktor *machine* 1 x

Dari empat faktor akar penyebab masalah *waste*, ada dua faktor utama yang mempunyai frekuensi terbanyak, yakni faktor dana (*Money*), khususnya berkenaan dengan arus kas kontraktor, dan manusia (*Man*) yang terlibat langsung di lokasi proyek, yang terdiri dari tenaga kerja konstruksi, mandor/kepala tukang, dan pengawas lapangan.

5. Usulan *Improvement* untuk Peta Kondisi Perbaikan (*Future State Map*)

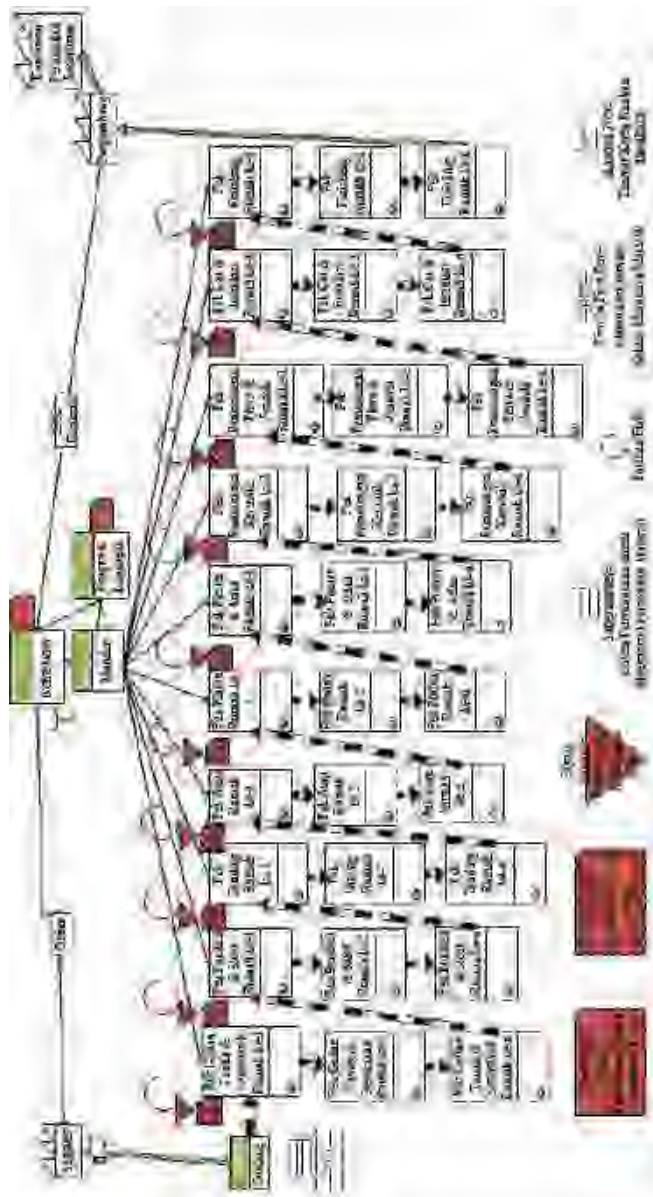
Future State Map merupakan hasil dari perbaikan proses, dengan menggunakan alat lean yang digunakan untuk merampingkan *value stream* melalui identifikasi *waste*, menganalisis akar penyebab *waste*, dan menghilangkan kegiatan yang tidak menambah nilai (NVA). (Wenchi, 2015). Pengembangan *Future State Map* dimulai dengan menargetkan area/fokus utama pada *Current State Map* yang perlu untuk ditingkatkan (*improvement*) dengan menggunakan sistem tarikan yang ideal (*The Ideal Pull System*) yang bisa dicapai dalam praktik di masa mendatang (Wenchi, 2015).

Oleh karena itu, *Future State Map* harus dibuat berdasarkan hasil analisis akar masalah (RCA) yang telah ditentukan sebelumnya, yakni berkaitan dengan faktor *money* dan faktor manusia (*man*). Kedua akar masalah tersebut harus dilakukan *improvement* dengan melakukan eliminasi *waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing* dan *Waiting* melalui pengembangan sistem kerja yang lebih efektif dan efisien di lokasi proyek menggunakan Sistem Tarikan (*Pull System*).

Sistem Tarikan (*Pull System*) merupakan teknik *Lean* untuk mengurangi *waste* di setiap proses produksi. Menerapkan sistem tarikan memungkinkan untuk memulai pekerjaan baru hanya apabila terdapat permintaan pelanggan, sehingga bisa mengurangi *overhead* dan mengoptimalkan biaya penyimpanan. Pada dasarnya, penerapan sistem tarikan bertujuan untuk membuat produk berdasarkan permintaan aktual dan bukan berdasarkan perkiraan. Dengan melakukan itu, sehingga bisa fokus untuk menghilangkan aktivitas *waste* dan mengoptimalkan sumber daya serta mengurangi kemungkinan kelebihan persediaan. Selain itu, menerapkan sistem tarikan akan memungkinkan pekerjaan bisa selesai tepat waktu (Kanbanize, 2019).

Bentuk *Pull system* yang diusulkan untuk diterapkan adalah 1) aliran informasi, menggunakan sistem Kanban yang merupakan sistem komunikasi untuk mengontrol aliran kegiatan di area proyek, dan 2) aliran material, menempatkan tenaga logistik di gudang penyimpanan, untuk mengatur dan mengecek ketersediaan material selama proses pembangunan berlangsung. Tenaga logistik juga diharapkan untuk menerapkan sistem “*Supermarket*”, yang berfungsi untuk penyimpanan dan mengontrol *inventory* dan sistem “*FIFO*” (*First In First Out*), yang berfungsi untuk mengontrol keluar masuknya material.

Adapun penggambaran Peta Kondisi Perbaikan (*Future State Map*) yang diusulkan ada pada gambar berikut:



Gambar 34. *Future State Map* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Kanban dibuat oleh kontraktor dan pengawas lapangan untuk mandor dalam bentuk kartu yang bertujuan untuk mengontrol progres pembangunan yang dijalankan oleh pekerja. Kartu kanban dibikin berdasarkan perencanaan dan penjadwalan kerja dan disesuaikan dengan setiap pekerjaan (pekerjaan galian tanah hingga pekerjaan *finishing*). Terdapat tiga jenis kartu kanban. *Pertama, Production Kanban*, diberikan kontraktor kepada pengawas lapangan, yang bertujuan untuk melakukan pengawasan terhadap proses pembangunan rumah yang dijalankan pekerja konstruksi yang dipimpin mandor. *Kedua, Withdrawal Kanban*, merupakan jenis kartu instruksi pelaksanaan kerja yang diberikan kontraktor kepada mandor untuk segera memimpin pelaksanaan kerja, *Ketiga, Signal Kanban* merupakan kartu sinyal yang diberikan kontraktor kepada kepala tukang setiap pekerjaan. Ketiga jenis kartu ini kemudian ditempel di dinding kantor kontraktor sebagai tempat meletakkan kartu kanban (*Kanban Post*). Kartu yang diletakkan oleh pengawas lapangan, mandor dan kepala tukang tiap harinya, harus dievaluasi oleh kontraktor secara berkala setiap akhir pekan guna mengetahui kendala yang terjadi selama proses pembangunan berlangsung.

Di tempat yang berbeda, seyogianya juga menempatkan operator logistik di gudang penyimpanan yang bertanggung jawab terhadap material, mulai dari penyimpanan, ketersediaan, distribusi ke unit-unit rumah, order, pelaporan ke kontraktor, mengecek material yang datang dari *supplier*, dan sebagainya. Di gudang ini juga diusulkan untuk menerapkan sistem *supermarket*, yakni sebagai tempat penyimpanan dan pengontrolan *inventory* material, serta menerapkan sistem FIFO (*First In First Out*), untuk mengatur keluar masuknya material, alhasil bisa diketahui kapan material habis dan harus segera dilakukan order kembali.

BAB 10

VALIDASI PETA KONDISI PERBAIKAN (*FUTURE STATE MAP*) MENGGUNAKAN *FOCUS GROUP DISCUSSION* (FGD)

A. Karakteristik Peserta FGD

Guna memvalidasi usulan Peta Kondisi Perbaikan (*Future State Map*) yang telah dibuat, kemudian dilakukan kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD). Peserta yang dilibatkan pada FGD ini di antaranya pihak-pihak yang dianggap berkompeten dalam suatu proyek konstruksi, terutama dalam proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*low cost housing*), yakni kontraktor, pengawas lapangan, mandor dan kepala tukang yang ada di perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2 dan Pakubuwono Residence. Adapun peserta FGD yang dapat memberikan informasi dari empat perumahan tersebut bisa ditilik pada tabel berikut:

Tabel 96. Karakteristik Peserta FGD

No	Perumahan	Peserta	Jabatan	Pendidikan	Lama Bekerja
1	Green New Residence	1	Kontraktor	S1 Ekonomi	6
		2	Pengawas Lapangan	SMA	3
		3	Mandor	SMA	5
		4	Kepala Tukang	SD	2
2	Pondok Afi 1	5	Kontraktor	S1 Ekonomi	5
		6	Pengawas Lapangan	SMA	3
		7	Mandor	SMP	4
		8	Kepala Tukang	SD	1
3	Pondok Afi 2	9	Kontraktor	S1 Ekonomi	6

No	Perumahan	Peserta	Jabatan	Pendidikan	Lama Bekerja
		10	Pengawas Lapangan	SMP	2
		11	Mandor	SD	4
		12	Kepala Tukang	SD	3
4	Pakubuwono Residence	13	Kontraktor	S1 Ekonomi	3
		14	Pengawas Lapangan	SMA	1
		15	Mandor	SD	2
		16	Kepala Tukang	SD	1

Berdasarkan tabel di atas, sebanyak 16 peserta memberikan tanggapannya terhadap usulan peta kondisi perbaikan (*Future State Map*). Ada enam macam pertanyaan yang diajukan dalam FGD ini yang terdiri dari empat pertanyaan yang berhubungan dengan Kartu Kanban, dan dua pertanyaan yang berkaitan dengan pelibatan operator logistik.

1. Berkaitan dengan penggunaan Kartu Kanban (*Production Kanban* untuk pengawas lapangan, *Withdrawal Kanban* untuk mandor dan *Signal Kanban* bagi kepala tukang), di antaranya:
 - a. Bagaimana tanggapan Bapak mengenai Kartu Kanban ini?
 - b. Bagaimana tanggapan Bapak jika Kartu Kanban ini diterapkan dalam pelaksanaan pembangunan rumah di perumahan tempat Bapak bekerja?
 - c. Apa kesulitan yang akan Bapak hadapi jika Kartu Kanban ini diterapkan?
 - d. Apakah Kartu Kanban ini dapat membuat pekerjaan Bapak dalam membangun rumah menjadi lebih terarah?
2. Berkaitan dengan pelibatan operator logistik.
 - a. Apakah Bapak mengetahui tentang operator logistik dan fungsinya dalam suatu proyek konstruksi?
 - b. Apakah operator logistik diperlukan dalam suatu kegiatan pembangunan rumah di perumahan sederhana?

Input atau masukan dalam usulan peta kondisi perbaikan (*Future State Map*) merupakan elemen pendukung untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Komunikasi yang jelas dari pelaksanaan *Focus Group Discussion* ini diharapkan bisa memberikan gambaran yang jelas atau bahkan masukan yang berarti untuk perbaikan pelaksanaan sistem Kanban dan pelibatan operator logistik yang diusulkan.

B. Hasil Validasi Peta Kondisi Perbaikan (*Future State Map*)

Berdasarkan hasil pelaksanaan *Focus Group Discussion* (FGD), didapat masukan/input seperti diuraikan berikut ini.

