



TESIS – PM092315

**PERBAIKAN PROSES KONSTRUKSI PEMBANGUNAN
PIPA GAS DENGAN PENERAPAN METODE LEAN
CONSTRUCTION UNTUK MEREDUKSI WASTE**

(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN PIPA GAS PERTAMINA PORONG – GRATI)

**M. RISKI IMANSYAH LUBIS
9113201602**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T**

**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
PROGRAM PASCA SARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



THESES - PM092315

**IMPROVEMENT OF GAS PIPELINE CONSTRUCTION
PROJECT USING LEAN CONSTRUCTION METHOD
FOR WASTE REDUCTION**

(CASE STUDY PERTAMINA PORONG – GRATI GAS PIPELINE PROJECT)

**M. RISKI IMANSYAH LUBIS
9113201602**

**LECTURER
Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T**

**STUDY PROGRAM OF MAGISTER MANAGEMENT TECHNOLOGY
MASTER OF INDUSTRIAL MANAGEMENT
POSTGRADUATE PROGRAM
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

M. Riski Imansyah Lubis
NRP. 9113201602

Tanggal Ujian : 22 Juni 2016
Periode Wisuda : September 2016

Disetujui oleh:

1. **Dr. Ir. Bambang Svairudin, M.T**
NIP. 131879375

(Pembimbing)

2. **Dr. Indung Sudarso, S.T, M.T**
NIDN. 0727115201

(Penguji)

3. **Dr. Ir. Fuad Achmadi, MSME**
NIDN. 0720116103

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana



Prof. Ir. Djauhari Manfaat, M.Sc, PhD
NIP. 19601202 198701 1 001

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : M. RISKI IMANSYAH LUBIS
Nrp. : 3113201602
Jurusan / Fak. : MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
Alamat kontak :
a. Email : imansyah_lubis10@yahoo.com
b. Telp/HP : 08113165500

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PERBAIKAN PROSES KONSTRUKSI PEMBANGUNAN
PIPA GAS DENGAN PENERAPAN METODE LEAN
CONSTRUCTION UNTUK MEREDUKSI WASTE

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal :

Yang menyatakan,

M. RISKI IMANSYAH LUBIS

Nrp. 3113201602

KETERANGAN :

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

**PERBAIKAN PROSES KONSTRUKSI PEMBANGUNAN PIPA GAS
DENGAN PENERAPAN METODE LEAN CONSTRUCTION UNTUK
MEREDUKSI WASTE**

(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN PIPA GAS PERTAMINA PORONG – GRATI)

Nama Mahasiswa : M. Riski Imansyah Lubis
NRP : 9113201602
Pembimbing : Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T

ABSTRAK

Proyek konstruksi pembangunan pipa gas 18” dari Porong ke Grati merupakan salah satu proyek strategis milik Pertamina yang direncanakan akan mengalirkan gas untuk memenuhi kebutuhan pembangkit listrik PLN di Pasuruan. Selama proses pengerjaannya, proyek masih menghadapi permasalahan ketidakefisienan dalam tahap pelaksanaan proses konstruksi sehingga menyebabkan proyek mengalami keterlambatan. Masih banyak ditemukan *waste* (pemborosan) berupa kegiatan yang menggunakan sumber daya namun tidak menambah nilai, seperti : menunggu kedatangan material, adanya cacat pada pipa, menunggu instruksi pekerjaan, dll. Untuk mengatasi masalah ini, maka kemudian dilakukan perbaikan dengan menggunakan metode *Lean Construction* yang bertujuan untuk mengeliminasi *waste* dan meningkatkan *value* dari proyek ini.

Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi seluruh aliran proyek konstruksi pembangunan pipa gas mulai dari tahap perencanaan sampai dengan konstruksi, yang digambarkan dalam *Big Picture Mapping*. Selanjutnya adalah mengaplikasikan *Value Stream Analysis* untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi selama proyek berlangsung. Tahap selanjutnya adalah penelusuran akar penyebab terjadinya *waste* tersebut, supaya kemudian dapat dilakukan manajemen risiko dan mengupayakan perbaikan terhadap keseluruhan proses proyek konstruksi dengan penerapan aplikasi *Lean Construction*.

Kata kunci : *Waste, Big Picture Mapping, Value Stream Analysis, Root Cause, Lean Construction*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

**IMPROVEMENT OF GAS PIPELINE CONSTRUCTION PROJECT
USING LEAN CONSTRUCTION METHOD FOR WASTE REDUCTION
(CASE STUDY PERTAMINA PORONG – GRATI GAS PIPELINE PROJECT)**

ABSTRACT

Student Name : M. Riski Imansyah Lubis
Student ID : 9113201602
Supervisor : Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T

Project construction of gas pipeline 18" from Porong to Grati is one of the strategic projects by Pertamina aimed to flow gas to meet the needs of PLN's power plant in Pasuruan. During the stage, the project still faces problems of inefficiency in construction process, causing the project to be delayed. There are a lot of waste that still commonly found in activities using resources, but does not adding value, such as : waiting for the arrival of the material, defects in the pipe, waiting for instructions, etc. To solve this problem, then make some improvements using Lean Construction method to eliminate waste and improve the value of this project.

This study is conducted to identify the entire stream of gas pipeline construction project from the planning stage to the construction stage, which is described in the Big Picture Mapping. Then apply the Value Stream Analysis to identify the waste that occurs during the project. The next stage is to find root causes of such waste, so then do the risk management and make improvement to the whole process of construction projects with the implementation of the application of Lean Construction.

Key words : Waste, Big Picture Mapping, Process Stream Mapping, Root Cause, Lean Construction

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tesis ini untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan studi strata dua dan memperoleh gelar Magister Manajemen Teknologi, pada Jurusan Manajemen Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada nabi besar rahmatanlil'alamin, Rasullullah SAW beserta keluarga, sahabat, syuhada dan umatnya yang senantiasa istiqomah. Semoga kita berada di dalamnya.

Pada kesempatan ini dengan segala hormat Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang teramat besar kepada :

1. Ayahanda, Ibunda, dan Istri tercinta atas doa, nasehat, dukungan spritual dan motivasi kepada Penulis untuk menyelesaikan Tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T selaku dosen pembimbing Penulis yang telah memberikan arahan dan saran selama penyusunan Tesis ini.
3. Bapak Gatot Budhi Prakoso selaku Area Manager PT Pertamina Gas yang telah memberikan ijin dan dukungan kepada Penulis dalam mengikuti program S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Bapak Yosie Andriato selaku Project Manager PT Pertamina Gas yang telah memberikan ijin dan kesempatan kepada Penulis untuk melakukan penelitian di proyek pembangunan pipa gas Porong – Grati.
5. Dela Agung Septriadi dan Anindita Etri Wulandari, sebagai rekan kuliah dan reka kerja, yang selalu memberikan semangat kebersamaan, motivasi, dan bantuan selama menjalankan perkuliahan.
6. Seluruh pekerja di lingkungan PT Pertamina Gas yang telah bersedia membantu Penulis dalam menyelesaikan Tesis ini.
7. Teman-teman seperjuangan MMT ITS atas kebersamaanya selama ini.
8. Dan semua pihak lain yang tidak bisa Penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya banyak terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penulisan makalah ini. Kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Saran dan kritik yang membangun sangat dinantikan untuk perbaikan dan kemajuan selanjutnya.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pendahuluan	7
2.2 Metode Manajemen Proyek Tradisional	9
2.3 Konsep Lean.....	12
2.4 Lean Construction	15
2.5 Big Picture Mapping (BPM)	17
Value Stream Mapping (VSM)	19
2.7 VALSAT (Value Stream Analysis Tool)	23
2.8 Eliminasi Waste	24
2.8.1 Identifikasi Waste	24
2.8.2 Analisa Waste	26
2.8.3 Root Cause Analysis (RCA)	27
2.9 Project Risk Management	28

2.8	Pemilihan Tools Lean Construction.....	32
2.9	Pengembangan Future State Mapping (FSM).....	37
2.10	Penelitian Terdahulu	37
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		39
3.1	Tahap Identifikasi.....	39
3.2	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	40
3.3	Analisa dan Interpretasi Data	41
3.4	Kesimpulan dan Saran.....	41
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		43
4.1	Deskripsi Proyek	43
4.1.1	Profil Proyek.....	43
4.1.2	Profil Perusahaan Pelaksana.....	44
4.2	Big Picture Mapping	45
4.2.1	Bagian Procurement	45
4.2.2	Bagian Engineering	46
4.2.3	Bagian Konstruksi	47
4.3	Value Stream Mapping	47
4.3.1	Aliran Informasi	48
4.3.2	Aliran Material	49
4.4	Identifikasi Pemborosan.....	51
4.5	Pemilihan Value Stream Analysis Tool	52
4.5.1	Process Activity Mapping (PAM).....	53
4.5.1.1	Proses Konstruksi Pembangunan Pipa Gas	53
4.5.2	Supply Chain Response Matrix (SCRM)	61
4.5.3	Demand Amplification Mapping.....	63
BAB 5 ANALISA DAN USULAN PERBAIKAN		65

5.1	Analisa Pemborosan Pada Whole Stream Proyek Kontruksi.....	65
5.1.1	Analisa Tujuh Pemborosan.....	66
5.1.2	Analisa Pemborosan Berdasarkan VALSAT	75
5.1.2.1	Analisa Pemborosan Berdasarkan Process Activity Mapping	76
5.1.2.2	Analisa Supply Chain Response Matrix (SCRM).....	80
5.1.2.3	Analisa Demand Amplification Mapping	81
5.2	Root Cause Penyebab Pemborosan dan Usulan Perbaikan.....	82
5.2.1	Sistem Prosedur Pengadaan Material	82
5.2.2	Sistem Informasi Material	84
5.4	Project Risk Management	89
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....		95
6.1	Kesimpulan	95
6.2	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN.....		99

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor – faktor penyebab waktu dan biaya menjadi <i>overrun</i>	9
Tabel 2.2 Teori dasar dan landasan teori baru manajemen proyek.....	10
Tabel 2.3 Perbedaan antara pendekatan tradisional dan pendekatan <i>lean</i>	11
Tabel 2.4 Simbol - Simbol Big Picture Mapping.....	18
Tabel 2.5 VALSAT Matrix	23
Tabel 2.6 Matriks seleksi pemilihan Value Stream Mapping Tools	23
Tabel 2.7 Form penilaian risiko	30
Tabel 2.8 Matriks respon risiko	32
Tabel 4.1 Skor Waste	51
Tabel 4.2 Skor VALSAT	52
Tabel 4.3 Jumlah Aktivitas dalam PAM	59
Tabel 4.4 Jumlah Waktu Aktivitas dalam PAM	60
Tabel 5.1 Jumlah Aktivitas Value Added dan Non-Value Added	76
Tabel 5.2 Jumlah Waktu Aktivitas Value Added dan Non-Value Added	76
Tabel 5.3 Perbaikan Jumlah Aktivitas dalam PAM	87
Tabel 5.4 Perbaikan Waktu Aktivitas dalam PAM	88
Tabel 5.5 Kemungkinan Terjadinya Risiko	89
Tabel 5.6 Bobot Peluang Risiko.....	90
Tabel 5.7 Bobot Dampak Risiko	91
Tabel 5.8 Rekap Penilaian Risiko	91
Tabel 5.9 Pengembangan Respon Risiko.....	93

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Lean Project Delivery System</i>	17
Gambar 2.2 Penyebab pemborosan.....	26
Gambar 2.3 Matriks risiko	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4.1 Diagram Alir Material.....	50
Gambar 4.2 Grafik Jumlah Aktivitas dalam PAM.....	60
Gambar 4.3 Grafik Jumlah Waktu Aktivitas dalam PAM	61
Gambar 4.4 Grafik Supply Chain Response Matrix	63
Gambar 5.1 Persentase Aktivitas Value Added dan Non-Value Added	76
Gambar 5.2 Persentase Waktu Aktivitas Value Added dan Non-Value Added ...	77
Gambar 5.3 Siklus proses approval desain dan informasi material	83
Gambar 5.4 Perbaikan Jumlah Aktivitas.....	87
Gambar 5.5 Perbaikan Waktu Aktivitas.....	88
Gambar 5.6 RBS Proyek	89
Gambar 5.7 Matriks Penilaian Risiko	92

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada tahapan operasional proyek konstruksi umumnya sering dijumpai pekerjaan lain disamping pekerjaan yang direncanakan. Pekerjaan tersebut menyebabkan sering terjadinya keterlambatan pelaksanaan proyek. Faktor-faktor yang menjadi penyebab keterlambatan pelaksanaan dapat bersumber dari perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan. Keterlambatan yang terjadi akan mengakibatkan peningkatan biaya proyek.

Pekerjaan proyek konstruksi tidak terlepas dari penggunaan sumber daya manusia dan juga pemanfaatan teknologi untuk menyelesaikan pekerjaan. Namun dalam pelaksanaan proyek tidak terlepas dari risiko kegagalan konstruksi. Produktivitas proyek konstruksi di Indonesia tidak hanya dipengaruhi oleh faktor peralatan (*equipments*), material, dan metode pelaksanaan konstruksi, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor tenaga kerja (*labour*). Dengan perpaduan antara sumber daya yang tersedia dengan manajemen yang terkendali dengan baik, maka diharapkan dapat mencapai hasil produktivitas yang optimal.

Pada awalnya pekerjaan konstruksi direncanakan dengan baik, dengan pengalokasian sumber daya, melaksanakan pekerjaan sesuai dengan metode pelaksanaan dan spesifikasi, dan kemudian dikendalikan dengan baik. Walaupun begitu, tidak semua aktivitas di proyek akan memberikan nilai maksimal atau nilai tambah, karena jenis pekerjaan diproyek sangat kompleks dan saling berhubungan satu sama yang lain.

Waste atau *non added value activity* merupakan pekerjaan yang tidak memberikan nilai tambah. Ohno (1995), berpendapat bahwa *waste* adalah pergerakan pekerja yang tidak menambah nilai dan tidak diperlukan dalam suatu proses. Menurut Womack dan Jones (1996), *waste* juga digambarkan sebagai segala aktivitas manusia yang menyerap sumber daya dalam jumlah tertentu tetapi tidak menghasilkan nilai tambah, seperti kesalahan yang membutuhkan perbaikan, hasil pekerjaan 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.

Dewasa ini bidang industri konstruksi sudah mengadopsi dan belajar dari industri manufaktur suatu sistem yang inovatif dan fundamental yaitu *Lean Production* dimana selanjutnya dalam bidang konstruksi dikenal dengan istilah *Lean Construction*. *Lean Construction* (konstruksi ramping) merupakan penerapan *Lean Production* yang diterapkan pada industri manufaktur. Prinsip tersebut diterapkan di industri konstruksi memiliki dua tujuan yang sangat fundamental yaitu meningkatkan *value* dan meminimalkan *waste*. Menurut Koskela (1992), *lean construction* adalah suatu aplikasi dari filosofi produksi baru di dunia konstruksi. Konsep *lean* dengan nama *lean production* sebenarnya sudah dikembangkan di negara-negara maju, yaitu pada industri manufaktur Toyota dan industri otomotif yang dikenal sebagai *Toyota Production System*.

Manajemen konstruksi bertujuan untuk bagaimana pengelolaan dan memanfaatkan sumber daya manusia dan sumber daya lainnya untuk mencapai tujuan tertentu. Manajemen tergantung pada komunikasi yang jelas dan kemampuan untuk melontarkan pemikiran, gagasan, informasi, serta instruksi dengan cepat dan efektif. Proses manajemen terdiri dari penempatan tujuan atau misi, perencanaan (*planning*), pengerahan (*staffing*), *organizing*, *supervising*, dan pengendalian (*controlling*). Sejalan dengan aktivitas yang berlangsung, pengelolaan sumber daya akan selalu menggunakan ukuran biaya, waktu, dan mutu. Dengan demikian, *waste* dalam konstruksi yang sering terjadi juga akan meningkatkan biaya pelaksanaan, menambah durasi pekerjaan, dan mengurangi mutu pekerjaan.

Risiko-risiko pada pekerjaan tidak akan pernah lepas dari proyek konstruksi. Setiap perencana yang bertanggung jawab pada proyek harus memahami risiko yang mungkin terjadi pada proyek. Dalam konteks proyek, risiko adalah suatu kondisi atau peristiwa tidak pasti, yang jika itu terjadi mempunyai efek positif atau negatif terhadap sasaran proyek. Risiko yang apabila terjadi adalah karena adanya penyebab atau faktor-faktor risiko yang akibat dari risiko adalah konsekuensi.

Dalam prakteknya, perencana konstruksi perlu menganalisis masalah fluktuasi dan alokasi sumber daya secara bersamaan untuk mengevaluasi dampak dari revisi jadwal terhadap durasi proyek dan efisiensi pemanfaatan sumber daya. Optimalisasi sumber daya mengarah kepada pengurangan secara keseluruhan dalam produktivitas, risiko untuk jadwal kinerja dan biaya proyek. Maka diperlukan suatu sistem yang dapat mengatur aliran proses pekerjaan untuk mencapai efisiensi proyek. Dengan demikian untuk masalah tersebut *Lean Construction* dianjurkan untuk digunakan dalam proyek konstruksi.

Proyek pembangunan pipa transmisi gas 18” dari Porong ke Grati adalah salah satu dari beberapa proyek besar milik Pertamina. Proyek yang dikerjakan oleh kontraktor KKM (Konsorsium Kelsri – MGP) ini bernilai investasi USD 45 juta dan direncanakan selesai pada akhir tahun 2015. Pipa transmisi gas sepanjang 56 km ini direncanakan akan mengalirkan gas ± 25 MMSCFD dari produsen gas Santos di laut Madura menuju PLTG Grati di Pasuruan. Proyek pembangunan pipa gas ini merupakan proyek yang kompleks karena melibatkan banyak *stakeholders* dengan lingkup pekerjaan konstruksi *pipeline, mechanical, electrical, piping, instrument, civil*, dan SCADA. Proyek ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk penyediaan gas bumi melalui infrastruktur jalur pipa yang membentang dari ORF Porong – PLTG Grati guna memberikan peluang pengembangan industri di sepanjang jalur pipa khususnya Sidoarjo – Pasuruan dan Jawa Timur pada umumnya.

Namun, dalam pengerjaan proyek ini kontraktor masih menghadapi permasalahan ketidakefisienan yakni masih terdapat adanya *waste* atau *non-value added activity* yang mengakibatkan keterlambatan dalam pemenuhan *deadline* proyek. Progres pengerjaan proyek konstruksi berjalan dengan lambat dikarenakan banyaknya aktivitas yang tidak menambah nilai, seperti : menunggu kedatangan material, cacat pada material pipa, menunggu instruksi pekerjaan, dll. Oleh karena itu, perusahaan perlu mengambil langkah yang tepat dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste* agar keterlambatan pengerjaan proyek dapat dihindari dan memberi kepuasan kepada *customer*.

Permasalahan yang difokuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana mengidentifikasi dan mengurangi *waste*, serta melakukan identifikasi risiko

berdasarkan *waste* secara keseluruhan pada pengerjaan proyek konstruksi yang dikerjakan oleh kontraktor KKM, yaitu proyek pembangunan pipa gas Pertamina Porong - Grati dengan penerapan metode *Lean Construction* sehingga proyek dapat selesai tepat waktu. Metode *Lean Construction* dinilai tepat untuk mengatasi *waste* (pemborosan) yang terjadi di proyek ini, karena metode ini merupakan suatu proses yang berlangsung terus menerus dari proses eliminasi *waste*, mengutamakan kebutuhan konsumen, fokus pada aliran informasi/material, dan mencapai kesempurnaan dalam pelaksanaan pembangunan dalam proyek.

1.2 Perumusan Masalah

Untuk membuat rencana perbaikan proses konstruksi pembangunan pipa gas dengan penerapan *Lean Construction*, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana situasi dan kondisi saat ini yang terjadi pada pelaksanaan konstruksi pembangunan pipa gas saat ini.
2. Apa saja aktivitas-aktivitas yang tergolong dalam *waste* pada proyek konstruksi pembangunan pipa gas.
3. Bagaimana metode yang tepat sebagai upaya perbaikan untuk mereduksi *waste* agar proyek berjalan tepat waktu.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana tersebut di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memetakan situasi dan kondisi yang terjadi pada pelaksanaan konstruksi pembangunan pipa gas saat ini, mulai dari pengadaan material kemudian prosesnya hingga pipa gas siap untuk dioperasikan.
2. Mengidentifikasi dan meminimasi aktivitas-aktivitas yang tergolong dalam *waste* pada proyek konstruksi pembangunan pipa gas.
3. Menghasilkan upaya-upaya perbaikan dengan penerapan aplikasi *Lean Construction* yang tepat pada proyek konstruksi pembangunan pipa gas.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi di proyek dengan menganalisis hasil pengumpulan data, baik data primer maupun sekunder, yang diperoleh antara lain dengan kuisisioner, wawancara, dan pengamatan di lapangan yang dilakukan di lokasi *site* kontraktor KKM selaku pelaksana konstruksi pembangunan pipa gas Pertamina. *Waste* yang diamati adalah tujuh macam *waste* menurut Shigeo Shingo. Detail proyek tidak mengalami perubahan yang telah disepakati dalam kontrak selama proses penelitian berlangsung.

Lingkup dari penelitian ini adalah pada proses *engineering, procurement, dan construction (EPC)*. Responden adalah para pelaku EPC dengan latar belakang pendidikan minimal D3.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan penambah wawasan dan pengetahuan mengenai konsep yang dapat diimplentasikan dalam konstruksi, terutama *Lean Construction* yang sekarang masih banyak dipelajari baik secara teori maupun praktis.
2. Dapat dijadikan masukan dan pembelajaran konsep "*Lean*" untuk menambahkan nilai produk dan untuk mengurangi *waste* dalam proyek konstruksi.
3. Dapat dijadikan masukan atau referensi untuk penelitian selanjutnya.