1. Berkaitan dengan penggunaan Kartu Kanban
 - a. Pertanyaan tentang Kartu Kanban

Tabel 97. Hasil FGD tentang Kartu Kanban

Pertanyaan	JAWABAN FGD			
Bagaimana tanggapan Bapak mengenai Kartu Kanban ini?	Peserta 1	Bagus, perlu dicoba	Peserta 9	Bagus, perlu dicoba
	Peserta 2	Bagus	Peserta 10	Bagus, perlu dicoba
	Peserta 3	Bagus, tapi agak merepotkan	Peserta 11	Bagus, perlu dicoba
	Peserta 4	Tidak Tahu	Peserta 12	Tidak Tahu
	Peserta 5	Bagus	Peserta 13	Bagus, perlu dicoba
	Peserta 6	Bagus	Peserta 14	Bagus, perlu dicoba
	Peserta 7	Tidak Tahu	Peserta 15	Bagus
	Peserta 8	Tidak Tahu	Peserta 16	Tidak Tahu
Kesimpulan	Rata-rata peserta FGD memberikan jawaban cukup bagus terhadap Kartu Kanban.			

Berdasarkan hasil FGD, diketahui bahwa Kartu Kanban cukup bagus, dan bahkan beberapa peserta memberikan usulan untuk dicoba penerapannya di lokasi proyek.

b. Pertanyaan tentang penerapan Kartu Kanban

Tabel 98. Hasil FGD tentang Penerapan Kartu Kanban

Pertanyaan	JAWABAN FGD			
	Bagaimana tanggapan Bapak jika Kartu Kanban ini diterapkan dalam pelaksanaan pembangunan rumah di perumahan tempat Bapak bekerja	Peserta 1	Perlu diterapkan bertahap	Peserta 9
Peserta 2		Perlu diterapkan bertahap	Peserta 10	Perlu diterapkan bertahap
Peserta 3		Perlu diterapkan bertahap	Peserta 11	Perlu diterapkan bertahap
Peserta 4		Tidak Tahu	Peserta 12	Tidak Tahu
Peserta 5		Bagus, perlu diterapkan bertahap	Peserta 13	Perlu diterapkan bertahap
Peserta 6		Bagus, perlu diterapkan bertahap	Peserta 14	Perlu diterapkan bertahap
Peserta 7		Perlu diterapkan bertahap	Peserta 15	Perlu diterapkan bertahap
Peserta 8		Tidak Tahu	Peserta 16	Perlu diterapkan bertahap
Kesimpulan	Rata-rata peserta FGD memberikan jawaban perlu untuk menerapkan Kartu Kanban secara bertahap.			

Sesuai hasil FGD, untuk pertanyaan tentang penerapan Kartu Kanban di lokasi proyek tempat peserta bekerja, rerata mereka memberikan jawaban perlu untuk diterapkan, tetapi bertahap. Hal ini karena berkaitan dengan kondisi lokasi proyek dan kebijakan pengembang di setiap perumahan.

c. Pertanyaan tentang kesulitan penerapan Kartu Kanban.

Tabel 99. Hasil FGD tentang Kesulitan Menerapkan Kartu Kanban

Pertanyaan	JAWABAN FGD			
Apa kesulitan yang akan Bapak hadapi jika Kartu Kanban ini diterapkan?	Peserta 1	Agak sulit, karena belum terbiasa	Peserta 9	Agak sulit, karena belum terbiasa
	Peserta 2	Agak sulit, karena belum terbiasa	Peserta 10	Agak sulit, karena belum terbiasa
	Peserta 3	Agak sulit	Peserta 11	Sulit dilaksanakan
	Peserta 4	Ribet	Peserta 12	Sulit dilaksanakan
	Peserta 5	Agak sulit, karena belum terbiasa	Peserta 13	Agak sulit, karena belum terbiasa
	Peserta 6	Agak sulit, karena belum terbiasa	Peserta 14	Agak sulit, karena belum terbiasa
	Peserta 7	Agak sulit, karena belum terbiasa	Peserta 15	Agak sulit, karena belum terbiasa
	Peserta 8	Sulit dilaksanakan	Peserta 16	Agak sulit, karena belum terbiasa
Kesimpulan	Rata-rata peserta memberikan jawaban agak ribet, karena belum terbiasa.			

Sesuai dengan hasil FGD, setelah dilakukan simulasi penggunaan Kartu Kanban di lokasi proyek, rerata peserta memberikan jawaban agak kesulitan untuk menggunakannya. Namun, umumnya mereka menyatakan bahwa hal ini terjadi karena mereka belum terbiasa menggunakannya.

d. Pertanyaan tentang manfaat Kartu Kanban.

Tabel 100. Hasil FGD tentang Manfaat Kartu Kanban

Pertanyaan	JAWABAN FGD			
	Apakah Kartu Kanban ini dapat membuat pekerjaan Bapak dalam membangun rumah menjadi lebih terarah?	Peserta 1	Ya	Peserta 9
Peserta 2		Ya	Peserta 10	Ya
Peserta 3		Ya	Peserta 11	Ya
Peserta 4		Tidak tahu	Peserta 12	Ya
Peserta 5		Ya	Peserta 13	Ya
Peserta 6		Ya	Peserta 14	Ya
Peserta 7		Ya, tapi agak sulit dilaksanakan	Peserta 15	Ya, tapi agak sulit dilaksanakan
Peserta 8		Tidak tahu	Peserta 16	Ya, tapi agak sulit dilaksanakan
Kesimpulan	Rata-rata peserta memberikan jawaban bahwa Kartu Kanban dapat membuat pekerjaan mereka menjadi lebih terarah.			

Berdasarkan hasil FGD, dapat diketahui bahwa Kartu Kanban bisa menjadikan pekerjaan mereka lebih baik, meski agak sulit dalam pelaksanaannya.

2. Berkaitan dengan pelibatan operator logistik.
 - a. Pertanyaan tentang operator logistik dan fungsinya.

Tabel 101. Hasil FGD tentang Operator Logistik dan Fungsinya

Pertanyaan	JAWABAN FGD			
	Apakah Bapak mengetahui tentang operator logistik dan fungsinya dalam suatu proyek konstruksi?	Peserta 1	Ya	Peserta 9
Peserta 2		Ya	Peserta 10	Ya
Peserta 3		Ya	Peserta 11	Ya
Peserta 4		Ya	Peserta 12	Ya
Peserta 5		Ya	Peserta 13	Ya
Peserta 6		Ya	Peserta 14	Ya
Peserta 7		Ya	Peserta 15	Ya
Peserta 8		Ya	Peserta 16	Ya
Kesimpulan	Rata-rata peserta memberikan jawaban mengetahui tentang operator logistik.			

Berdasarkan hasil FGD, diketahui bahwa peserta mengerti tentang operator logistik. Selain itu, mereka juga memahami fungsi dari operator logistik pada suatu proyek konstruksi.

- b. Pertanyaan tentang perlunya keterlibatan operator logistik.

Tabel 102. Hasil FGD tentang Perlunya Keterlibatan Operator Logistik

Pertanyaan	JAWABAN FGD			
Apakah operator logistik diperlukan dalam suatu kegiatan pembangunan rumah di perumahan sederhana?	Peserta 1	Ya	Peserta 9	Tidak perlu
	Peserta 2	Ya	Peserta 10	Ya
	Peserta 3	Ya	Peserta 11	Ya
	Peserta 4	Ya	Peserta 12	Ya
	Peserta 5	Ya	Peserta 13	Ya
	Peserta 6	Ya	Peserta 14	Ya
	Peserta 7	Tidak perlu	Peserta 15	Ya
	Peserta 8	Ya	Peserta 16	Ya
Kesimpulan	Rata-rata peserta memberikan jawaban perlu dilibatkannya operator logistik.			

Dari tabel tersebut didapatkan hasil bahwa nyaris sebagian besar peserta memberikan jawaban perlunya keterlibatan operator logistik. Mengingat banyaknya material yang dibutuhkan dalam pembangunan rumah, khususnya pembangunan beberapa unit rumah yang dibangun secara bersamaan.

Berdasarkan hasil FGD terkait penggunaan Kartu Kanban pada pembangunan rumah di perumahan sederhana, diperoleh konklusi bahwa secara umum Kartu Kanban bisa diaplikasikan, tetapi secara bertahap. Artinya, pihak pengembang harus melihat kondisi kontraktor yang akan menerapkan Kartu Kanban ini, apakah sudah mempunyai pengalaman membangun rumah di

perumahan ataukah tidak. Selain itu, berhubungan dengan pelibatan operator logistik, secara umum, semua peserta FGD sepakat untuk melibatkannya dalam suatu pelaksanaan pembangunan rumah konsumen. Utamanya berkaitan dengan pengaturan material di lokasi proyek.

BAB 11

VALUE STREAM MAPPING (VSM) PADA PROSES PEMBANGUNAN RUMAH DI PERUMAHAN SEDERHANA (LOW COST HOUSING)

Value Stream Mapping (VSM) merupakan teknik yang kuat untuk memvisualisasikan pemborosan (*waste*) dan sumbernya, serta menunjukkan urutan pekerjaan dalam operasi internal, yang melibatkan aktivitas yang menambah nilai (*Value Added*) dan tidak menambah nilai (*Non-value Added*). VSM mencakup potret dari kondisi saat ini (*Current State Map*), bersama dengan peta kondisi perbaikan (*Future State Map*) yang menggambarkan situasi setelah menghilangkan *waste* (Sullivan, *et al.*, 2002 dan Long, *et al.*, 2010, *cit. Modegh*, 2013). VSM memungkinkan untuk mengidentifikasi seluruh aliran nilai (*Value Stream*), masalah utama dan proses pemborosan (*waste*), dan untuk mempertimbangkan tindakan perbaikan (*improvement*). Namun, implementasi VSM pada proyek konstruksi perlu dimodifikasi, karena sifat industri manufaktur berbeda dengan industri konstruksi (Pasqualini, *et al.*, 2005). Hal ini penting diperhatikan, karena perkembangan industri konstruksi yang semakin bergerak menuju penerapan strategi yang berkelanjutan dan peningkatan target efisiensi (Calvanho, *et al.*, 2017; Chien Liang, *et al.*, 2017; dan Dinesh, *et al.*, 2017), sehingga diperoleh *benefit* yang maksimal, seperti halnya industri konstruksi pada proyek perumahan.

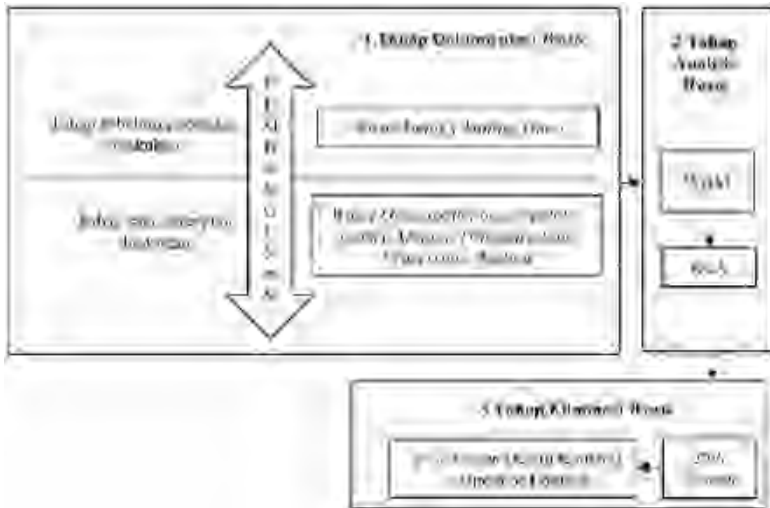
Salah satu konsep utama VSM ialah dengan mengidentifikasi pemborosan (*waste*) dan melakukan tindakan eliminasi/reduksi terhadap *waste* melalui berbagai tindakan dan strategi yang tepat.

Oleh karena itu, perlu ditentukan strategi penerapan VSM supaya diperoleh hasil yang baik dalam upaya mengatasi masalah *waste*, terutama pada proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*low cost housing*). *Waste* yang dimaksud terdiri dari tujuh *waste* utama, di antaranya *Overproduction*, *Inventory*, *Defect*, *Motion*, *Transportation*, *Processing*, dan *Waiting*. Dalam Lean Construction Institute (2015), disebutkan bahwa ketujuh *waste* ini merupakan hal yang sangat mengganggu, sehingga perlu dihilangkan supaya tercipta kegiatan yang menambah nilai (*value added*) dalam setiap prosesnya.