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Kegiatan membangun gedung dan bangunan pekerjaan umum atau bangunan konstruksi telah menjadi suatu industri. Industri konstruksi ini telah mendorong lahirnya berbagai ilmu, teknologi dan perkembangan bisnis itu sendiri. Keadaan yang dihadapi sekarang ini adalah teknologi, peralatan, bahan bangunan dan jenis pekerjaan. Hal ini sangat terkait dengan masalah kompetensi terhadap pelaksanaan konstruksi tersebut (Kementerian Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003).

Industri konstruksi dalam garis besarnya dapat dibagi menjadi empat bagian berdasarkan jenis-jenis pekerjaan dan rancangan yang berbeda-beda. Menurut Barrie dan Paulson (1995), proyek konstruksi dapat dibagi atas empat katagori utama, yaitu:

1. Konstruksi Infrastruktur atau Pekerjaan Sipil Berat, meliputi bendungan, terowongan, jembatan, jaringan jalan kereta api, jalan raya, pelabuhan laut, lapangan terbang, jaringan distribusi air minum, jalur pipa, pembuangan limbah, jaringan listrik dan jaringan komunikasi.
2. Konstruksi Gedung, meliputi pekerjaan bangunan toko pengecer kecil sampai pada kompleks perumahan kota, mulai dari bangunan sekolah dasar sampai universitas yang lengkap, rumah sakit, rumah ibadah, bangunan bertingkat perkantoran komersil mulai dari yang kecil sampai bangunan bertingkat tinggi, gedung bioskop, gedung pemerintah, gedung pusat rekreasi, pergudangan, gedung bank dan gedung perhotelan.
3. Konstruksi Industri, meliputi pekerjaan pabrik pengilangan minyak bumi dan petrokimia, pabrik bahan bakar sintetik, pusat pembangkit listrik dan pabrik industri berat.
4. Konstruksi Pemukiman, meliputi perumahan keluarga tunggal, perumahan kota unit ganda, rumah susun, rumah pangsa bertaman dan rumah pangsa yang diperlakukan sebagai rumah sendiri (*condominium*).

Sesuai dengan istilah yang dipakai yaitu, konstruksi adalah merupakan upaya pembangunan yang tidak semata-mata pada pelaksanaan pembangunan fisiknya saja akan tetapi mencakup arti sistim pembangunan secara utuh dan lengkap. Pelaksanaan suatu proyek pada dasarnya adalah suatu proses merubah sumber daya dan dana tertentu secara terorganisasi menjadi suatu hasil pembangunan yang mantap sesuai dengan tujuan dan harapan-harapan awal, kesemuanya harus dilaksanakan dalam jangka.

Proyek konstruksi adalah suatu pekerjaan atau tugas bersama para penyelenggara proyek yang dilaksanakan oleh penyedia jasa melalui kontrak Jasa Pelaksanaan Konstruksi (kontraktor), yang telah ditetapkan target mutu dan biaya serta tertentu waktu mulai dan selesainya. Proyek mempunyai tujuan atau ruang lingkup pekerjaan yang dilaksanakan secara jelas, berdasarkan persyaratan teknis dan administrasi yang sudah disiapkan. Biasanya proyek dilaksanakan oleh suatu organisasi penyelenggara proyek yang sifatnya sementara dan akan dibubarkan setelah proyek selesai. Teknologi Konstruksi (*Construction Technology*) merupakan suatu proses mempelajari metode atau teknik tahapan melaksanakan pekerjaan dalam mewujudkan bangunan fisik disuatu lokasi proyek, sesuai dengan kaidah spesifikasi teknik yang disyaratkan. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi tersebut kontraktor dapat menentukan sistem yang akan digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.

Konstruksi merupakan industri yang sangat rumit yang memerlukan sistem yang baik untuk memastikan proyek berjalan tepat waktu, efektif, dan efisien. Penjadwalan dan pembiayaan proyek yang tidak sesuai dengan rencana merupakan permasalahan umum yang sering terjadi di sebagian besar proyek-proyek konstruksi. Oleh karena itu, kriteria utama untuk keberhasilan setiap proyek konstruksi adalah proyek tersebut dapat selesai tepat waktu dan tidak terjadinya *overrun* dalam pembiayaan proyek. (Rahman, Ismail A ; Memon, Aftab H ; TA Karim, Ahmad 2013) menyajikan dalam penelitian mereka tentang faktor - faktor yang berkaitan dengan sumber daya konstruksi yang menyebabkan biaya menjadi *overrun*. Faktor - faktor sumber daya tersebut meliputi : material, tenaga kerja, peralatan, dan keuangan.

Tabel 2.1 Faktor – faktor penyebab waktu dan biaya menjadi *overrun*

Kategori	Faktor Penyebab
Material	Fluktuasi harga material
	Kekurangan material
	Perubahan spesifikasi dan tipe material
	Keterlambatan pengiriman material
	Ketergantungan material impor
Tenaga kerja	Tingginya biaya tenaga kerja
	Kekurangan tenaga kerja terampil
	Overtime yang tinggi
	Produktifitas tenaga kerja rendah
Keuangan	Owner mengalami krisis keuangan
	Keterlambatan pembayaran ke supplier
	Keterlambatan pembayaran progress dari owner
	Kontraktor mengalami krisis keuangan
	Kontrol keuangan yang buruk di site
Peralatan	Ketersediaan dan kehandalan peralatan
	Keterlambatan pengiriman peralatan
	Terbatasnya jumlah peralatan
Kondisi yang tidak terduga	Kondisi cuaca yang tidak terduga
	Risiko dan ketidakpastian yang berkaitan dengan proyek
Management	Project Manager kurang terampil dan berpengalaman
	Kompleksitas pekerjaan
	Kurangnya penggunaan software yang sesuai
Engineering	Perubahan desain
	Perbedaan dalam dokumentasi kontrak

2.2 Metode Manajemen Proyek Tradisional

Koskela dan Howell (2000), dalam penelitian mereka sebelumnya, menyoroti alasan kenapa mereka memperkenalkan metode baru dalam manajemen konstruksi. Dalam penelitiannya, mereka mengkritik praktek manajemen saat ini dan berpendapat bahwa pendekatan konvensional tidak memadai dan harus direformasi untuk menyesuaikan dengan kompleksitas dan ketidakpastian di

dalam proyek (Howell and Koskela, *Reforming Project Management: The Role of Lean Construction* 2000).

Koskela dan Howell (2000) menyatakan bahwa kekurangan dalam manajemen proyek saat ini karena lemahnya asumsi dan teori. Kelemahan pada asumsi ini meliputi ketidakpastian untuk lingkup kegiatan dan hubungan kegiatan yang terlalu sederhana. Morris menjelaskan teori manajemen proyek sebagai ilmu dalam menerapkan model transformasi produksi yang digunakan sebelumnya di bidang manufaktur. Kelemahan teori ini dapat dijelaskan sebagai berikut: bahwa ada karakteristik lain dalam produksi selain transformasi yang dapat membuat output lebih bernilai, yaitu penggunaan sumber daya yang efisien, dan kebutuhan pelanggan terpenuhi dengan cara yang terbaik. Dapat dikatakan bahwa perbaikan praktek manajemen saat ini dapat dicapai dengan menerapkan pendekatan manajemen produksi, tidak hanya termasuk transformasi tetapi juga manajemen alur kerja dan menilai dengan baik proses-proses yang menghasilkan, sehingga teori dan prinsip-prinsip *lean onstruction* dapat diterapkan untuk dunia konstruksi.

Tabel 2.2 Teori dasar dan landasan teori baru manajemen proyek

Subjek Teori		Teori Dasar Manajemen Proyek	Landasan Teori Baru Manajemen Proyek
Project		Transformation (Input & Output)	Transformation Flow Value generation
Management	Planning	Management-as-planning	Management-as-planning Management-as-organizing
	Execution	Classical communication theory	Classical communication theory Language action perspective
	Control	Thermostat model	Thermostat model Scientific experimental model

Koskela dan Howell (2002) percaya bahwa teori yang mendasari praktek manajemen proyek konstruksi konvensional sudah tidak sesuai lagi saat ini; oleh karena itu, harus direformasi. Mereka membahas permasalahan yang terjadi sebagai akibat dari beberapa kelemahan pada metode konvensional seperti: "Manajemen proyek belum bisa mencapai tujuan yang ditetapkan, hasilnya masih

belum memuaskan”. Dalam proyek-proyek yang kecil dan simpel, teori – teori yang terkait dengan masalah dapat diselesaikan secara informal dan tanpa menghasilkan dampak yang lebih luas. Namun, di masa sekarang proyek-proyek yang besar, kompleks, dan cepat, manajemen proyek tradisional hanya bersifat kontraproduktif, yang menciptakan masalah sendiri dan berdampak besar bagi kinerja proyek (Howell and Koskela, *Reforming Project Management: The Role of Lean Construction* 2000). Oleh karena itu, hal ini menjadi penting dalam industri konstruksi untuk mencari metode non-konvensional dan manajemen baru untuk meningkatkan value dan mengurangi limbah, waktu, dan biaya pada proyek. Tabel 2.3 menunjukkan perbedaan antara pendekatan tradisional dan pendekatan lean sebagai dibahas dalam literatur.

Tabel 2.3 Perbedaan antara pendekatan tradisional dan pendekatan *lean*

Aktivitas	Pendekatan Tradisional	Pendekatan Lean
Control	<i>Project control</i> bersifat monitoring terhadap kinerja (jadwal dan biaya) dan hanya mengambil tindakan setelah ditemukan adanya variasi negatif	<i>Project control</i> bersifat menjamin kehandalan alur kerja dengan terus melakukan pengukuran dan perbaikan pada sistem
Performance	Dalam pendekatan tradisional, semua upaya manajemen terkonsentrasi pada mengoptimalkan setiap kegiatan secara terpisah untuk mengurangi kinerja keseluruhan	Target utama adalah memaksimalkan <i>value</i> dengan <i>waste</i> minimum di tingkat proyek untuk menjamin alur kerja yang handal
Value	Pelanggan harus menentukan semua persyaratan <i>value</i> pada awal proyek tanpa mempertimbangkan perubahan pasar dan teknologi baru	Proyek dikelola sebagai proses untuk menghasilkan <i>value</i> di mana kepuasan pelanggan dikembangkan selama proyek berlangsung
Work techniques	Menggunakan <i>push-driven schedules</i> untuk mengontrol aliran informasi dan material	Menggunakan <i>pull-driven schedules</i> untuk mengontrol aliran informasi dan material
Centralization	Pengambilan keputusan terpusat melalui satu manajemen	Pengambilan keputusan melalui transparansi dengan melibatkan seluruh pekerja proyek dalam sistem kontrol produksi dan memberdayakan mereka untuk mengambil tindakan

Tabel 2.3 Perbedaan antara pendekatan tradisional dan pendekatan *lean* (lanjutan)

Under loading	Tidak mempertimbangkan penyesuaian	Kapasitas unit produksi disesuaikan dengan persediaan untuk dapat menyerap variasi
Variations	Tidak ada upaya untuk manajemen mitigasi variasi	Selalu berupaya untuk mengurangi variasi dalam hal kualitas produk akhir dan tingkatan kerja
Collaboration	Kebijakan kolaborasi tidak diterapkan pada metode ini	Terus memberikan dukungan ke <i>supplier</i> dengan mengembangkan kontrak komersial baru yang memberikan insentif ke <i>supplier</i> untuk mengembangkan alur kerja yang handal dan untuk berpartisipasi dalam perbaikan produk secara berkelanjutan
Transparency	Transparansi tidak diterapkan pada metode ini	Meningkatkan transparansi antara semua pemangku kepentingan proyek untuk memudahkan orang membuat keputusan dalam mengurangi kebutuhan manajemen pusat
Continuous Improvement	Continuous improvement tidak diterapkan pada metode ini	Menerapkan <i>continuous improvement</i> di dalam proses dan alur kerja
Interactions and dependencies		Mengelola dampak dari ketegantungan dan adanya variasi di tiap aktivitas penting karena sangat mempengaruhi waktu dan biaya.