Seluruh *waste* tersebut terjadi di tiap-tiap pekerjaan yang mencakup 1) pekerjaan galian tanah dan *septic tank*, 2) pekerjaan pondasi dan *sloof*, 3) pekerjaan dinding, 4) pekerjaan pemasangan atap, 5) pekerjaan pemasangan plafon, 6) pekerjaan plester dan acian, 7) pekerjaan pemasangan keramik, 8) pekerjaan pemasangan pintu dan jendela, 9) pekerjaan cat dan instalasi, dan 10) pekerjaan *finishing*.

Dampak yang ditimbulkan dari tujuh *waste* ini tidak sekadar panjangnya durasi penyelesaian yang berakibat pada keterlambatan proyek pembangunan rumah konsumen, tetapi juga berakibat pada kualitas rumah yang kurang layak. Hal ini bisa ditilik berdasarkan aduan konsumen perumahan sederhana (baik data YLKI tahun 2018 dan data Kemen PUPR tahun 2017) tentang kualitas rumah. Dengan kondisi seperti ini, menyebabkan konsumen harus mengeluarkan biaya ekstra untuk melakukan renovasi kembali supaya rumah yang sudah dibeli bisa ditempati. Bahkan, di beberapa kasus perumahan sederhana, komplain konsumen tentang kualitas rumah yang kurang layak ini terkadang tidak ditanggapi secara serius oleh pihak pengembang maupun kontraktor. Alhasil, konsumen perumahan tidak memiliki pilihan, selain melakukan renovasi sendiri.

Dalam penelitian ini, usulan implementasi VSM untuk mengeliminasi semua jenis *waste* tersebut dilakukan melalui tahapan proses seperti Gambar 35 sebagai berikut.



Gambar 35. Tahapan Eliminasi Waste Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Dari gambar tersebut, terlihat bahwa untuk melakukan eliminasi *waste*, tahapan yang dilakukan adalah;

1. Tahap Dokumentasi *Waste*.

Pada tahap ini, *waste* diidentifikasi dan dipetakan dalam suatu bentuk peta kondisi awal (*Current State Map*) guna mengetahui posisi terjadinya *waste* serta jenis-jenis *waste* yang muncul di masing-masing pekerjaan. Adapun *waste* yang berhasil dipetakan ialah *waste Delay (Waiting Time)*, yang terjadi sebelum pekerjaan dilakukan, dan *Waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing, Waiting* yang terjadi ketika pekerjaan dilakukan oleh para pekerja konstruksi.

2. Tahap Analisis *Waste*

Pada tahap ini, *waste* yang sudah dipetakan pada *Current State Map*, dianalisis dengan menggunakan metode *Waste Assessment Model* (WAM) dan dilanjutkan dengan analisis akar masalah dengan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA). Hasil WAM dan RCA akan menjadi masukan untuk dilakukan perbaikan (*Improvement*) yang akan dituangkan dalam bentuk peta kondisi masa depan/perbaikan (*Future State Map*).

3. Tahap Eliminasi *Waste*

Pada tahap ini, eliminasi *waste* diusulkan dengan menggunakan *Pull System* yakni Kartu Kanban serta pelibatan operator logistik guna menangani masalah ketersediaan material di lokasi proyek.

BAB 12

PETA KONDISI AWAL (*CURRENT STATE MAP*) PROSES PEMBANGUNAN RUMAH DI PERUMAHAN SEDERHANA (*LOW COST HOUSING*)

Peta kondisi awal (*Current State Map*) dibuat untuk memetakan kondisi aktual dari suatu proses, di mana seluruh informasi yang diperoleh dicantumkan dalam pemetaan. *Current State Map* digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) dan sumber *waste* yang terjadi. Data yang relevan untuk setiap proses, seperti aliran informasi dan aliran material juga diinput untuk memberikan informasi yang merupakan parameter penting untuk proses berikutnya. Selain itu, ditampilkan pula garis waktu untuk menunjukkan waktu pemrosesan setiap kegiatan supaya bisa diidentifikasi langkah-langkah penambahan nilai, serta pemborosan dalam sistem saat ini (Irani, *et al.*, 2001).

Pada umumnya, *Current State Map* di empat perumahan sederhana (*Low Cost Housing*) (perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence), bisa ditilik pada gambar berikut:

teknik, pengawas lapangan, kontraktor, mandor, pekerja pada kontraktor, *supplier* material bangunan, *supplier* atap baja ringan, *supplier* jendela dan pintu kayu. Secara garis besar, aliran informasi yang dimaksud adalah:

- a. Dimulai saat divisi teknik/pimpinan proyek memberikan SPK dan kontrak kepada kontraktor, kemudian kontraktor menghubungi mandor untuk perencanaan penyediaan material, dan pekerja pada kontraktor, yang dibutuhkan di lokasi proyek. Selain itu, kontraktor melakukan *order* bahan bangunan dan pembayaran tagihannya ke beberapa *supplier* yang berbeda.
- b. Mandor juga memberikan informasi jumlah dan volume material yang harus dipesan oleh kontraktor sesuai dengan kebutuhan.
- c. Apabila pekerja konstruksi dan material sudah tersedia di lokasi proyek, maka proses pembangunan rumah segera dilaksanakan sesuai arahan mandor.
- d. Mandor memberikan arahan kerja ke pekerja konstruksi.
- e. Pekerja konstruksi melakukan pekerjaan secara berurutan sesuai dengan tahapan kerja (dimulai dari pekerjaan galian tanah dan *septictank* hingga pekerjaan *deuker* dan pembersihan).
- f. Mandor juga melakukan pengawasan kerja ke seluruh tahapan kerja.
- g. Selain memberikan arahan, mandor juga berkoordinasi dan memberikan laporan ke kontraktor mengenai progres pembangunan dan pengajuan anggaran *fee* untuk pekerja konstruksi serta pengajuan kebutuhan serta tagihan material.
- h. Mandor juga berkoordinasi dengan pengawas lapangan yang ditunjuk oleh divisi teknik/pimpinan proyek tentang progress pekerjaan dan memberikan laporan material yang sudah habis, agar pihak divisi teknik/pimpinan proyek segera

melakukan pembayaran *fee* kontraktor dan kontraktor bisa order kembali.

- i. Kontraktor kemudian akan memberikan laporan progress 50%, 75%, 100% dalam pembangunan rumah dan pengajuan anggaran untuk termin 1, 2, 3 dan 4 ke divisi teknik.
 - j. Apabila rumah sudah jadi, kontraktor akan memberikan laporan ke divisi teknik/pimpinan proyek untuk segera dilakukan serah terima kunci ke konsumen (*bandover*).
 - k. Kontraktor harus melakukan *repair* dan *rework* jika ada bagian rumah yang masih cacat (*defect*) selama masih garansi (*retensi*) tiga bulan dan konsumen tidak perlu membayar biaya perbaikan. Namun, jika sudah melewati batas tiga bulan, maka konsumen harus membayar biaya perbaikan.
2. Aliran Material

Untuk aliran material dilakukan setiap kontraktor di lokasi proyek, mulai dari tahap pemesanan di toko material, pengiriman material oleh *supplier*, hingga penerimaan dan penyimpanan material di gudang sementara di lokasi proyek, dan didistribusikan ke seluruh unit-unit rumah yang akan dibangun. Secara garis besar, aliran material yang terjadi ada pada gambar berikut:

- pembangunan (pekerjaan galian tanah & *septictank* hingga pekerjaan *finishing*).
- d. Proses kedatangan material ditangani di lokasi proyek ditangani oleh mandor dan akan ditempatkan di gudang sementara yang ada di dekat unit rumah yang akan dibangun di lokasi proyek. Operator penerima material berasal dari mandor atau kepala tukang yang ditunjuk kontraktor. Jumlah material yang datang disesuaikan dengan jumlah yang dipesan.
 - e. Teknik penyimpanan material di lokasi proyek disesuaikan dengan jenis material yang ada, seperti semen harus diletakkan dalam gudang sementara agar tidak terkena hujan, begitu pula dengan triplek, dan sebagainya supaya tidak terjadi kerusakan, dan sebagainya.
 - f. Untuk pengadaan material tiang (kolom), *sloof* dan *ringbalk* yang terbuat dari besi ukuran 10 atau 12, semuanya dirakit di lokasi proyek.
 - g. Mandor harus senantiasa mengecek jumlah dan kualitas material yang akan digunakan, dan melaporkan ke pengawas lapangan jika sudah habis. Pengawas lapangan akan memberikan informasi ke divisi teknik untuk segera memberikan modal kembali bagi kontraktor agar dilakukan pemesanan material kembali.
 - h. Distribusi material disesuaikan dengan tahapan pelaksanaan pembangunan (pekerjaan galian tanah & *septictank* hingga pekerjaan *finishing*).
 - i. Apabila tahapan pelaksanaan pembangunan sudah selesai dan produk rumah sudah jadi, maka akan segera dilakukan serah terima (*handover*) kepada konsumen oleh kontraktor.

Sementara spesifikasi material yang digunakan di perumahan sederhana, umumnya seperti tertera ada pada tabel berikut:

Tabel 103. Spesifikasi Material yang Digunakan di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

No	Item Pekerjaan	Material
1	Pekerjaan galian tanah & <i>Septictank</i>	Semen, pasir, kerikil, besi beton, kawat
2	Pekerjaan pondasi & <i>sloof</i>	Batu kali, semen, pasir, kerikil, besi 12, besi 10, besi 6
3	Pekerjaan dinding	Batako, semen, pasir
4	Pekerjaan pemasangan atap	Atap baja ringan
5	Pekerjaan pemasangan plafon	Triplek 3 mm, kaso 4x6
6	Pekerjaan plester & acian	Semen, pasir
7	Pekerjaan pemasangan keramik	Keramik ukuran 30x30,
8	Pekerjaan pemasangan pintu & jendela	Jendela dan pintu aluminium
9	Pekerjaan cat & instalasi	Cat kualitas standard
10	Pekerjaan <i>finishing</i>	Plesteran semen untuk deuker (jalan di halaman rumah)

Sumber: Perumahan Green New Residence, Pondok Afi 1, Pondok Afi 2, dan Pakubuwono Residence

Material bahan bangunan pada Tabel 103 lazimnya dipesan oleh kontraktor seminggu setelah dikeluarkannya SPK oleh pimpinan proyek/pengembang. Material tersebut dipesan kepada beberapa *supplier* yang berbeda, tergantung kebijakan pengembang dan kontraktor. Karena hal ini berkaitan dengan aliran dana (*cashflow*) pengembang maupun kontraktor.

3. *Waste* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Sesuai dengan *Current State Map*, dapat diketahui tentang kondisi eksisting proses pembangunan rumah yang dijalankan kontraktor melalui tenaga kerja konstruksi dan dipimpin oleh mandor. Selain ada aliran informasi dan aliran material, pada

Current State Map juga teridentifikasi tujuh *Waste* utama, yakni *Overproduction*, *Inventory*, *Defect*, *Motion*, *Transportation*, *Processing*, dan *Waiting*.

- a. *Waste Overproduction*, merupakan pekerjaan yang dilakukan menghasilkan produk melebihi permintaan, seperti adukan semen dan pasir yang terlalu banyak, pemotongan besi untuk *sloof* atau kolom/tiang yang terlalu banyak, dan lain-lain. *Overproduction* disebabkan oleh beberapa faktor, seperti *skill* pekerja konstruksi yang kurang berpengalaman, atau mandor dan kepala tukang terlambat dalam memberikan arahan kerja, sehingga banyak material yang terbuang karena sudah tidak bisa dimanfaatkan kembali. Akibatnya, biaya material yang dikeluarkan menjadi lebih besar dan waktu penyelesaian menjadi lebih lama (terjadi *Cost Overrun* dan *Time Overrun*). Bahkan, menurut Pereira (2009), *Overproduction* merupakan induk dari semua *waste*, karena bisa melahirkan *waste* lainnya, seperti *waiting time*, maupun limbah yang berbentuk fisik.
- b. *Inventory* merupakan penumpukan barang di gudang penyimpanan karena barang-barang material yang tidak tersusun dengan rapi. Hal ini bisa menyebabkan kerusakan material atau penurunan kualitas material karena sistem penyimpanan yang tidak memadai dan kondisi penyimpanan. Akibatnya, apabila bahan dengan kualitas buruk masih digunakan, maka akan berdampak pada cacat bangunan sehingga perbaikan dan pengerjaan ulang harus dilakukan.