2.3 Konsep Lean

Konsep lean sendiri merupakan buah pemikiran dari lean thinking yang dipopulerkan oleh *Toyota's Chief Engineer*, Taiichi Ohno dalam *Toyota Production System*. Konsep ini sendiri lahir setelah Ohno melakukan studi banding untuk meninjau sistem produksi yang diterapkan di Ford. Berbeda dengan Ford yang melakukan pembatasan terhadap permintaan produk, Ohno melakukan aktivitas produksi saat pemesanan itu ada. Dengan kata lain, gudang atau lokasi penyimpanan diupayakan untuk kosong dan sebagai konsekuensinya, kinerja produktivitas harus berjalan efektif, sehingga barang dapat diterima konsumen

dengan tepat waktu. Implementasi konsep *Lean* ini didasari pada 11 prinsip utama (Koskela, 1997) yaitu :

1. Mengurangi bagian aktivitas yang tidak menambah nilai (pemborosan).
Meminimalisasi kegiatan yang tidak menghasilkan nilai terhadap waktu, sumberdaya, material dan informasi yang dibuat oleh *customer/owner*.
2. Meningkatkan nilai output melalui pertimbangan yang sistematis tentang kebutuhan pelanggan.
Lengkapi segala kebutuhan untuk proyek yang berasal dari *customer/owner* untuk meningkatkan nilai output atau sasaran proyek.
3. Mengurangi variabilitas
Ada dua alasan untuk meminimalisasi varian yang ada pada proyek. Pertama, adanya perbedaan pandangan terhadap permintaan *customer/owner*. Kedua, varian bisa meningkat oleh adanya kegiatan yang tidak menghasilkan nilai.
4. Mengurangi waktu siklus
Implementasi dari prinsip *just-in-time* untuk mengeliminasi persediaan inventarisasi (fasilitas) dan desentralisasi dari hirarki suatu organisasi proyek.
5. Menyederhanakan dengan meminimalkan jumlah langkah
Minimalisasi komponen-komponen produksi dan langkah-langkah dari proses penyediaan barang/material.
6. Meningkatkan fleksibilitas output
Dengan menggunakan disain awal, diharapkan kesulitan untuk meminimalisasi perbaikan dan perubahan bisa dilakukan. Serta kecakapan dalam bekerja diharapkan dapat meningkatkan produksi yang fleksibel.
7. Meningkatkan transparansi proses
Proses yang transparan dan objektif digunakan dalam proses pengendalian dan pengembangan oleh semua karyawan.
8. Fokus untuk mengawasi pada semua proses
Dengan adanya kemandirian dan fokus terhadap pekerjaan dalam tim pada proses konstruksi diharapkan bisa melatih pengendalian terhadap proses

konstruksi dan kerjasama dengan pihak *supplier* diharapkan bisa mengoptimalkan jaringan kerja.

9. Membangun perbaikan secara berkelanjutan dalam melakukan proses Usaha dalam pembangunan yang berkelanjutan yaitu meminimalisasi pemborosan dan menghilangkan kegiatan yang tidak menghasilkan nilai.
10. Mengimbangkan peningkatan aliran dengan peningkatan perubahan Adanya suatu hubungan internal antara jaringan dan pengembangan kerja yang membuat proses penghematan dalam pembiayaan peralatan serta mempunyai perhatian yang khusus terhadap teknologi yang digunakan.
11. *Benchmark*

Sasaran yang dituju mengacu pada prinsip *SWOT* (*Strengths, Weakness, Opportunities and Threats*). Maksudnya kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang terjadi pada proyek konstruksi dapat dikombinasikan untuk menjadikan kegiatan yang ada efektif.

Satu dari kunci utama dari prinsip “*Lean*” seperti yang tertulis dalam “*Toyota Production System*” adalah identifikasi kegiatan-kegiatan menjadi dua golongan yaitu kegiatan yang memberikan nilai tambah dan kegiatan yang tidak perlu (pemborosan). Dengan melakukan identifikasi pada setiap kegiatan yang terlibat, maka kegiatan yang mendatangkan manfaat bagi konsumen dapat ditingkatkan, sementara kegiatan yang merupakan pemborosan dapat direduksi. Pekerjaan-pekerjaan yang termasuk dalam kategori pemborosan ini kemudian digolongkan menjadi dua jenis, 'needs to be *done but non-value added or waste* (harus diselesaikan, namun tidak memberikan nilai atau pemborosan) dan limbah murni (*pure waste*).

Pada dasarnya konsep *Lean* adalah konsep perampingan atau efisiensi. Konsep ini dapat diterapkan pada perusahaan manufaktur ataupun jasa, karena pada dasarnya konsep efisiensi akan selalu menjadi suatu target yang ingin dicapai oleh perusahaan. Konsep *Lean* atau efisiensi ini dapat pula diterapkan pada berbagai macam bidang misalnya *lean customer relationships, lean service, lean manufacturing*, dan *lean supply chain*. Hal utama yang perlu dipahami oleh

organisasi yang akan menerapkan *Lean* adalah memahami *customer* dan apa *value* mereka. Sedangkan tujuan dari cabang ilmu ini sendiri antara lain :

1. Memahami keinginan dari customer
2. Meningkatkan budaya pembelajaran di perusahaan
3. Perusahaan akan lebih reaktif terhadap terjadinya perubahan
4. Meningkatkan performansi jasa pengiriman
5. Menurunkan waktu keluarnya produk baru di pasaran
6. Menghasilkan kualitas produksi yang lebih baik
7. Meningkatkan produktivitas
8. Meningkatkan peluang bisnis

2.4 Lean Construction

Istilah "*Lean Construction*" dibuat pertama kali oleh *International Group for Lean Construction* pada tahun 1993. Kemudian, Glenn Ballard dan Greg Howell mendirikan *Lean Construction Institute (LCI)* pada Agustus 1997. Tujuan LCI adalah mengubah manajemen produksi dalam disain, rancang-bangun dan konstruksi. LCI mengembangkan *Lean Project Delivery System (LPDS)*, dengan menerapkan konsep atau prinsip manufaktur ke dalam konstruksi. Dengan adanya LPDS maka memudahkan perencanaan dan pengendalian serta memaksimalkan *value* dan meminimalisasi *waste* selama proses produksi. Teknik yang dikembangkan oleh LCI yaitu mengalokasikan *waste* dari proses disain dan produksi yang dipimpin oleh praktisi perusahaan untuk meningkatkan daya saing dan keuntungan (profitabilitas).

Tidak sama seperti *Lean Manufacturing*, *Lean Construction* berfokus terhadap proses produksi suatu proyek. *Lean Construction* mempunyai kaitan dengan kemajuan proyek dalam semua dimensi konstruksi dan lingkungan, antara lain disain, pelaksanaan kegiatan, pemeliharaan, keselamatan dan daur ulang. Konsep pendekatan ini mencoba untuk mengatur dan meningkatkan proses konstruksi dengan cara mendapatkan nilai maksimum dengan biaya minimum yang berhubungan dengan kebutuhan customer. *Lean Construction* merupakan suatu cara untuk mendisain sistem produksi yang dapat meminimalisasi

pemborosan (*waste*) dari pemakaian material, waktu (*time*) dan usaha dalam rangka menghasilkan jumlah nilai yang maksimum (Koskela et al. 2002).

Semua konsekuensi dari konstruksi yang berkelanjutan akan meningkatkan biaya konstruksi cukup signifikan mulai 5% hingga 10% (Smith, 2006). Hal ini tentunya akan membuat konsep konstruksi yang berkelanjutan ini tidak menarik untuk diimplementasikan. Di lain pihak, secara umum, industri konstruksi masih bergelut dengan permasalahan ketidakefisienan dalam pelaksanaan proses konstruksinya. Masih terlalu banyak pemborosan (*waste*) berupa kegiatan yang menggunakan sumberdaya tetapi tidak menghasilkan nilai yang diharapkan (*value*). Berdasarkan pada data yang disampaikan oleh *Lean Construction Institute*, pemborosan pada industri konstruksi sekitar 57% sedangkan kegiatan yang memberikan nilai tambah hanya sebesar 10%. Jika dibandingkan dengan industri manufaktur, maka industri konstruksi harus belajar banyak dari industri manufaktur dalam mengelola proses produksinya, sehingga jumlah *waste* dapat dikurangi dengan sekaligus meningkatkan *value* yang didapat (Koskela, 1992).