Inventory terjadi karena tidak terdapat operator logistik yang bertanggung jawab atas materi yang tersedia, seperti mengatur masuk dan keluarnya material ke unit perumahan yang akan dibangun, periksa jumlah dan kondisi material yang berasal dari *supplier*, mengatur material di gudang penyimpanan, mengecek ketersediaan material di gudang penyimpanan, dan penyediaan sarana (gerobak) yang

memadai. Selain itu, petugas logistik juga harus secara intens melaporkan ketersediaan material kepada kontraktor, sehingga dapat melakukan pemesanan kembali apabila material sudah habis dan proses pekerjaan akan segera dilakukan.

- c. *Defect* merupakan hasil dari proses konstruksi yang tidak sesuai harapan, seperti dinding yang retak, kebocoran atap, cat yang mengelupas, dan sebagainya. Hal ini terjadi karena proses kerja dan bahan yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan. Akibatnya, pekerja harus melakukan *repair* dan *rework*, sehingga dapat berdampak pada mundurnya waktu *Work in Process* (WIP) untuk setiap pekerjaan.

Defect merupakan hasil pekerjaan yang tidak memenuhi persyaratan. Waje, *et al.*, (2012) mengungkapkan bahwa *defect* pada bangunan mengindikasikan level mutu produk konstruksi. Selain itu, *defect* juga bisa memberikan dampak bagi performa proyek konstruksi, karena berdampak pada peningkatan biaya, waktu dan sumber daya dalam proyek. Konstruksi bangunan yang *defect* tidak sekadar berkontribusi terhadap biaya akhir produk, tetapi juga berdampak terhadap biaya perawatan, bahkan kegagalan (*failure*) struktur bangunan.

Defect bisa terjadi di waktu-waktu tertentu di mana konsumen mempunyai hak untuk mengajukan komplain kepada developer, yakni sebelum masa garansi, masih masa garansi dan sesudah masa garansi. Berdasarkan hasil survei pendahuluan yang dilakukan peneliti di Perumahan Citra Garden Residence tahun 2013, ditemukan data waktu terjadinya *defect* seperti tabel berikut.

Tabel 104. Data Waktu Terjadinya *Defect* Bangunan Rumah di Perumahan Citra Garden Residence

No	Waktu Terjadinya Kerusakan (<i>Defect</i>)	Tahun				
		2008	2009	2010	2011	2012
1	Sebelum Masa Garansi (Serah Terima Kunci)	115	168	40	49	356
2	Masih Masa Garansi (3 – 6 Bulan Setelah Serah Terima)	300	333	141	333	502
3	Sesudah Masa Garansi (Di atas 6 Bulan Setelah Serah Terima)	105	140	29	73	46
JUMLAH		520	641	210	455	904

Sumber: Diolah dari Data Komplain Konsumen di *Customer Service* Perumahan Citra Garden Residence, (2013)

Jika ditelaah lebih lanjut dari data menyoal jenis-jenis *defect* dan waktu terjadinya *defect* di atas, diperoleh konklusi bahwa *defect* merupakan masalah yang cukup penting untuk diperhatikan, sebab *defect* bisa menghasilkan 4% dari nilai kontrak proyek tempat tinggal yang baru dibangun atau renovasi (Mills, *et al.*, 2009). Konsekuensinya, biaya *defect* akan mengurangi keuntungan perusahaan pembangun (*builder*) dan organisasi manajemen *real estate* serta bisa merusak reputasi perusahaan dan mengurangi kepuasan konsumen (Sommerville, *et al.*, 2006; Forcada, *et al.*, 2012). Oleh karena itu, *defect* bangunan berpengaruh secara signifikan terhadap industri dan masyarakat, serta termasuk ke dalam masalah kritis yang harus ditangani (Forcada, *et al.*, 2016).

- d. *Motion* merupakan gerakan yang tidak perlu yang dilakukan pekerja konstruksi saat melakukan pekerjaan. Capital (2004) mengungkapkan bahwa *motion* merupakan gerakan fisik yang tidak perlu yang dilakukan oleh pekerja sehingga mengalihkan mereka dari pekerjaan pemrosesan yang sebenarnya. Hal ini bias disebabkan oleh rantai pabrik/lokasi proyek yang kurang memadai, sehingga berpengaruh pada gerakan tubuh atau ergonomi dan dapat memperlambat kerja (Capital, 2004). Hal ini melibatkan ergonomi produksi yang buruk, di mana operator harus meregangkan, menekuk, dan mengambil ketika tindakan tersebut dapat dihindari (Rawabdeh, 2005).

Pada pelaksanaan pembangunan rumah di perumahan sederhana, *waste motion* cenderung disebabkan oleh pekerja yang terlambat memperoleh arahan kerja dari mandor, atau tidak ada pengawasan dari mandor maupun pengawas lapangan, sehingga mereka melakukan pekerjaan-pekerjaan yang tidak mendatangkan nilai (*Non-value Added Activities/NVA*). Seperti mengobrol, main ponsel dan sebagainya yang pada akhirnya pekerjaan yang harus dilakukan menjadi terbengkalai.

- e. *Transportation* merupakan kegiatan mengangkut material dari gudang penyimpanan yang tidak memadai. Hal ini terjadi karena jumlah pekerja dan gerobak untuk mengangkut material terbatas, serta kondisi jalan yang tidak memadai (jalan berlumpur) di sekitar lokasi proyek. Akibatnya, pekerjaan menjadi terbengkalai, alur kerja menjadi tidak sejalan dengan rencana, atau bahkan tenaga kerja konstruksi menjadi cepat lelah dan bosan karena harus menunggu material.

Guna mengatasi masalah *waste* ini, Pereira (2009) mengusulkan untuk memperbaiki dan menambah alat-alat

yang dijadikan sebagai sarana untuk memindahkan barang di suatu tempat. Hal ini sejalan dengan keadaan di lokasi proyek perumahan, terutama perumahan sederhana, di mana alat angkut material terkesan seadanya dan dengan jumlah yang tidak memadai. Selain itu, juga karena kurangnya jumlah tenaga kerja yang mengangkut material.

- f. *Processing* merupakan aktivitas pekerjaan yang tidak sesuai dengan persyaratan, seperti membuat campuran semen dan pasir dengan komposisi yang tidak tepat, ubin keramik yang tidak direndam sebelum dipasang, kedalaman galian yang tidak memadai, dan sebagainya. Akibatnya, akan berdampak pada *defect* bangunan, sehingga harus dilakukan *repair* dan *rework* kembali.

Lazimnya, hal ini terjadi karena beberapa faktor, seperti *skill* pekerja yang kurang berpengalaman, tidak ada pengarahan dari mandor atau kepala tukang, serta tidak adanya pengawasan kerja, baik dari mandor maupun dari pengawas lapangan. Adapun dampak yang mungkin terjadi ialah membengkaknya biaya yang harus dikeluarkan untuk material dan tenaga kerja kembali (*Cost Overrun*) dan waktu pekerjaan yang menjadi lebih lama (*Time Overrun*).

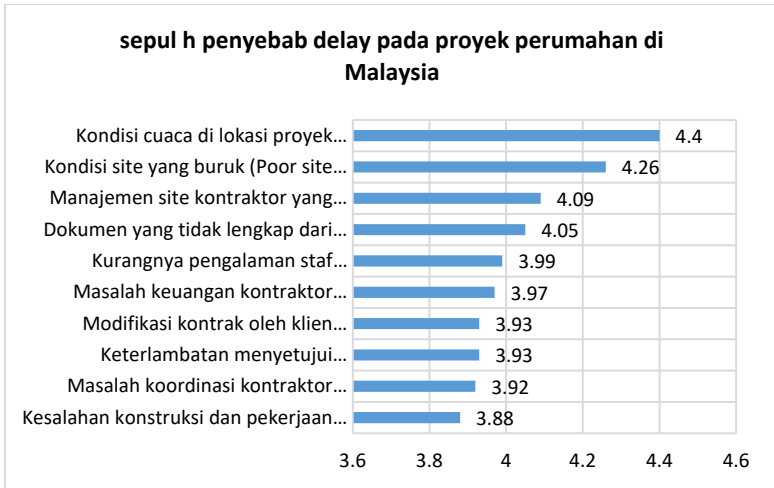
- g. *Waiting/Delay* merupakan kegiatan menunggu, baik menunggu material dari gudang penyimpanan untuk digunakan di unit rumah yang akan dibangun, dan menunggu material dari *supplier*. Selain itu, ada juga kegiatan menunggu arahan kerja dari mandor atau menunggu pekerjaan dimulai, karena adanya keterlambatan penyelesaian proses sebelumnya. *Waiting/Delay* ini terjadi pada saat sebelum pekerjaan dilakukan, dan saat pekerjaan sedang berlangsung yang disebabkan karena a) jumlah pekerja belum tersedia, b) material belum tersedia, c) mandor belum mendapatkan perintah untuk memulai pekerjaan dari kontraktor, dan d)

kontraktor tidak memiliki dana awal yang mencukupi yang akan digunakan untuk membeli material dan dana operasional lainnya.

Delay merupakan kegiatan pemborosan yang terjadi sebelum pekerjaan dilaksanakan. *Waste* ini terjadi di seluruh pekerjaan, mulai dari pekerjaan galian tanah dan *septic tank* hingga pekerjaan *finishing*. Menurut Assaf, *et al.*, (2006), *delay* bisa didefinisikan sebagai waktu penyelesaian pekerjaan melebihi kontrak atau waktu yang tidak sesuai dengan yang disepakati oleh pihak-pihak yang terlibat pada suatu proyek. Bagi *owner*, *delay* berarti kehilangan pendapatan karena banyaknya fasilitas produksi yang harus digunakan saat ini. Bagi kontraktor, *delay* berarti biaya *overhead* yang lebih tinggi karena masa kerja yang lebih lama, biaya material yang lebih tinggi karena inflasi, dan kenaikan biaya tenaga kerja.

Menurut Chan, *et al.*, (2002) *cit.* Mydin, *et al.*, (2014), *delay/waiting time* proyek bisa didefinisikan sebagai insiden yang menyebabkan perpanjangan waktu penyelesaian keseluruhan atau sebagian proyek. Lebih lanjut dikatakan oleh Mydin, *et al.* (2014), *delay* pada proyek perumahan disebabkan oleh sepuluh faktor, yaitu: 1) Kondisi cuaca di lokasi proyek/*site* (*weather conditions on the site*), 2) Kondisi *site* yang buruk (*poor site conditions*), 3) Manajemen *site* yang buruk dari kontraktor (*contractor poor site management*), 4) Dokumen yang tidak lengkap dari konsultan (*incomplete documents by consultant*), 5) Kurangnya pengalaman pada staf konsultan di lokasi proyek (*lack of experience on the part of consultant site staff*), 6) Masalah keuangan kontraktor (*contractor financial problem*), 7) Modifikasi kontrak oleh klien (*contract modifications by client*), 8) Keterlambatan persetujuan perubahan skop pekerjaan oleh konsultan (*delay in approving major changes in the scope of work by consultant*), 9) Masalah koordinasi kontraktor dengan pihak

lain (*contractor coordination problem with other*), 10) Kesalahan konstruksi dan pekerjaan yang cacat (*construction mistakes and defective work*) bisa ditilik pada gambar berikut.