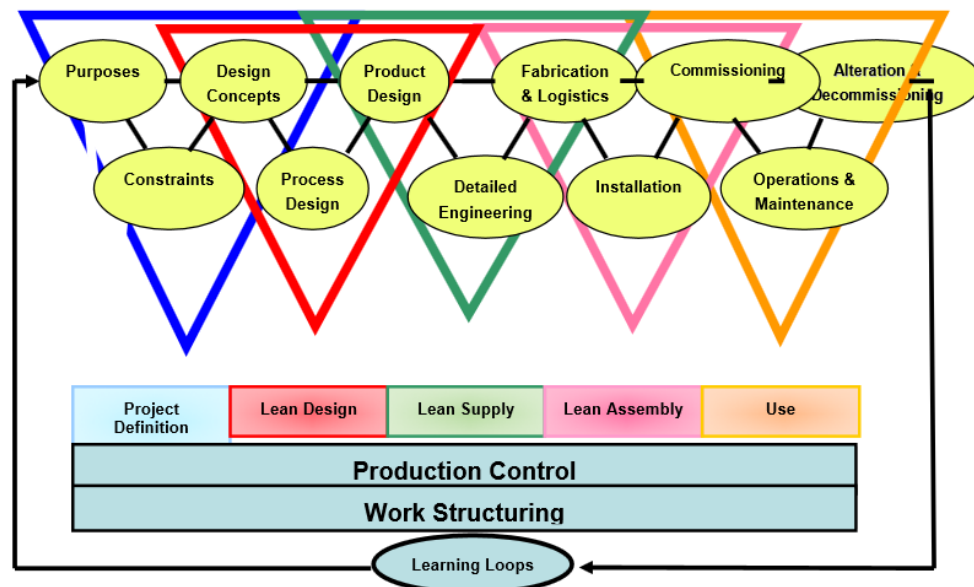
Banyak ditemukan aktivitas-aktivitas yang tidak diperlukan selama proses konstruksi, yaitu aktivitas yang memerlukan waktu dan usaha ekstra tanpa nilai tambah untuk pemilik proyek (Love, 1996). Sejak tahap awal proyek konstruksi, manajer konstruksi sebaiknya sudah melibatkan semua faktor penyebab yang mungkin dapat berakibat negatif pada proses konstruksi, yaitu pemborosan yang meliputi delay, biaya, kualitas, kurangnya keamanan konstruksi, pekerjaan ulang, pergerakan yang tidak perlu, jarak jauh, pemilihan manajemen yang salah, metode atau alat dan *constructability* yang kurang memadai (Serpel et al, 1995; Koskela, 1992; Ishiwata, 1997; Alarcon, 1993). Sedangkan menurut data dari *Construction Industry Board*, pemborosan meliputi kesalahan-kesalahan teknis atau non-teknis, *working out of sequence*, aktivitas dan pergerakan yang berulang, keterlambatan, input dan produk atau jasa yang tidak sesuai dengan persyaratan pemilik proyek.

Karena fokus dari *lean* adalah eliminasi waste dan menambah nilai maka dalam tulisannya Lauren Pinch (2005) menyampaikan prinsip dari konstruksi ramping (*lean construction principle*) meliputi :

1. Menetapkan tim terintegrasi dari *owner*, arsitek, pengguna fasilitas, tukang bangunan, konstrktor khusus, subkontraktor dan *suppliers*;

2. Mengkombinasikan desain proyek dengan desain proses, secara simultan merancang fasilitas dan proses produksi;
3. Menghentikan produksi dari pada melepaskan sebuah tugas yang keliru atau produk dalam proses konstruksi
4. Pemusatan pengambil keputusan, memberi wewenang pada peserta proyek dan membuat proses transparan sehingga tim dapat melihat status proyek; dan
5. Menuntut kesederhanaan, mengarahkan *handoff* diantara tugas dalam aliran pekerjaan.

Beberapa konsep konstruksi ramping yang dikembangkan dan diimplementasikan dalam proyek konstruksi di negara maju maupun berkembang dapat dilihat pada gambar berikut. Konsep *Lean Project Delivery System* (LPDS) menggambarkan konstruksi ramping duaplikasikan pada seluruh daur hidup proyek konstruksi mulai dari definisi proyek, lalu desain, *supply*, *assembly*, dan penggunaannya.



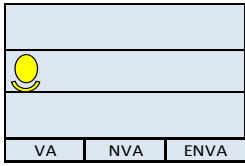





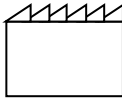
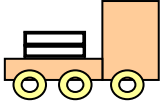



Gambar 2.1 *Lean Project Delivery System*

2.5 Big Picture Mapping (BPM)

Big picture mapping merupakan sebuah *tool* yang diadopsi dari metode untuk memetakan sistem produksi Toyota dan digunakan untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan dan *value stream* yang ada di dalamnya. Dari *tool* ini

didapatkan mengenai aliran material dan informasi yang terjadi dalam suatu system produksi. Selain itu, *tool* ini juga dapat berfungsi sebagai alat untuk mengidentifikasi dimana terdapat pemborosan dan mengetahui keterkaitan antara aliran informasi dan material (Hines and Taylor, 2000).

Tabel 2.4 Simbol - Simbol Big Picture Mapping

Symbol	Name and Meaning
	Procedure: represents an activity or work to be done and the type of the activity (VA, NVA, ENVA) ☺ : Number of workers
	Waiting
	Decision Node
	Connector: represents a flow relationship
	Electronic Information Flow
	Pull (e.g. from Store)
	Supplier
	Truck
	Inventory
	This highlights improvement needs at a specific process that is critical to achieving the future or ideal state map (lean tools used)
	This highlights actions that should be taken to implement the lean tools/techniques

Pemetaan terhadap aliran informasi dan material dapat dilakukan dengan runtutan sebagai berikut :

1. Identifikasi jumlah dan jenis produk yang diinginkan *customer*, waktu munculnya kebutuhan akan produk tersebut, kapasitas dan frekuensi pengirimannya, serta jumlah persediaan yang disimpan untuk keperluan *customer*.
2. Menggambarkan aliran informasi dari *customer* ke *supplier* yang berisi antara lain : peramalan dan informasi, berapa lama informasi muncul sampai diproses, informasi apa saja yang disampaikan kepada *supplier* serta pesanan yang disyaratkan.
3. Menggambarkan aliran fisik berupa aliran material atau produk, waktu yang diperlukan, titik terjadinya *inventory* dan inspeksi, putaran *rework*, waktu siklus tiap titik, berapa banyak produk yang diperiksa tiap titik, waktu penyelesaian tiap operasi, berapa banyak produk yang diperiksa di tiap titik, berapa banyak orang yang bekerja di stasiun kerja, dan waktu berpindah di tiap stasiun kerja.
4. Menghubungkan aliran informasi dan aliran fisik dengan anak panah yang berisi informasi jadwal yang digunakan, instruksi pengiriman, kapan dan dimana biasanya terjadi dalam aliran fisik.
5. Melengkapi gambar ukuran informasi dan aliran fisik dengan menambah *project duration* dan *value added time* dibawah gambar yang dibuat.

2.6 Value Stream Mapping (VSM)

Banyak sekali *tools* yang dapat digunakan untuk meningkatkan performansi *supply chain* dari perusahaan, salah satunya adalah *Value Stream Mapping*. *Value Stream Mapping* adalah suatu tool yang dapat digunakan untuk memetakan aliran nilai secara mendetail untuk mengidentifikasi adanya pemborosan dan menemukan penyebab – penyebab terjadinya pemborosan serta memberikan cara yang tepat untuk menghilangkannya atau paling tidak menguranginya. Fokus dari *Value Stream Mapping* adalah pada proses *value adding* dan *non-value adding*. Terdapat tujuh *tools* yang paling umum digunakan dalam *detail mapping value stream*, yaitu :

1. *Process Activity Mapping (PAM)*

Process Activity Mapping (PAM) merupakan salah satu *tool* dalam *Value Stream Mapping (VSM)* yang bertujuan untuk memetakan aliran nilai secara mendetail untuk mengidentifikasi adanya pemborosan serta memberikan cara yang tepat untuk menghilangkannya atau paling tidak mengeliminirnya. *Tool* ini dapat digunakan pada aktivitas yang ada pada proses konstruksi untuk mengidentifikasi waktu yang diperlukan untuk setiap aktivitas, jarak yang ditempuh dan produktivitas baik dari aliran fisik maupun aliran informasi dalam proses konstruksi. Proses ini menggunakan simbol-simbol yang berbeda dalam merepresentasikan aktivitas operasi dengan simbol O, transportasi dengan simbol T, inspeksi dengan simbol I, *delay* dengan symbol D, dan *storage* dengan simbol S. Lima tahap pendekatan dalam *Process Activity Mapping* secara umum adalah :

- a. Memahami aliran proses
- b. Mengidentifikasi pemborosan
- c. Mempertimbangkan apakah proses dapat disusun ulang pada rangkaian yang lebih efisien.
- d. Mempertimbangkan aliran yang lebih baik, melibatkan aliran layout dan rute transportasi yang berbeda.
- e. Mempertimbangkan apakah segala sesuatu yang telah dilakukan pada tiap-tiap stage benar-benar perlu dan apa yang akan terjadi jika hal-hal yang berlebihan tersebut dihilangkan.

Pembuatan *Process Activity Mapping* dilakukan dengan cara membuat analisa persiapan proses kemudian pencatatan secara detail dari permintaan barang pada tiap proses dan hasilnya adalah peta proses, di mana tiap-tiap langkah telah dikategorikan dalam berbagai macam tipe aktivitas.

2. *Supply Chain Response Matrix*

Supply Chain Response Matrix adalah suatu grafik hubungan antara *lead time* dan *inventory* yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kenaikan atau penurunan tingkat persediaan dan panjang *lead time* pada tiap area dalam *supply chain*. Sumbu horizontal menunjukkan

lead time dari produk baik internal maupun eksternal dan sumbu vertikal menunjukkan rata-rata persediaan pada titik spesifik dalam *supply chain*. Tujuan penggunaan *tool* ini adalah untuk menjaga dan meningkatkan *service level* kepada konsumen pada tiap jalur distribusi dengan biaya yang rendah.

3. *Production Variety Funnel*

Tool ini merupakan suatu teknik pemetaan secara visual dengan cara melakukan plot pada sejumlah variasi produk yang dihasilkan dalam setiap tahap proses manufaktur. Teknik ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik mana dalam sebuah produk yang diproses menjadi beberapa produk yang spesifik, dan dapat menunjukkan area *bottleneck* pada desain proses, yang selanjutnya dapat digunakan untuk perbaikan kebijakan inventory, dalam bentuk bahan baku, produk setengah jadi, atau produk jadi.

4. *Quality Filter Mapping*

Tool ini digunakan untuk mengidentifikasi dimana keberadaan masalah kualitas pada *supply chain*. Evaluasi hilangnya kualitas yang sering terjadi dilakukan untuk pengembangan jangka pendek. *Tool* ini memperlihatkan tiga tipe cacat kualitas berbeda yang terdapat pada *Value Stream*, yaitu :

- a. *Product defect* : cacat pada fisik produk yang lolos dari proses inspeksi dan sampai ketangan konsumen.
- b. *Scrap defect* : cacat pada fisik produk yang berhasil diidentifikasi pada proses inspeksi. Cacat jenis ini juga sering disebut dengan *internal defect*.
- c. *Service defect* : permasalahan yang dirasakan *customer* berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan. Hal yang paling utama berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan adalah ketidaktepatan waktu pengiriman. Selain itu dapat disebabkan karena permasalahan dokumentasi, kesalahan proses packing maupun labeling, kesalahan jumlah, dan permasalahan faktur.