Gambar 39. Sepuluh Penyebab Delay pada Proyek Perumahan di Malaysia (Mydin, et al., 2014)

Dari sepuluh penyebab *delay* di atas, lalu dibagi menjadi empat grup berdasarkan penyebab *delay*, di antara 1) *Delay* yang berhubungan dengan kontraktor, yang menduduki ranking tertinggi dan berpengaruh sangat signifikan pada proyek, 2) *Delay* yang berkaitan dengan konsultan, 3) *Delay* yang berkaitan dengan klien, dan 4) *Delay* yang berkaitan dengan faktor eksternal. Selanjutnya, diungkapkan kembali bahwa konsekuensi yang ditimbulkan dari sepuluh penyebab *delay* tersebut pada proyek adalah 1) waktu yang melewati rencana (*time overrun*), 2) biaya yang melebihi anggaran (*cost overrun*), 3) perbedaan pendapat atau perselisihan (*differences in opinion or disputes*), 4) negosiasi atau arbitrase (*negotiation or arbitration*), 5)

tindakan legal atau litigasi (*legal action or litigation*), 6) pengabaian (*total abandonment*) (Mydin, *et al.*, 2014).

Jika *delay* terjadi pada pekerjaan pertama saja (pekerjaan galian tanah dan *septic tank*), maka bisa dipastikan pekerjaan berikutnya akan mundur dari jadwal yang ditentukan. Hal ini sejalan dengan pendapat Assaaf, *et al.*, (2006) yang mengungkapkan bahwa *delay* akan memberikan dampak negatif pada aktivitas dan hasil proyek. Sebab, *delay* akan memperpanjang durasi dan kenaikan biaya proyek, yang akan berdampak pada peningkatan konsumsi sumber daya dan memerlukan waktu ekstra dalam penyelesaiannya. Pada proyek perumahan, pengembang bisa saja menjadi pemilik proyek sekaligus kontraktor, di mana pengembang harus memenuhi persyaratan tertentu yang dinyatakan secara jelas dalam dokumen kontrak. Apabila hal ini dilakukan, maka keberhasilan penyelesaian proyek dapat ditingkatkan dan *delay* bisa dihindari (Assaaf, *et al.*, 2006). *Delay* juga bisa memengaruhi kinerja proyek. Konsep *delay* ini terjadi karena rencana awal kegiatan proyek tertunda disebabkan oleh kontraktor maupun organisasi di luar kontraktor, seperti pemilik/*owner* (atau pemberi kerja) perancang, subkontraktor, pemasok, serta sejumlah organisasi lain yang berpartisipasi dalam proses konstruksi (Najafabadi, *et al.*, 2013). *Delay* membuat biaya *overhead* yang lebih tinggi karena masa kerja yang lebih lama, biaya material yang lebih tinggi, serta kenaikan biaya tenaga kerja (Desai, *et al.*, 2013).

Walaupun menurut Lean Construction Institute (2015) *waste Waiting* ini tidak dapat dihindari, tetapi bisa meminimalisasinya dengan melakukan perencanaan yang matang terhadap semua kebutuhan proyek yang akan dilakukan setiap waktunya. Oleh karena itu, dibutuhkan pemahaman dan kerja sama yang baik oleh Tim (mandor,

kepala tukang, tenaga kerja konstruksi serta pengawas lapangan) dalam melaksanakan pembangunan rumah bagi konsumen supaya rumah yang dihasilkan berkualitas baik dan diselesaikan dengan tepat waktu (sesuai SPK).

BAB 13

HASIL ASSESSMENT WASTE BERDASARKAN ANALISIS WASTE ASSESSMENT MODEL (WAM) PADA SETIAP PEKERJAAN

A. Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*.

Pekerjaan galian tanah merupakan pekerjaan menggali tanah dengan kedalaman tertentu yang bertujuan untuk membangun pondasi sesuai dengan denah rumah yang diinginkan. Sedangkan, galian *septictank* yakni pekerjaan menggali tanah yang bertujuan untuk pembuangan limbah kotoran, yang biasanya dibuat di halaman bagian depan rumah. Hal ini dilakukan untuk menghindari terkontaminasinya antara air limbah kotoran dengan air bersih yang berasal dari air sumur yang digali di bagian belakang rumah.

Berdasarkan hasil analisis WAM pada pekerjaan galian tanah dan *septictank*, dihasilkan peringkat *waste* pada tabel berikut:

Tabel 105. Peringkat Waste Pekerjaan Galian Tanah dan *Septictank*

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
1	1	<i>Motion</i>	21,62%
2	2	<i>Defect</i>	21,33%
3	3	<i>Inventory</i>	15,8%
4	4	<i>Transportation</i>	13,71%
5	5	<i>Waiting</i>	13,39%
6	6	<i>Processing</i>	11,53%
7	7	<i>Overproduction</i>	2,63%

Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa *waste Motion* menduduki peringkat tertinggi (21,62%) dibanding dengan *waste*

yang lainnya. *Waste Motion* pada pekerjaan galian tanah dan *septictank* merupakan gerakan pekerja yang terlalu lama/lamban untuk menggali tanah pondasi dan membuat *septictank*. *Waste Motion* ini bisa mengakibatkan durasi waktu yang lebih lama pada pekerjaan galian tanah dan *septictank* (*Work in Proses*), sehingga berdampak pada mundurnya pelaksanaan kerja selanjutnya, yakni pekerjaan pondasi dan *sloof*. *Waste Motion* pada pekerjaan galian tanah dan *septictank* ini, tidak sekadar berdampak pada durasi waktu pekerjaan selanjutnya, tetapi juga akan berakibat pada mundurnya waktu penyelesaian pekerjaan beberapa unit rumah secara komprehensif.

B. Pekerjaan Pondasi dan *Sloof*.

Setelah tanah digali dengan ukuran tertentu (pekerjaan galian tanah dan *septictank*), maka dilakukan pekerjaan pondasi (pondasi batu kali). Apabila pondasi sudah jadi, maka di atas pondasi akan dipasang besi *sloof* yang berfungsi sebagai penguat dan pengikat antara pondasi dan dinding.

Hasil perhitungan WAM untuk pekerjaan pondasi dan *sloof* menghasilkan peringkat *waste* pada tabel berikut.

Tabel 106. Peringkat *Waste* Pekerjaan Galian Pondasi dan *Sloof*

No	Peringkat	Jenis <i>Waste</i>	Persentase
1	1	<i>Defect</i>	23,46%
2	2	<i>Overproduction</i>	20,88%
3	3	<i>Motion</i>	13,74%
4	4	<i>Waiting</i>	12,64%
5	5	<i>Inventory</i>	12,25%
6	6	<i>Processing</i>	8,59%
7	7	<i>Transportation</i>	8,44%

Adapun *waste* utama (*ranking* pertama) untuk pekerjaan pondasi dan *sloof* seperti tabel di atas adalah *Defect* (23,46%). Bentuk/jenis *defect* yang dimaksud merupakan pondasi dan *sloof* yang

dibuat miring (tidak lurus/siku) serta kedalaman pondasi yang tidak sesuai dengan spek, yakni hanya 40 cm. Hal ini yang pada akhirnya menyebabkan retak pada dinding/tembok, baik retak kecil/rambut maupun retak yang cukup besar. Kondisi seperti ini sudah barang tentu akan merugikan konsumen, karena mereka harus mengeluarkan biaya ekstra untuk memperbaiki dinding rumah mereka yang retak.

C. Pekerjaan Dinding.

Pekerjaan dinding yang dimaksud adalah pekerjaan membuat dinding (termasuk pembangunan tiang (kolom)) di atas pondasi dan *sloof* yang sebelumnya sudah dibuat. Lazimnya, dinding terbuat dari batako biasa atau batako hebel dan diperkuat dengan tiang (kolom) besi.

Untuk pekerjaan dinding, hasil *assessment waste* menggunakan WAM bisa ditilik pada tabel berikut:

Tabel 107. Peringkat Waste Pekerjaan Dinding

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
1	1	<i>Defect</i>	23,46%
2	2	<i>Overproduction</i>	20,88%
3	3	<i>Motion</i>	13,74%
4	4	<i>Waiting</i>	12,64%
5	5	<i>Inventory</i>	12,25%
6	6	<i>Processing</i>	8,59%
7	7	<i>Transportation</i>	8,44%

Tabel tersebut menunjukkan bahwa *waste* yang menduduki *ranking* pertama untuk pekerjaan dinding adalah *Defect* (23,46%). Jenis *waste defect* yang dimaksud adalah bentuk dinding yang miring dan tidak siku, serta banyak retak sebagai akibat pekerjaan pondasi dan *sloof* yang tidak sesuai spek. Ketika pengamatan, batako yang

dipasang untuk dinding, juga terlihat miring karena proses pengerjaannya tidak menggunakan *waterpass*.

D. Pekerjaan Pemasangan Atap.

Pekerjaan ini lazimnya menggunakan material atap baja ringan dan hasil analisis WAM pada pekerjaan pemasangan atap ada pada tabel berikut.

Tabel 108. Peringkat Waste Pekerjaan Pemasangan Atap

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
1	1	<i>Motion</i>	25,29%
2	2	<i>Defect</i>	23,34%
3	3	<i>Waiting</i>	15,96%
4	4	<i>Processing</i>	15,31%
5	5	<i>Inventory</i>	12,62%
6	6	<i>Transportation</i>	5,68%
7	7	<i>Overproduction</i>	1,81%

Tabel tersebut menunjukkan bahwa peringkat *waste* utama pada pekerjaan pemasangan atap adalah *Motion* (25,29%). Hal ini terjadi di mana pekerja terlalu lama mengerjakan pemasangan atap, karena sebagian besar tenaga kerja konstruksi tidak memahami bagaimana cara memasang atap baja ringan. Kurangnya *skill* dan pengalaman dalam bekerja di proyek, adalah penyebab utama terjadinya *waste Motion* ini. Di samping mandor/kepala tukang yang terlambat, bahkan tidak memberikan arahan pekerjaan yang mereka butuhkan.

E. Pekerjaan Pemasangan Plafon.

Pekerjaan pemasangan plafon merupakan pekerjaan langit-langit rumah, yang merupakan pembatas antara atap dan ruangan di bawahnya. Material yang digunakan biasanya material triplek atau

eternit. Pada pekerjaan pemasangan plafon, hasil analisis WAM bisa ditilik pada tabel berikut:

Tabel 109. Peringkat Waste Pekerjaan Pemasangan Plafon

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
1	1	<i>Defect</i>	20,59%
2	2	<i>Waiting</i>	16,93%
3	3	<i>Motion</i>	16,64%
4	4	<i>Overproduction</i>	15,93%
5	5	<i>Inventory</i>	13,05%
6	6	<i>Processing</i>	10,83%
7	7	<i>Transportation</i>	6,02%

Tabel tersebut menunjukkan bahwa *waste Defect* merupakan *ranking* utama (20,59%) untuk pekerjaan pemasangan plafon. Jenis *waste Defect* ini bisa ditilik bahwa dari hasil pekerjaan pemasangan plafon yang tidak rapi, bahkan ada sebagian plafon yang rusak/berlubang.

F. Pekerjaan Plester dan Acian.

Pekerjaan ini berfungsi untuk menutupi dinding menggunakan adukan plesteran yang terdiri dari semen, pasir, dan air dengan takaran tertentu. Lalu plesteran yang sudah dipasang di dinding, dihaluskan kembali (*diaci*) menggunakan semen yang dicampur air. Berdasarkan hasil analisis WAM untuk pekerjaan plester dan acian, menunjukkan *ranking waste* sebagaimana tabel berikut:

Tabel 110. Peringkat Waste Pekerjaan Plester dan Acian

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
1	1	<i>Defect</i>	18,92%
2	2	<i>Motion</i>	18,21%
3	3	<i>Waiting</i>	16,96%
4	4	<i>Overproduction</i>	15,07%

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
5	5	<i>Inventory</i>	11,51%
6	6	<i>Processing</i>	11,32%
7	7	<i>Transportation</i>	8%

Tabel tersebut menunjukkan bahwa *ranking waste* tertinggi untuk pekerjaan plester dan acian adalah *Defect* (18,92%), yang juga merupakan rangkaian pekerjaan dinding. Hal ini ditandai dengan banyaknya retak dinding pada ruang tamu, ruang tidur, kamar mandi, teras, dan bagian belakang rumah konsumen. Umumnya, *Defect* pada pekerjaan ini terjadi bukan hanya disebabkan oleh *skill* pekerja yang kurang memadai, tetapi juga disebabkan oleh penggunaan, seperti komposisi semen dan pasir yang tidak sesuai dengan spek.