5. *Demand Amplification Mapping*

Tool ini digambarkan dalam bentuk grafik yang mendeskripsikan jumlah produk untuk setiap tahapan pada waktu tertentu dalam proses produksi. *Tool* yang sederhana ini dapat digunakan untuk menunjukkan bagaimana perubahan permintaan dalam setiap tahapan rantai *supply chain* yang ada dalam *time bucket* yang bervariasi, mengevaluasi kebijakan *batch sizing* dan penjadwalan serta evaluasi kebijakan *inventory*. Berikut ini adalah enam langkah dalam *Demand Amplification Mapping* :

- a. Mengidentifikasi langkah-langkah dalam pengumpulan data
- b. Mengidentifikasi produk yang akan dibahas
- c. Menetapkan waktu yang diperlukan
- d. Menetapkan periode analisa
- e. Mengumpulkan data
- f. Membuat plot

6. *Decision Point Analysis*

Tool ini menunjukkan berbagai option sistem produksi yang berbeda, dengan *trade off* antara *lead time* masing-masing *option* dengan tingkat *inventory* yang diperlukan untuk membantu selama proses *lead time*.

7. *Physical Structure Mapping*

Tool ini merupakan *tool* baru yang dapat digunakan untuk memahami sebuah kondisi *supply chain* di industri. Hal ini diperlukan untuk mengerti bagaimana industri itu sendiri, memahami bagaimana operasinya dan khususnya dalam mengarahkan perhatian pada area yang mungkin belum mendapatkan perhatian yang cukup. Alat ini membantu mengapresiasi apa yang terjadi dalam industri.

Pemakaian *tools* yang tepat didasarkan pada kondisi perusahaan itu sendiri dan dilakukan dengan menggunakan *Value Stream Analysis Tool (VALSAT)* *Matrix* sebagai berikut :

Tabel 2.5 VALSAT Matrix

Waste	Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Product Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
Overproduction	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	L		M	M	
Transport	H						L
Innapropriate Process	H		M	L		L	
Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Motion	H	L					
Defect	L			H			

Catatan :

H (*High correlation and usefulness*) : Faktor pengali = 9

M (*Medium correlation and usefulness*) : Faktor pengali = 3

L (*Low correlation and usefulness*) : Faktor pengali = 1

2.7 VALSAT (Value Stream Analysis Tool)

Metode yang digunakan untuk mendapatkan *tool* mana yang tepat dalam proses *mapping*. Kolom A berisi tujuh pemborosan yang biasanya terdapat pada perusahaan. Kolom E merupakan kolom pembobotan dari masing-masing pemborosan yang didapatkan dari hasil kuisisioner *waste workshop* yang diisi oleh manajer dan supervisor terkait. Kolom B merupakan *tools* pada *Value Stream Mapping*.

Tabel 2.6 Matriks seleksi pemilihan Value Stream Mapping Tools

Waste	Weight	Tool B
A	D	C
Total Weight		E

Kolom C adalah korelasi antara kolom A dan B dimana nilai korelasi antar keduanya ada 3 macam yaitu *high correlation* yang memiliki bobot 9, *medium correlation* yang memiliki bobot 3, dan *low correlation* yang memiliki bobot 1. Kemudian masing-masing bobot dikalikan dengan bobot yang ada pada kolom D setelah didapatkan hasilnya maka dijumlahkan dan diletakkan pada kolom E dan nilai yang tertinggi adalah yang terpilih. Pemilihan lebih dari satu tool akan lebih berguna dalam mereduksi *waste* yang ada di perusahaan

2.8 Eliminasi Waste

Waste pada konstruksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu *physical waste* dan *non-physical waste*. *Physical waste* meliputi limbah padat dan bahan sisa konstruksi, sedangkan *non-physical waste* meliputi waktu dan biaya *overrun* (Nagapan, Rahman dan Asmi, 2012). Eliminasi *waste* dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga langkah yaitu : Identifikasi *Waste*, Analisa *Waste*, dan *Root Cause Analysis*.

2.8.1 Identifikasi Waste

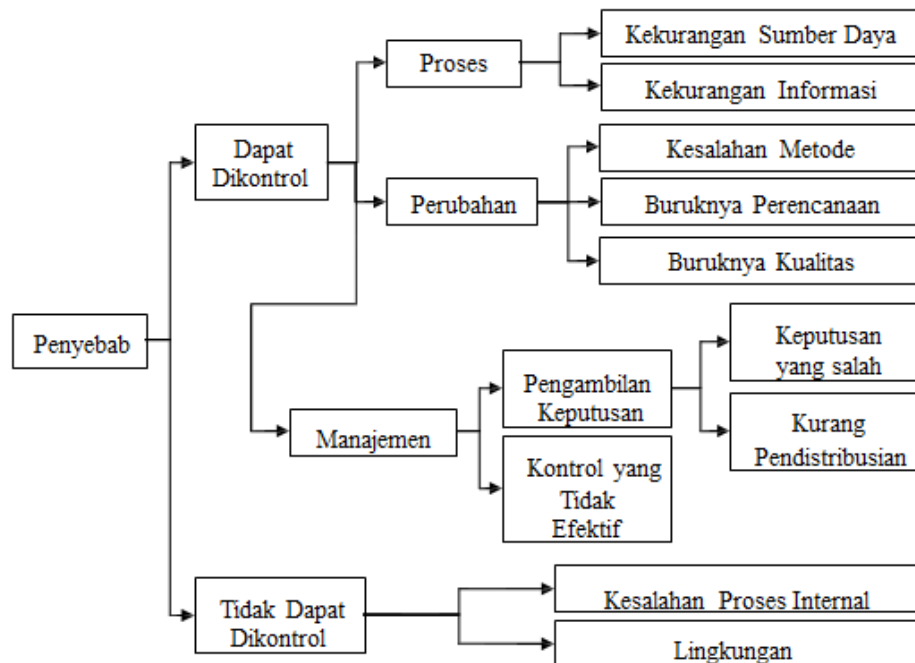
Waste yang dimaksud adalah tujuh jenis *waste* yang diidentifikasi oleh Ohno sebagai bagian dari *Toyota Production System*, yang juga dikenal sebagai *Lean Manufacturing* (1988). Definisi untuk masing-masing *waste* dinyatakan sebagai berikut (Pham, et al. 2001):

1. *Overproduction* - Ini adalah *waste* yang paling berbahaya, yang akan mengarah ke masalah produksi dimana *waste* ini diproduksi terlalu banyak atau memperoleh barang sebelum benar-benar diperlukan.
2. *Defect – Defect* atau cacat dapat terjadi dikarenakan sebagai hal, yaitu *man, machine, method, material*, dll. *Waste* ini menyebabkan munculnya biaya lebih untuk jaminan dan pekerjaan ulang untuk memperbaiki produk yang cacat tersebut.
3. *Excessive Transportasi* - *Waste* ini terjadi sebagai hasil dari tata letak tempat kerja yang tidak efisien dimana bahan yang dibutuhkan akan dipindahkan dari proses satu ke proses lainnya. Hal ini akan mengakibatkan risiko rusak, hilang, tertunda, dll.

4. *Waiting* - Menunggu adalah mengacu pada waktu tunggu antar kegiatan. Pekerja harus menunggu material yang akan dikirim atau menunggu mesin yang sedang berproses.
5. *Unnecessary Inventory* – Persediaan yang tidak perlu terjadi dikarenakan penyimpanan berlebih serta delay informasi produk atau material yang menyebabkan peningkatan biaya dan penurunan pelayanan terhadap customer.
6. *Unnecessary Motion* – Dapat didefinisikan sebagai segala yang berkaitan dengan penggunaan waktu yang tidak memberikan nilai tambah untuk produk maupun proses. Waste jenis ini biasa terjadi pada aktivitas tenaga kerja di pabrik / proyek, terjadi karena kondisi lingkungan kerja dan peralatan yang tidak ergonomis sehingga dapat menyebabkan rendahnya produktivitas pekerja dan berakibat pada terganggunya lead time produksi dan aliran informasi.
7. *Inappropriate Processing* - Waste ini mengacu pada operasi yang tidak perlu (berbuat lebih banyak daripada apa yang diinginkan oleh pelanggan). Hal ini juga mungkin mengarah ke ekstra-transportasi karena komunikasi yang buruk.

Dalam konstruksi *waste* didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai dari material-material yang dikirim dan diterima di lapangan dan yang digunakan dengan benar sesuai spesifikasi dan diukur secara akurat dalam pekerjaan, setelah dikurangi penghematan biaya dari material pengganti dan material yang ditransfer ke tempat lain (Polat & Ballard, 2004). Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap apapun yang tidak member nilai terhadap keinginan pelanggan merupakan limbah.

Koskela (1992) juga telah mengidentifikasi tipe pemborosan dalam proses konstruksi seperti cacat, pekerjaan ulang, kesalahan desain, kelalaian, perubahan permintaan, biaya keselamatan, kelebihan penggunaan material. Lebih lanjut, Alarcon (1995) telah mengenali beberapa pemborosan yang berkaitan dengan metode kerja, material, waktu, pekerja, perencanaan operasi dan peralatan. Serpell et al. (1995) telah mengidentifikasi bahwa waktu produktif diboroskan dengan pekerjaan tanpa aktivitas dan pekerjaan tidak efektif.



Gambar 2.2 Penyebab pemborosan
 Sumber : (Serpell et al. 1995)

Menurut Serpell et al. (1995) kategorisasi selain dari faktor eksternal, semua penyebab umum lainnya terkendali. Koskela dan Leikas (1994) telah mengidentifikasi penyebab lainnya seperti hirarki organisasi, proses tidak terkendali dan kaku, pemborosan yang tidak dikenal atau tidak terukur, dan informasi mengenai distribusi material yang panjang dan rumit. Selanjutnya, Alarcon (1995) telah mengidentifikasi penyebab pemborosan di tiga sumber yaitu manajemen, sumber daya, dan informasi. Gaspersz dan Fontana (2011) menyebutkan pemborosan pada lini produksi salah satunya karena waktu *setup* alat yang lama dan buruknya perawatan alat.

2.8.2 Analisa Waste

Salah satu tahapan penting dalam pendekatan *lean* adalah analisa aktivitas-aktivitas mana yang memberikan nilai tambah dan tidak memberikan nilai tambah. Aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah sebaiknya dikurangi dan dihilangkan untuk meningkatkan efisiensi perusahaan. (Hines

dan Taylor, 2000) membedakan tipe aktivitas dalam organisasi menjadi tiga, yaitu :

1. *Value added activity (VA)*, aktivitas ini memberikan nilai tambah terhadap proses, baik pada aliran informasi dan aliran fisik proses.
2. *Non-value added activity (NVA)*, aktivitas ini tidak memberikan nilai tambah terhadap produk. Aktivitas ini dapat dikategorikan sebagai waste yang dapat menyebabkan proses tidak berjalan secara efisien.
3. *Non-value added but necessary activity (NNVA)*, aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dakan tetapi tetap dibutuhkan untuk menjalankan seluruh rangkain proses. Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan dan hanya bisa diminimalisir.

2.8.3 Root Cause Analysis (RCA)

RCA adalah suatu metode penyelesaian masalah yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar-akar penyebab terjadinya masalah. RCA didesain untuk menginvestigasi klasifikasi penyebab-penyebab yang komprehensif berhubungan dengan 5 M yaitu *man, machine, material, method, dan management system* dan membantu membangun suatu ilmu dasar untuk berhubungan dengan masalah-masalah yang berhubungan dengan reliabilitas produk/proses, ketersediaan dan pemeliharaan.