G. Pekerjaan Pemasangan Keramik

Untuk pemasangan keramik, terbatas pada keramik lantai untuk ruang tamu, teras, ruang tidur dan kamar mandi saja. Sesuai hasil analisis WAM, maka *ranking waste* untuk pekerjaan pemasangan keramik ada pada tabel berikut:

Tabel 111. Peringkat Waste Pekerjaan Pemasangan Keramik

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
1	1	<i>Defect</i>	18,49%
2	2	<i>Motion</i>	17,86%
3	3	<i>Waiting</i>	17,12%
4	4	<i>Overproduction</i>	15,16%
5	5	<i>Inventory</i>	11,88%
6	6	<i>Processing</i>	11,25%
7	7	<i>Transportation</i>	8,24%

Tabel tersebut menunjukkan bahwa *ranking waste* utama pada pekerjaan pemasangan keramik yakni *Defect* (18,49%). Hal ini

ditandai dengan banyaknya keramik lantai yang pecah dan terangkat, baik di ruang tamu, ruang tidur, maupun kamar mandi dan teras. Sama halnya dengan pekerjaan lain, bahwa penyebab utama *waste Defect* ini adalah *skill* pekerja yang kurang memadai serta penggunaan material yang tidak sesuai dengan spek. Selain itu, ketika pengamatan juga terlihat bahwa proses pemasangan keramik juga tidak sesuai standar, seperti keramik yang akan digunakan tidak dilakukan proses perendaman terlebih dahulu sebelum digunakan.

H. Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela.

Pemasangan pintu dan jendela digunakan dengan menggunakan material aluminium serta dilengkapi dengan pemasangan aksesorisnya, seperti *handle* pintu, selot, kunci. Hasil analisis WAM untuk pekerjaan pemasangan pintu dan jendela bisa ditilik pada Tabel 112 berikut:

Tabel 112. Peringkat Waste Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
1	1	<i>Defect</i>	19,32%
2	2	<i>Motion</i>	18,47%
3	3	<i>Waiting</i>	17,64%
4	4	<i>Overproduction</i>	13,35%
5	5	<i>Inventory</i>	11,63%
6	6	<i>Processing</i>	11,45%
7	7	<i>Transportation</i>	8,13%

Tabel tersebut menunjukkan bahwa peringkat *waste* pertama untuk pekerjaan pemasangan pintu dan jendela adalah *Defect* (19,32%). Bentuk/jenisnya berupa pintu dan jendela tidak lancar untuk digunakan, aksesoris pintu dan jendela rusak/patah, pintu dan jendela yang miring, karena tidak menggunakan *waterpass* dalam pemasangannya. Terkait dengan penyebab *waste Defect* pada

pekerjaan pemasangan pintu dan jendela, lazimnya sama dengan pekerjaan lainnya, yakni terdiri dari tiga faktor, meliputi: (1) *Skill* pekerja yang kurang memadai, (2) Penggunaan material pintu dan jendela (beserta aksesorinya) yang tidak sesuai dengan spek, dan (3) Proses pengerjaan yang tidak sesuai dengan spek.

I. Pekerjaan Cat dan Instalasi

Pekerjaan pengecatan dilakukan secara bersamaan dengan pemasangan instalasi listrik (stop kontak, meteran, dan lain-lain) serta instalasi air (keran air di ruang dapur, kamar mandi, *shower*, dan sebagainya).

Berdasarkan hasil analisis WAM untuk pekerjaan cat dan instalasi, menghasilkan *ranking waste* seperti tabel berikut:

Tabel 113. Peringkat Waste Pekerjaan Pemasangan Cat dan Instalasi

No	Peringkat	Jenis Waste	Persentase
1	1	<i>Defect</i>	19,32%
2	2	<i>Motion</i>	18,47%
3	3	<i>Waiting</i>	17,64%
4	4	<i>Overproduction</i>	13,35%
5	5	<i>Inventory</i>	11,63%
6	6	<i>Processing</i>	11,45%
7	7	<i>Transportation</i>	8,13%

Tabel tersebut menunjukkan bahwa *ranking waste* utama pada pekerjaan cat dan instalasi adalah *Defect* (19,32%), seperti cat tembok yang penuh bercak, menggelembung atau berjamur, khususnya di tempat-tempat yang langsung bersebelahan dengan kamar mandi. Selain masalah cat, juga ada pemasangan instalasi listrik yang tidak memenuhi syarat, karena banyak stop kontak/saklar listrik yang terbuka, sehingga terkesan tidak rapi, bahkan akan membahayakan konsumen perumahan.

J. Pekerjaan *Finishing*.

Pekerjaan *finishing* merupakan pekerjaan terakhir dari proses pembangunan rumah di perumahan sederhana, yaitu membuat perkerasan untuk *carport* mobil/motor. Adapun analisis WAM untuk pekerjaan *finishing*, sebagaimana terlihat pada tabel berikut:

Tabel 114. Peringkat *Waste* Pekerjaan *Finishing*

No	Peringkat	Jenis <i>Waste</i>	Persentase
1	1	<i>Defect</i>	18,49%
2	2	<i>Motion</i>	17,86%
3	3	<i>Waiting</i>	17,12%
4	4	<i>Overproduction</i>	15,16%
5	5	<i>Inventory</i>	11,88%
6	6	<i>Processing</i>	11,25%
7	7	<i>Transportation</i>	8,24%

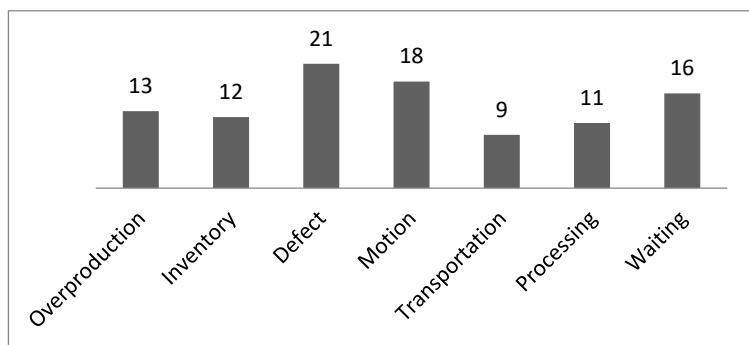
Tabel tersebut menunjukkan bahwa peringkat *waste* pertama untuk pekerjaan *finishing* juga ditempati oleh *waste Defect* (18,49%). Pekerjaan *finishing* merupakan pekerjaan terakhir dari proses pembangunan rumah di perumahan sederhana, yaitu membuat perkerasan untuk *carport* mobil/motor.

Dengan mengacu pada hasil *Waste Assessment Model* (WAM) seluruh *waste* yang terjadi pada tiap-tiap pekerjaan, lalu dilakukan rekapitulasi *waste* seperti ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 115. Rekapitulasi *Waste Assessment Model (WAM)* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

No	Pekerjaan	O (%)	I (%)	D (%)	M (%)	T (%)	P (%)	W (%)
1	Galian Tanah & <i>Septictank</i>	2,63	15,8	21,33	21,62	13,71	11,53	13,39
2	Pondasi & <i>Sloof</i>	20,88	12,25	23,46	13,74	8,44	8,59	12,64
3	Dinding	17,27	9,93	25,13	12,28	9,94	9,22	16,22
4	Atap	1,81	12,62	23,34	25,29	5,68	15,31	15,96
5	Plafon	15,93	13,05	20,59	16,64	6,02	10,83	16,93
6	Plester & Acian	15,07	11,51	18,92	18,21	18	11,32	16,96
7	Pemasangan Keramik	15,16	11,88	18,49	17,86	8,24	11,25	17,12
8	Pemasangan Pintu & Jendela	13,35	11,63	19,32	18,47	8,13	11,45	17,64
9	Cat & Instalasi	13,35	11,63	19,32	18,47	8,13	11,45	17,64
10	<i>Finishing</i>	15,16	11,88	18,49	17,86	8,24	11,25	17,12
	Rata-Rata	13%	12%	21%	18%	9%	11%	16%
	Ranking	4	5	1	2	7	6	3

Secara Grafik, ranking *waste* proses pembangunan rumah di perumahan sederhana berdasarkan WAM pada tabel di atas bisa ditilik pada gambar berikut.



Gambar 40. Persentase *Waste* Proses Pembangunan Rumah di Perumahan Sederhana (*Low Cost Housing*)

Gambar tersebut menunjukkan bahwa untuk seluruh pekerjaan, tipe *waste Defect* menempati *ranking* yang paling tinggi dengan presentase sebesar 21%, diikuti oleh *Motion* dengan persentase 18%, *Waiting* 16%, *Overproduction* 13%, *Inventory* 12%, *Processing* 11% dan tipe *waste* yang paling kecil adalah *Transportation* yakni 9%. Dari data tersebut, diketahui bahwa *Defect*, *Motion* dan *Waiting* merupakan tiga jenis *waste* dengan proporsi yang paling signifikan di dalam keseluruhan proses pembangunan perumahan sederhana. Oleh karena itu, seyogianya ketiga *waste* ini menjadi perhatian utama bagi kontraktor untuk selalu melakukan evaluasi bersama mandor dan pengawas lapangan serta dicari solusi yang tepat untuk mengatasinya. Namun demikian, empat *waste* lain (*overproduction*, *inventory*, *transportation* dan *processing*) juga tidak boleh diabaikan, mengingat, nyaris semua pekerjaan terdapat empat *waste* tersebut dalam pelaksanaannya dan berpotensi menyebabkan terjadinya keterlambatan proyek.

BAB 14

AKAR PENYEBAB TERJADINYA WASTE PROSES PEMBANGUNAN RUMAH DI PERUMAHAN SEDERHANA (*LOW COST HOUSING*)

Sejalan dengan hasil *Root Cause Analysis* (RCA), terdapat dua faktor utama yang merupakan akar penyebab *waste* proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*low cost housing*) yakni faktor dana (*Money*) dan faktor manusia (*Man*).

1. Faktor Dana (*Money*), yakni arus kas kontraktor yang tidak lancar serta kebijakan kontraktor

Hal ini disebabkan oleh minimnya dana yang diberikan pengembang, menyebabkan kontraktor harus melakukan penghematan, seperti menggunakan jasa pekerja yang kurang ahli dan berpengalaman karena mereka mau dibayar murah serta menggunakan material dengan kualitas yang kurang baik. Selain itu, bentuk penghematan yang lain ialah dengan cara mengurangi jumlah karyawan seperti mandor dan pegawai logistik di proyek. Padahal, mandor sangat penting untuk memimpin pelaksanaan kerja dan pegawai logistik untuk mengatur material di lokasi proyek.

Di lain sisi, masalah dana ini juga berhubungan dengan manajemen keuangan kontraktor yang kurang memadai, sehingga terjadi arus kas yang tidak lancar. Akibatnya, terjadi keterlambatan pembayaran pekerja yang bisa menyebabkan produktivitas pekerja menurun, serta terjadi keterlambatan pembayaran material yang bisa menyebabkan *supplier* enggan untuk mengirim bahan material secepatnya ke lokasi proyek.

Selain itu, adakalanya kontraktor yang dilibatkan pengembang tidak mempunyai manajemen yang baik, dan lazimnya dikelola secara asal-asalan. Alhasil, saat mendapatkan proyek dari pengembang, mereka tidak membuat perencanaan yang matang, khususnya dalam hubungannya dengan sumber daya (pekerja konstruksi) dan material yang digunakan.

2. Faktor Sumber Daya Manusia (*Man*)

Selain faktor dana (*Money*), faktor lain yang tidak kalah pentingnya untuk diperhatikan ialah faktor manusia (*Man*), yang mencakup tenaga kerja konstruksi, mandor, pengawas lapangan, serta tidak adanya pekerja logistik yang dilibatkan untuk membantu pelaksanaan pembangunan rumah konsumen.

a. Berkaitan dengan mandor, seperti mandor kurang koordinasi dengan kontraktor/rekan sesama mandor dan sibuk bekerja di tempat lain. Hal ini dapat disebabkan oleh sisi internal (pribadi) mandor yang tidak mempunyai kemampuan manajerial, jiwa kepemimpinan, dan kemampuan pemecahan masalah. Pun, dari sisi eksternal mandor seperti keadaan manajemen organisasi kontraktor, termasuk manajemen keuangan kontraktor. Problem ini berdampak terhadap proses pelaksanaan kerja (Faktor *Method*) pembangunan perumahan sederhana yang dilakukan oleh pekerja konstruksi di lokasi proyek.

b. Berkaitan dengan pekerja konstruksi yang umumnya tidak mempunyai keahlian dan pengalaman yang cukup.

c. Tidak adanya pekerja logistik.