Menurut Jucan (2005), RCA merupakan suatu metodologi untuk mengidentifikasi dan mengoreksi sebab-sebab yang penting dalam permasalahan operasional dan fungsional. Metode RCA sangat berguna untuk menganalisis suatu kegagalan sistem tentang hal yang tidak diharapkan terjadi, bagaimana hal itu bisa terjadi, dan mengapa hal itu bisa terjadi. Tujuan dari penggunaan RCA adalah untuk mengetahui penyebab masalah atau kejadian dengan mengidentifikasi akar-akar penyebab masalah tersebut. Jika akar penyebab dari suatu masalah tidak teridentifikasi, maka hanya akan mengetahui gejalanya saja dan masalah itu sendiri akan tetap ada. Dengan demikian RCA sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi akar dari suatu masalah yang berpotensi dapat menimbulkan risiko operasional di bagian

produksi. Langkah-langkah dalam membuat RCA (Faith Chlander, 2004), antara lain :

1. Mengidentifikasi dan memperjelas definisi undesired outcome
2. Mengumpulkan data
3. Menempatkan kejadian-kejadian dan kondisi-kondisi yang pada *event and casual factor table* (tabel kejadian dan faktor penyebab)
4. Gunakan tabel penyebab atau metode yang lain untuk mengidentifikasi seluruh penyebab yang berpotensi.
5. Mengidentifikasi mode kegagalan sampai pada mode kegagalan paling bawah.
6. Lanjutkan pertanyaan “mengapa?” untuk mengidentifikasi *root cause* yang paling kritis.

2.9 Project Risk Management

Menurut Gray dan Larson (2006), risiko dalam konteks proyek merupakan kondisi ketidakpastian yang muncul dan akan memberikan dampak positif maupun negatif pada tujuan akhir proyek. Setiap risiko memiliki penyebab, dan apabila terjail pasti akan berdampak pada pelaksanaan proyek. Manajemen risiko digunakan untuk mengenali dan mengelola risiko yang berpotensi terjadi ketika sebuah proyek berjalan. Manajemen risiko mengidentifikasi *risk events* yang mungkin terjadi sebanyak-banyaknya dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan sebelum proyek berjalan serta memberikan respon ketika *risk event* tersebut terjadi.

Komponen dalam proses manajemen risiko pada proyek adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi risiko

Proses manajemen risiko dimulai dengan berusaha menghasilkan daftar semua risiko yang mungkin dapat mempengaruhi proyek. Pada umumnya manajer proyek bekerja sama sepanjang tahap perencanaan. Tim manajemen risiko terdiri dari anggota tim inti dan *Stakeholder* lain yang relevan. Tim menggunakan *brainstorming* dan teknik identifikasi masalah untuk

mengidentifikasi masalah potensial. Manajemen proyek didorong untuk terbuka dan menghasilkan sebanyak mungkin risiko yang dapat terjadi. Kemudian sepanjang taha penilaian, manajemen proyek akan memiliki kesempatan untuk menganalisis dan membuang risiko-risiko yang tidak masuk akal. Salah satu alat efektif untuk mengidentifikasi risiko spesifik adalah *Work Breakdown Structure (WBS)*. Penggunaan WBS mengurangi kesempatan luputnya sebuah peristiwa risiko sehingga dapat memetakan apakah risiko termasuk pada risiko yang berdampak besar dan berdampak kecil. Profil risiko juga merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko dan pada akhirnya dapat menganalisis risiko. Profil risiko adalah daftar pertanyaan yang menyoroti area ketidakpastian pada sebuah proyek.

2. Penilaian risiko

Setelah dilakukan identifikasi risiko dan daftar risiko, maka langkah selanjutnya yaitu memilah-milah risiko mana yang layak mendapatkan perhatian lebih dan mana yang dapat diabaikan. Untuk melakukan hal tersebut, diperlukan sebuah metode sehingga risiko-risiko yang telah didaftar dapat dilihat kelayakannya, mana yang lebih diperhatikan dan mana yang perlu dieliminasi. Analisis risiko adalah metode paling umum yang digunakan untuk menganalisis risiko. Anggota tim dapat menilai masing-masing risiko dalam hal :

- a. Peristiwa yang tidak diinginkan
- b. Semua hasil akhir dari kejadian sebuah peristiwa
- c. Manfaat penting atau dampak merusak atau merugikan dari sebuah peristiwa
- d. Peluang terjadinya peristiwa
- e. Kapan peristiwa dapat terjadi pada proyek
- f. Interaksi dengan bagian lain dari proyek ini atau dari proyek lainnya

Analisa skenario dapat dilihat dari berbagai format penilaian yang digunakan perusahaan. Dalam analisa risiko digunakan penilaian untuk masing-masing tingkat dampak (*impact*), frekuensi munculnya dampak

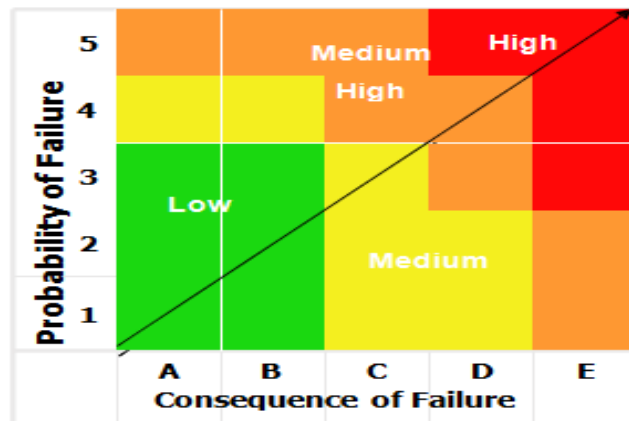
(*likelihood*), dan kemudahan untuk dideteksi (*detection*) dengan bobot 1 sampai 5. Berikut ini adalah contoh form penilaian risiko :

Tabel 2.7 Form penilaian risiko

Risk event	Likelihood	Impact	Detection Difficulty	When
a				
b				
c				

Sumber : Gray dan Larson, 2006

Tabel 2.7 merupakan contoh form penilaian risiko pada perusahaan. *Risk event* merupakan peristiwa risiko yang mungkin terjadi pada sebuah proyek. Sedangkan *likelihood*, *impact*, dan *detection* dibobotkan dengan nilai 1 sampai 5. Sedangkan *when* merupakan waktu terjadinya risiko tersebut. Dari form tersebut, risiko kemudian dipetakan pada matriks tingkatan risiko (*risk severity matrix*) seperti pada gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2.3 Matriks risiko

Sumbu X pada matriks tingkatan risiko merupakan nilai dampak pada risk event. Sedangkan sumbu Y pada matriks tingkatan risiko adalah kemungkinan (*likelihood*) pada *risk event*. Matriks penilaian risiko memiliki tiga jenis zona yakni zona hijau, zona kuning, dan zona merah. Zona hijau berarti risiko rendah (*low risk*), zona kuning berarti risiko sedang (medium

risk), zona orange berarti risiko menengah (*medium-high risk*) dan zona merah berarti risiko tinggi (*high risk*). Manajemen risiko pada proyek juga mengadopsi system penilaian *risk priority number* (RPN) dari FMEA dengan memasukan kesulitan untuk dideteksi pada persamaan untuk menghitung nilai risiko tersebut.

Dampak x Probabilitas x Kemudahan untuk dideteksi = Nilai (2)

Masing-masing dimensi memiliki bobot dengan skala 1 sampai 5. Misalnya apabila dampak dari risiko terhadap proyek sangat kecil, probabilitas munculnya sangat kecil dan sangat mudah untuk dideteksi, maka risiko tersebut dapat dinilai dengan $1 \times 1 \times 1 = 1$

3. Pengembangan respon risiko

Ketika suatu peristiwa risiko telah dikenali dan dinilai, berikutnya adalah membuat sebuah keputusan untuk merespon dengan tepat peristiwa tersebut. Respon terhadap risiko dapat dikelompokkan sebagai respon mitigasi atau pengurangan, penghindaran, pemindahan, berbagi, dan menahan. Mengurangi risiko pada umumnya menjadi alternatif pertama yang dipertimbangkan.

Pada dasarnya ada dua strategi untuk memitigasi risiko, yang pertama yaitu mengurangi kemungkinan terjadinya peristiwa tersebut dan atau yang kedua mengurangi dampak peristiwa tersebut pada proyek. Dalam memitigasi dampak risiko, diperlukan sebuah rencana yang digunakan untuk memperkirakan sebuah risiko sebelum risiko tersebut terjadi yang disebut dengan rencana kontigensi (*contingency plan*). Rencana kontigensi tersebut akan menjawab pertanyaan mengenai apa yang harus dilakukan, dimana melakukannya, dan aksi-aksi apa saja yang perlu diterapkan untuk memitigasi risiko. Selain itu, rencana kontigensi juga mengevaluasi alternatif solusi mitigasi dan memilih alternatif solusi yang terbaik. Rencana kontigensi tersebut nantinya akan dimasukkan pada matriks respon risiko seperti pada table 2.8 berikut ini :

Tabel 2.8 Matriks respon risiko

Risk event	Rencana kontigensi	Pemicu	Siapa yang bertanggungjawab
a			
b			
c			

Pada tiap *risk event* terdapat rencana kontigensi untuk memitigasi risiko apa yang menjadi pemicu dalam penerapan rencana kontigensi. Hal yang harus diperhatikan adalah bagaimana merencanakan kembali kontigensi apabila ternyata risiko tertentu masih terjadi sehingga dibutuhkan kerjasama antar bagian pada suatu proyek.

4. Pengendalian respon risiko

Tahap terakhir dalam manajemen risiko pada proyek adalah pengendalian respon risiko yang mencakup eksekusi strategi respon risiko, mengawasi peristiwa pemicu, memulai rencana kontigensi dan mengawasi risiko baru. Manajer proyek harus memonitor dan mengawasi kemajuan proyek.