Akibat minimalisasi biaya oleh kontraktor yang meniadakan petugas logistik di lokasi proyek, berakibat pada tersedianya material yang tidak diatur dengan baik. Sesuai dengan hasil pengamatan, mulai dari pemesanan, penerimaan material, penyimpanan, koordinasi dengan *supplier* dan kontraktor, penyediaan gerobak pengangkut, dan pekerja yang

mengangkut material, semuanya dilakukan oleh mandor. Hal ini menyebabkan beban kerja mandor menjadi lebih berat, dan menyebabkan kinerja dan produktivitas mandor sehingga bisa berpengaruh pada kelancaran proses pembangunan.

- d. Berkaitan dengan pengawas lapangan yang umumnya mempunyai jumlah yang kurang memadai untuk melakukan pengawasan lapangan.

BAB 15

PETA REKOMENDASI PERBAIKAN (*FUTURE STATE MAP*) PROSES PEMBANGUNAN RUMAH DI PERUMAHAN SEDERHANA (*LOW COST HOUSING*)

Guna mengatasi dua akar masalah utama, yakni faktor dana dan manusia pada proses pembangunan rumah di perumahan sederhana ini, diusulkan untuk menerapkan Sistem Tarik (*Pull System*). *Pull system* merupakan sistem ideal yang bisa dicapai dalam suatu praktik/kegiatan produksi untuk melakukan *improvement* (Wenchi, *et al.*, 2015). Dalam pelaksanaannya, kerangka kerja *Pull System* yang paling banyak digunakan ialah sistem Kanban, karena mudah dalam aplikasi dan efektivitas dalam memberikan hasil. Selain itu, salah satu hal yang paling populer adalah dengan perkenalannya sejak era *Toyota Production System*. Meskipun awalnya diterapkan di industri manufaktur, Kanban sekarang digunakan oleh organisasi dan tim dari berbagai industri. Sistem Kanban bisa meningkatkan produktivitas perusahaan dan pada saat yang sama meminimalkan *waste* dalam proses produksi (Rahman, *et al.*, 2012).

Sistem kanban merupakan alat yang ampuh untuk mengurangi *waste* selama proses produksi melalui komunikasi langsung (Monteanu, 2007) dengan menggunakan kartu untuk memerintahkan pusat kerja bergerak dan menghasilkan elemen atau komponen tertentu. Kanban berfungsi untuk: 1) Memberikan informasi pengambilan dan transportasi. 2) Memberikan informasi produksi, 3) Mencegah kelebihan produksi atau kelebihan pengiriman, 4) Berlaku sebagai perintah kerja yang ditempelkan langsung ke komponen, 5) Mencegah produk yang cacat dengan

mengenali proses yang menciptakan cacat, 6) Mengungkap masalah yang ada dan memelihara persediaan (Triana, *et al.*, 2019). penggunaan kanban dalam konstruksi bangunan bermanfaat untuk pengurangan *waste*, peningkatan keterlibatan manajer dalam mengambil keputusan, peningkatan otonomi tenaga kerja berkenaan dengan distribusi material, pengurangan aliran operasional dan kontrol inventaris material sesuai permintaan yang lebih baik (Heineck, *et al.*, 2009).

Dalam konteks ini, aplikasi *Pull System* yang diusulkan (sesuai *Future State Map*) di antaranya: 1) Kartu Kanban yang bertujuan untuk melancarkan aliran informasi, 2) Pelibatan Operator Logistik untuk menangani masalah ketersediaan material. Hal seperti ini dirasa sangat tepat, karena menurut Burgos, *et al.*, (2010), kondisi semacam ini sama dengan proyek konstruksi yang ada di Brazil, yakni kurangnya tenaga kerja terampil dan kesulitan dalam mengelola aliran material selama pelaksanaan pekerjaan di lokasi proyek. Oleh karena itu, kontraktor mencari cara melalui *Pull System* (Kanban) guna memfasilitasi komunikasi antara tim manajemen dan pekerja dan bisa mengontrol penggunaan material. Hasilnya, sistem ini mampu berkontribusi untuk meminimalisir masalah, meningkatkan produktivitas, mengurangi *waste* serta mempertahankan anggaran yang telah ditetapkan.

Selain itu, usulan *Pull System* yang diajukan dalam peta kondisi perbaikan (*Future State Map*) ini telah didukung oleh hasil *Focus Group Discussion* yang mengungkapkan bahwa secara umum, para pelaksana (mandor, kepala tukang, pekerja konstruksi maupun pengawas lapangan) mendukung untuk diterapkan *Pull System* tersebut. Meskipun menurutnya, penerapan yang akan dilaksanakan harus bertahap, mengingat kondisi lokasi dan kebijakan yang diterapkan untuk setiap proyek perumahan berbeda-beda.

Dengan menerapkan *Pull System*, diharapkan akan terjadi potensi pengurangan *work in process* (WIP) karena terjadi reduksi

terhadap *waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing* dan *Waiting* yang akan berdampak pada potensi pengurangan keterlambatan proyek. Hal ini ditandai dengan berkurangnya waktu *lead time* proses pembangunan perumahan sederhana karena terjadi pengurangan waktu, khususnya *waste delay*, seperti tabel berikut:

Tabel 116. Total Lead Time Sebelum dan Sesudah Dilakukan Reduksi terhadap Delay

No	Pekerjaan	Perumahan GNR (35 Unit Rumah)				Perumahan PA1 (17 Unit Rumah)				Perumahan PA2 (26 Unit Rumah)				Perumahan PR (21 Unit Rumah)			
		Current State Map LT (Hari)	Future State Map LT (Hari)	Efisiensi (Hari)		Current State Map LT (Hari)	Future State Map LT (Hari)	Efisiensi (Hari)		Current State Map LT (Hari)	Future State Map LT (Hari)	Efisiensi (Hari)		Current State Map LT (Hari)	Future State Map LT (Hari)	Efisiensi (Hari)	
1	Galian Tanah	13	11	2 (15,38%)	8	7	1 (12,5%)		6	5	1 (16,67%)		15	14	1 (6,67%)		
2	Pondasi & Sloof	33	30	3 (9,09%)	18	16	2 (11,11%)		17	15	2 (11,76%)		41	36	5 (12,20%)		
3	Dinding	45	39	6 (13,33%)	22	19	3 (13,64%)		20	17	3 (15%)		53	45	8 (15,09%)		
4	Pemasangan Atap	24	17	7 (29,17%)	18	15	3 (16,67%)		18	14	4 (22,22%)		34	24	10 (29,41%)		
5	Pemasangan Plafon	17	12	5 (29,41%)	12	9	3 (25%)		13	10	3 (23,08%)		21	16	5 (23,81%)		
6	Plester & Acian	45	40	5 (11,11%)	23	21	2 (8,7%)		25	23	2 (8%)		61	53	8 (13,11%)		
7	Pemasangan Keramik	20	14	6 (30%)	18	13	5 (27,78%)		19	15	4 (21,05%)		31	25	6 (19,35%)		
8	Pemasangan Pintu & Jendela	21	14	7 (33,33%)	11	8	3 (27,27%)		8	5	3 (37,5%)		20	15	5 (25%)		
9	Pengecatan & Instalasi	18	13	5 (27,78%)	10	7	3 (30%)		9	6	3 (33,33%)		13	8	5 (38,46%)		
10	Finishing	12	10	2 (16,67%)	7	5	2 (28,57%)		5	4	1 (20%)		10	9	1 (10%)		
Total LT		248	200	48 (19,35%)	147	120	27 (18,37%)		140	114	26 (18,57%)		309	255	54 (17,48%)		

Perumahan GNR= Green New Residence, Perumahan PA1= Pondok Afi 1, Perumahan PA2= Pondok Afi 2, Perumahan PR= Pakubuwono Residence
 CT= Cycle Time, D= Delay, LT=Lead Time

Untuk perumahan Green New Residence, potensi pengurangan waktu yang terjadi ialah 48 hari (19,35%), perumahan Pondok Afi 1 adalah 27 hari (18,37%), perumahan Pondok Afi 2 yakni 26 hari (18,57%) dan perumahan Pakubuwono Residence 54 hari (17,48%). Sejatinya, potensi pengurangan waktu penyelesaian proyek akan menjadi lebih besar, apabila implementasi *Pull System* untuk mengeliminasi *waste* ketika pelaksanaan kerja (*Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing, dan Waiting*) dikuantifikasi secara detail. Hal ini karena akan terjadi pengurangan *waste* di setiap pekerjaan, mulai dari pekerjaan galian tanah hingga pekerjaan *finishing*. Dengan demikian, akan terjadi percepatan dalam penyelesaian proyek pembangunan perumahan sederhana, sehingga waktu proyek menjadi sesuai dengan kontrak yang disepakati kepada pengembang.

Future State VSM bisa menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam proses konstruksi, dengan terjadinya pengurangan *total lead time*, pengurangan *waste* (NVA) dan peningkatan kegiatan yang menambah nilai (*Value Added Activities*) (Wenchi, *et al.*, 2015) melalui perampingan *value stream* dengan mengidentifikasi *waste*, menganalisis akar penyebab *waste*, dan menghilangkan kegiatan yang tidak menambah nilai (*Non-value Added Activities/NVA*) menggunakan *Pull system*. *Pull system* merupakan sistem ideal yang bisa dicapai dalam suatu praktik/kegiatan produksi untuk melakukan *improvement* (Gunduz, *et al.*, 2017). Keunggulan dari *Pull System* (Kanban) adalah adopsi yang bisa segera dilakukan dengan kondisi proses produksi saat ini, sehingga bisa berevolusi dengan mengenali hambatan (*bottleneck*), *waste* dan variabilitas yang memengaruhi kinerja proses. *Pull system* (Kanban) yang terintegrasi dengan *Value Stream Mapping* akan berdampak positif terhadap produktivitas dan kualitas dalam proyek konstruksi (Raju, *et al.*, 2014).

BAB 16

EPILOG

Kondisi eksisting proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*Low Cost Housing*) masih terdapat kendala *waste*, mencakup *waste Overproduction, Inventory, Defect, Motion, Transportation, Processing* dan *Waiting*). *Waste* terjadi di seluruh proses kerja, mulai dari pekerjaan galian tanah dan *septic tank* hingga pekerjaan *finishing*, yang berakibat pada terjadinya keterlambatan penyelesaian pembangunan rumah bagi konsumen. Hal ini tampak pada penggambaran peta kondisi awal (*Current State Map*) yang menunjukkan adanya seluruh *waste* yang terjadi serta waktu siklus (*Cycle Time*) dan *Lead Time* seluruh pekerjaan yang tidak sesuai dengan Surat Perintah Kerja (SPK) yang diberikan pengembang.

Atas temuan *waste* pada proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*low cost housing*) ini, lalu dilakukan analisis *assessment waste* menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM). Hasil *assessment* terhadap *waste* menunjukkan *ranking* dengan urutan dari teratas hingga paling bawah adalah *Defect* (21%), *Motion* (18%), *Waiting* (16%), *Overproduction* (13%), *Inventory* (12%), *Processing* (11%) dan *Transportation* (9%). Selain itu, dilakukan juga analisis *waste* lanjutan, yakni analisis akar penyebab *waste* menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Hasil analisis RCA menunjukkan bahwa faktor dana (*Money*) dan faktor manusia (*Man*) merupakan dua akar penyebab proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*Low Cost Housing*).

Berdasarkan dua faktor akar penyebab *waste* yang terjadi, seyogianya dilakukan perbaikan (*improvement*) dengan membuat

suatu proses pembangunan rumah yang efektif dan efisien. Adapun usulan pembangunan yang dimaksud ialah dengan menggunakan *Pull System (System Kanban)* yang dijalankan oleh kontraktor. Terdapat tiga jenis kartu yang bisa diterapkan, yakni *Production Kanban*, *Withdrawal Kanban*, dan *Signal Kanban*, yang kesemuanya ditempatkan di kantor kontraktor sebagai Kanban Post. Sedangkan, bagi operator logistik, bisa diterapkan sistem *Supermarket* dan FIFO (*First In First Out*) untuk menangani masalah ketersediaan material. Seluruh usulan tersebut dituangkan ke dalam peta kondisi masa depan (*Future State Map*) proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*Low Cost Housing*).

Hasil riset ini dalam buku ini bermanfaat bagi kontraktor yang akan menjalankan proses pembangunan di perumahan sederhana (*Low Cost Housing*) karena memberikan strategi membangun secara efektif dan efisien, yaitu dengan menerapkan *Pull System (Sistem Kanban)*, supaya proses pembangunan rumah konsumen menjadi lebih lancar dan diharapkan juga selesai tepat pada waktunya (sesuai SPK yang diberikan pengembang). Selain itu, dampak lain dari penerapan *Pull System* ini, diharapkan juga akan memengaruhi kualitas bangunan rumah yang dihasilkan.

Seyogianya dilakukan evaluasi tentang biaya pembangunan rumah yang diberikan pengembang kepada kontraktor. Karena sesuai hasil *Root Cause Analysis (RCA)*, faktor biaya yang rendah menjadi akar masalah dalam proses pembangunan rumah di perumahan sederhana (*Low Cost Housing*). Kontraktor seyogianya selalu membuat perencanaan dan penjadwalan kerja setelah menerima Surat Perintah Kerja (SPK) dari pengembang, sebagai acuan pelaksanaan kerja. Selain itu, perlu ditilik lebih lanjut menyoal waktu pelaksanaan kerja yang ideal bagi kontraktor untuk membangun beberapa unit rumah di perumahan sederhana (*Low Cost Housing*), supaya tidak terjadi keterlambatan kerja.

REFERENCES

- Anonim, 'Undang-Undang RI No.1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman'.
- Anonim, Property Plus Indonesia. 2010. 'Strategi Membangun Bisnis Developer Property', PT Ufuk Publishing House, Jakarta.
- Assaf, S.A. Al Hejji S. 2006. 'Causes of Delay in Large Construction Projects'. *International Journal of Project Management*, 24 (4): 349-357.
- Abdul-Rahman, Hamzah, M. Hassen Al-Tmeemy, Samiah., Harun, Zakaria., & Kho, Mei Ye. 2012. 'The Major Causes of Quality Failures in the Malaysian Building Construction Industry'. *Research & Innovation*, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia.
- Abd El-Razek, M., Bassioni, H., & Mobarak, A. 2008. 'Causes of Delay in Building Construction Projects in Egypt'. *Journal of Construction Engineering Management*, 134, 831-841. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:11(831).
- A. O. Ralph & R. Iyagba. 2012. 'Factors Affecting Contractor Performance: A Comparative Study of Non Value-Adding Activities in Nigeria and Indonesia', vol. 3, no. 5, pp. 467-474.
- Arleroth, J., & Kristensson, H. 2011. 'Waste in Lean Construction—A Case Study of a PEAB Construction Site and The Development', Thesis in the Master of Supply Chain Management, Chalmers University of Technology.
- Al-Kharashi, A., & Skitmore, M. 2009. 'Causes of delays in Saudi Arabian Public Sector Construction Projects'. *Construction*

Management and Economics, 27, 3–23.10.1080/01446190802541457

- André Perroni de Burgos & Dayana Bastos Costa. 2010. 'Assesment of Kanban Use on Construction Sites'. *Proceedings for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Brett Jackson. 2013. 'Seven Wastes', M.S. Workshop Leader (Kaizen Promotion Office) *Contents included in the presentation are informed by our study of the Toyota Production System *Images are from Microsoft Office and are trademarks or registered trademarks of Microsoft Corporation in the United States and/or other countries.
- Chan, D & Kumaraswamy, M. 2002. 'Compressing Construction Duration: Lessons Learned From Hong Kong Building Projects'. *International Journal of Project Management*, Vol. 20 No. 1, pp. 23-35.
- Carvalho, A.C.V., Granja, A.D., & Silva, V.G. 2017. 'A Systematic Literature Review on Integrative Lean and Sustainability Synergies over a Building's Lifecycle'. *Sustainability*, 9(7), 1156; doi:10.3390/su9071156
- Chien-Liang, L. and Chen-Huu, J. 2017. 'Exploring Interface Problems in Taiwan's Construction Projects Using Structural Equation Modeling'. *Sustainability*, 9(5), 822; doi:10.3390/su9050822
- Desai, Megha, & Bhatt Rajiv. 2013. 'A Methodology for Ranking of Causes of Delays for Residential Construction Project in Indian Context'. *International Journal of Emerging Technology and Advance Engineering*, Volume-3, Issue-3, pp 396-404.
- D. Munteanu., & C. Olteanu. 2007. 'Lean Manufacturing- A Success Key Inside of an Industrial Company'. *International Conference on Economic Engineering and*

- Manufacturing System Brasov, Recent 8, No. 3b (21b), p. 540-543.
- Dinesh S., Nitin S & Pratik D. 2017. 'Application of Value Stream Mapping (VSM) for Lean and Cycle Time Reduction in Complex Production Environments: a Case Study'. *Production Planning & Control*, 28:5, 398-419, DOI: 10.1080/09537287.2017.1300352
- Fontanini, P. S. P., Milano, C., S, Fujimoto, A., Lintz, R. C. C., Gachet-Barbosa, L, & Jacintho, A. E. P. G. A. 2013. 'Concrete Slab Value Stream Mapping of Brazilian Residential Buildings - A Lean Construction Study Case'. Paper presented at the 4th International Conference on Manufacturing Science and Engineering, ICMSE 2013, March 30, 2013 - March 31, 690 693. pp. 829-834.
- F. Emuze & John Smallwood. 2014. 'Factors Contributing to Non Value Adding Activities in South African Contractors'. *Journal Engineering Design and Technology*, DOI: 10.1108/JEDT-07-2011-0048.
- Handley, C.C. 2000. 'Quality Improvement Through Root Cause Analysis'. *Hospital Materiel Management Quarterly*, 21(4): p. 74-78.
- Heineck & L. F. M. 2009. *Building Lean Collection—Building with Lean Management*. Fortaleza, Publisher Graphic Expression, V.2 (in Portuguese).
- H. K. Raju & Y. T. Krishnegowda. 2014. 'Value Stream Mapping and Pull System for Improving Productivity and Quality in Software Development Projects'. *Int. J. of Recent Trends in Engineering & Technology*, Vol. 11, June.
- Hari Agung Yuniarto. 2012. 'The Shortcomings of Existing Root Cause Analysis Tools'. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol III WCE 2012, July 4 - 6, London, U.K.

- Hicks, C., Heidrich, O., McGovern, T., & Donnelly, T. 2004. 'A Functional Model of Supply Chains and Waste'. *International Journal of Production Economics*. 89 (2): 165-174.
- J. Felipe, P. Achell, & M. B. Bonet. 2013. 'A Preliminary Proposal for a Waste-Based Management Approach to Improve Performance in Construction'. *Proceeding IGLC-21*, July 2013, Fortaleza, Brazil, pp. 115–124.
- Murat Gunduz & Ayman Fahmi Naser. 2017. 'Cost Based Value Stream Mapping as a Sustainable Construction Tool for Underground Pipeline Construction Projects', doi:10.3390/su9122184, www.mdpi.com/journal/sustainability
- Josephson, P.E & L. Saukkoriipi. 2007. 'Waste in Construction Projects: Call for a New Approach', Chalmers University of Technology, 9197618179.
- Martin, K., & Osterling, M. 2013. *Value Stream Mapping: How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation*. New York: McGraw-Hill.
- N.E. Triana & M.E. Beatrix. 2019. 'Application of Kanban Production System in Labor Intensive Company'. *SINERGI*, Vol. 23, No. 1, February 2019: 33-40
<http://mercubuana.ac.id/index.php/sinergi>
<http://doi.org/10.22441/sinergi.2019.1.005>.
- Nor Azian Abdul Rahman, Sariwati Mohd Sharif, & Mashitah Mohamed Esa. 2013. 'Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation'. International Conference on Economics and Business Research (ICEBR 2013), Available online at www.sciencedirect.com, *Procedia Economics and Finance* 7, 174–180.
- Okes, D. 2009. *Root Cause Analysis. The Core of Problem Solving and Corrective Action*. ASQ Quality Press, Milwaukee, WI.
- O'Connor, R & Swain. B. 2013. *Implementing Lean in Construction: Lean Tools and Techniques—An Introduction*. C730, CIRIA,

London (ISBN:978-0-86017-732-6) Go to: www.ciria.org/service/lean.

- Pasqualini, F., & Zawislak, P. A. 2005. 'Value Stream Mapping in Construction: A Case Study in a Brazilian Construction Company', Paper presented at the 13th International Group for Lean Construction Conference, IGLC 13, July 19, 2005 - July 21, pp. 117-125.
- Rother dan Shook. 2009, 'Value Stream Mapping, http://courses.washington.edu/ie337/Value_Stream_Mapping.pdf
- Rawabdeh. 2005. 'A Model for the Assesment of Waste in Job Shop Environments'. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 25, No. 8, Emerald Group Publishing Limited, 0144 3577.
- Suparno. 2006. *Planning and Housing Development*. ANDI Publisher, Yogyakarta.
- Sarhan, S & Fox, A. 2013. 'Barriers to Implementing Lean Construction in the UK Construction Industry'. *The Built & Human Environment Review*, Volume 6.
- Shima Ghavami Modegh. 2013. 'An Evaluation of Waste in Steel Pipe Rack Installation'. *Proceedings IGLC-21*, Fortaleza, Brazil.
- Sergio Rosenbaum; Mauricio Toledo, Ph.D. & Vicente González, Ph.D. 2014. 'Improving Environmental and Production Performance in Construction Projects Using Value-Stream Mapping: Case Study', [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000793](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000793)
- Shou Wenchi, Jun Wang, Xiangyu Wang & Heap-Yih Chong. 2015. 'An Application of Value Stream Mapping for Turn Around Maintenance in Oil and gas Industry: Case Study and Lessons Learned'. Raidén, A B and Aboagye-Nimo, E (Eds) *Procs 31st Annual ARCOM Conference*, 7-9 September

- 2015, Lincoln, UK. Association of Researchers in Construction Management, 813-822.
- Tersine, R.J. 2004. 'The Primary Drivers for Continuous Improvement: The Reduction of The Triad of Waste'. *Journal of Managerial Issues*, 16(1), pp.15-29.
- 'What is Pull System, Details & Benefits', <https://kanbanize.com/lean-management/pull/what-is-pull-system/>
- Yaxu Lia & José L. Fernández Solís. 2015. 'A Structured Literature Review: Value Stream Mapping (VSM in Construction Industry)'. Department of Construction Science, Texas A&M University, College Station, United States of America.
- Yu, Haitao, & Al-Hussein, Mohammed. 2009. 'Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping'. *Journal of Construction Engineering and Management*.

PROFIL PENULIS



Dr. Nurlaelah, S.T., M.T. merupakan dosen pada Prodi Teknik Sipil dengan konsentrasi Manajemen Konstruksi di Universitas Muhammadiyah Jakarta. Penulis senang melakukan penelitian dengan mahasiswa dan bekerja sama dengan dosen lain di Universitas tempatnya bekerja. Sudah ada beberapa judul penelitian penulis yang dipublikasikan di jurnal internasional dan jurnal nasional bereputasi. Penulis berharap, ia juga bisa bekerja sama untuk melakukan penelitian dan pengabdian masyarakat dengan institusi lain, agar ilmu pengetahuan dalam bidang teknik sipil semakin berkembang, khususnya di Indonesia.