2.8 Pemilihan Tools Lean Construction

1. Last Planner System

Ballard (2000) menunjukkan bahwa *Last Planner System (LPS)* merupakan teknik yang membentuk alur kerja dan memetakan variabilitas proyek. *The Last Planner* adalah orang atau kelompok yang bertanggung jawab untuk perencanaan operasional, yaitu struktur desain produk untuk memfasilitasi peningkatan alur kerja, dan kontrol unit produksi, yaitu, penyelesaian tugas perseorangan pada tingkat operasional. Dalam *The Last Planner*, urutan pelaksanaan (*master schedule*, *reverse phase schedule (RPS)*, *six-week lookahead*, *weekly work plan (WWP)*, *percent plan complete (PPC)*, *constraint analysis*, *variances analysis*) mendirikan jadwal kerangka perencanaan yang efisien melalui teknik “*pull*”, yang membentuk alir kerja, urutan, dan laju, perbandingan alur kerja dan kapasitas, mengembangkan metode untuk melaksanakan pekerjaan dan meningkatkan komunikasi

antara peranan masing-masing. Ini akan mencapai *Should Can Will* yang merupakan istilah kunci dalam WWP (Ballard 2000). Berbagai kontribusi kunci untuk meningkatkan alur kerja ternasuk komunikasi dua arah, proses analisa kendala dalam *six-week lookahead* sebelum tugas dijalankan, analisis penyebab perbedaan setelah tugas selesai, upaya masing-masing perencana, dan pelatihan tim proyek. Praktek-praktek tradisional tidak menganggap perbedaan antara apa yang harus, dapat, dan akan dilakukan, asumsinya menjadi mendorong pekerjaan akan menghasilkan hasil yang lebih baik. Peran penting dari *The Last Planner* adalah untuk menggantikan perencanaan optimis dengan perencanaan realistis dengan mengevaluasi kinerja pekerja berdasarkan kemampuan mereka untuk mencapai komitmen yang dapat dipercaya dari mereka. Tujuan dari *Last Planner* adalah untuk menarik kegiatan dengan *reverse phase scheduling* melalui tim perencanaan dan mengoptimalkan sumber daya dalam jangka panjang.

a. *Master Schedule*

Master schedule adalah jadwal proyek secara keseluruhan, dengan *milestone*, yang biasanya dihasilkan untuk digunakan dalam paket pekerjaan. *Reverse Phase Scheduling* (RPS) akan diproduksi berdasarkan *Master schedule*.

b. *Reverse Phase Scheduling (RPS)*

Ballard dan Howell (2003) menunjukkan bahwa teknik menarik “*pull*” digunakan untuk mengembangkan suatu jadwal oleh tim perencanaan, ini juga disebut *Reverse Phase Scheduling (RPS)*. Mereka juga menyatakan bahwa fase penjadwalan adalah penghubung antara penataan pekerjaan dan pengendalian produksi, dan tujuan dari tahap penjadwalan adalah untuk menghasilkan suatu rencana yang terintegrasi dan merupakan koordinasi berbagai spesialisasi. RPS dibuat oleh semua perencana. Hal ini lebih dekat dengan kenyataan daripada jadwal yang optimal pada awal yaitu *master schedule*. Namun, tanpa mempertimbangkan faktor-faktor lapangan yang sebenarnya, RPS kurang akurat dibandingkan dengan WWP.

c. *Six-week Lookahead (SWLA)*

Ballard (2000) menunjukkan bahwa alat untuk mengontrol aliran pekerjaan adalah *lookahead schedule*. SWLA menunjukkan jenis pekerjaan apa yang seharusnya dilakukan di masa depan. Dalam rangka *lookahead*, minggu 1 adalah minggu depan, seminggu setelah pertemuan WWP. Jumlah minggu *lookahead* bervariasi. Untuk proses desain, rangka *lookahead* bisa menjadi 3 sampai 12 minggu (Ballard, 2000). Semua jangka waktu *six-week lookahead* dan jadwal diestimasi berdasarkan pada hasil RPS, dan kendala yang ditunjukkan dalam rangka memecahkan masalah sebelum produksi yang sebenarnya terjadi. SWLA dibagikan kepada seluruh perencana terakhir di pertemuan WWP. *Lean lookahead planning* adalah proses untuk mengurangi ketidakpastian untuk mencapai terbebasnya dari kendala yang mungkin terjadi (Koskela et al 2000).

d. *Weekly Work Plan (WWP)*

Should, can, will adalah istilah-istilah kunci dalam WWP (Ballard 2000). *Weekly Work Plan* (WWP) diproduksi berdasarkan SWLA, jadwal aktual dan kondisi lapangan sebelum rapat mingguan. Dengan rencana ini, tenaga kerja dari setiap pekerjaan akan disesuaikan dengan kebutuhan. Pertemuan WWP mencakup jadwal mingguan, masalah keamanan, persoalan kualitas, material, tenaga kerja, metode konstruksi, dan setiap masalah yang terjadi di lapangan. Hal ini mendorong dua arah komunikasi dan perencanaan tim untuk berbagi informasi tentang proyek dengan cara yang efisien dan akurat. Hal ini dapat meningkatkan keselamatan, kualitas, alur kerja, aliran material, produktivitas, dan hubungan antara setiap anggota tim. Ballard dan Howell (2003) menunjukkan bahwa WWP harus lebih menekankan proses belajar, melalui identifikasi penyebab setiap kegagalan rencana di WWP, dan hanya fokus terhadap nilai PPC, analisis perbedaan akan dilakukan berdasarkan hasil kerja dari minggu sebelumnya. Kategori perbedaan dan alasan untuk kegiatan yang tidak dapat diselesaikan harus didokumentasikan dalam jadwal WWP.

e. *Percent Plan Complete (PPC)*

Sistem pengukuran *Last Planner* adalah *Percent Plan Complete* (PPC). Hal ini dihitung sebagai jumlah kegiatan yang direncanakan selesai dibagi

dengan total jumlah kegiatan yang direncanakan, yang disajikan sebagai persentase (Ballard, 2000). Kemiringan positif antara dua nilai PPC merupakan fakta bahwa untuk produktivitas minggu ini meningkat dari minggu sebelumnya. Selain itu, lereng curam, produktivitas semakin ditingkatkan. Menurut Ballard (1999), nilai PPC sangat bervariasi sesuai perubahan kondisi di tempat kerja (30% sampai 60% tanpa implementasi lean). Sebuah kinerja diterima berkisar antara 60 sampai 70%. Dari 70% sampai 90% unsur tambahan (Misalnya, *first run studies* dan analisis varians) harus dilakukan. Di atas 90% sangat kecil kemungkinan karena hampir mustahil untuk mengontrol variabilitas dari semua tugas.

2. *Increased Visualization*

Increased Visualization, alat *Lean* lainnya, terdiri dari upaya untuk memberikan informasi kunci secara efektif untuk tenaga kerja melalui penempatan tanda-tanda yang berbeda. Pekerja dapat mengingat unsur-unsur seperti alur kerja, kinerja dan tindakan tertentu jika mereka dapat memvisualisasikannya (Moser dan Dos Santos, 2003). Dalam konstruksi, upaya visual fokus pada isu keselamatan, penjadwalan dan jaminan kualitas.

3. *Tool-box Meeting*

Komunikasi dua arah adalah kunci dari proses pertemuan sehari-hari dalam rangka mencapai keterlibatan karyawan. Dengan kesadaran dari proyek dan pemecahan masalah yang melibatkan bersama dengan beberapa pelatihan yang disediakan oleh perangkat lain, kepuasan karyawan (kebermaknaan kerja, harga diri, rasa pertumbuhan) akan meningkat. Sebagai bagian dari siklus perbaikan (konsep Scrum), ada pertemuan *start-up* harian singkat dimana anggota tim dengan cepat memberikan status dari apa yang mereka telah kerjakan pada pertemuan hari sebelumnya, terutama jika masalah yang mungkin mencegah penyelesaian dari tugas (Schwaber, 1995).

4. *First Run Studies*

First Run Studies termasuk studi produktivitas dan metode review pekerjaan dengan mendesain ulang dan perampingan fungsi yang berbeda dan yang terlibat. Studi ini umumnya menggunakan file-file video, foto, atau grafis untuk menunjukkan proses atau menggambarkan instruksi kerja. Langkah pertama operasi yang dipilih harus diperiksa secara detail, membawa ide-ide dan saran

untuk mencari cara-cara alternatif untuk melakukan pekerjaan. Sebuah siklus PDCA (*plan, do, check, act*) adalah disarankan untuk mengembangkan penelitian:

- a. *Plan* : pilih proses pekerjaan untuk dikaji, membentuk tim, menganalisis langkah-langkah proses, *brainstorming* bagaimana mengurangi langkah-langkah, sesuaikan dengan keselamatan, kualitas dan produktivitas.
- b. *Do* : untuk percobaan pertama yang telah direncanakan
- c. *Check* : menggambarkan dan mengukur apa yang sebenarnya terjadi
- d. *Act* : tim bertemu lagi, dan berdiskusi mengenai pengembangan metode dan kinerja untuk dijadikan standar kebutuhan.

5. *The 5s Process*

Lean Construction melihat konstruksi proyek sebagai aliran kegiatan yang harus menghasilkan nilai ke pelanggan (Dos Santos et al., 1998). Untuk mengelola aliran proyek, diperlukan untuk memvisualisasikan kegiatan yang akan dilakukan dan membuat proses transparan. Visual tempat kerja upaya untuk meningkatkan transparansi proses. Upaya tersebut dirangkum dalam Lima S, (Kobayashi, 1995; Hirano, 1996) :

- a. *Seiri* (Urutkan): secara tegas memisahkan item yang dibutuhkan dari item yang tidak dibutuhkan, kemudian menghilangkan atau membuang item yang tidak diperlukan dari tempat kerja.
- b. *Seiton* (Perata atau mengatur agar): mengatur alat secara rapi dan bahan untuk memudahkan penggunaan (tumpukan / kumpulan).
- c. *Seiso* (bersinar): membersihkan.
- d. *Seiketsu* (standarisasi): mempertahankan 3Ss pertama. Mengembangkan standar kerja 5S's proses dengan harapan untuk perbaikan sistem.
- e. *Shitsuke* (mempertahankan): menciptakan kebiasaan berdisiplin sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.

Tata letak bahan ini biasanya digunakan untuk percepatan pelaksanaan di konstruksi. Spooore (2003) menunjukkan bahwa 5S adalah sistem wilayah berbasis kontrol dan perbaikan. Manfaat dari penerapan 5S termasuk keselamatan, produktivitas, kualitas, dan set-up-berkali-kali dalam perbaikan, penciptaan ruang, penurunan *lead time* dan waktu siklus,

2.9 Pengembangan Future State Mapping (FSM)

Future State Mapping (FSM) dikembangkan untuk memetakan proses setelah menggabungkan prinsip-prinsip lean sehingga pekerjaan dapat berjalan dengan efisien. Aplikasi *lean* yang sesuai kemudian dapat digunakan untuk mendukung pelaksanaan proses perbaikan (misal *problem solving*, *5S*, *visual management*, dll) (O'Connor and Swain, 2013). Untuk tujuan penelitian ini, FSM dibuat setelah menghilangkan *waste* dan menggabungkan aplikasi lean yang sesuai pada proyek untuk meningkatkan alur dari proses pekerjaan. FSM biasanya dibatasi dengan kondisi proyek saat ini, oleh karena itu FSM merupakan suatu metode untuk memperbaiki keterbatasan pada proyek. Dengan demikian, FSM adalah versi *mapping* yang ideal untuk proyek yang sedang berjalan.

2.10 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, peneliti menjadikan beberapa penelitian sebelumnya sebagai referensi, sebagai pembanding juga sebagai pendukung dari penelitian ini, adapun beberapa literature yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Penelitian oleh Muhamad Abduh (“Memaksimalkan Value dan Meminimalkan Waste”, 2005). Penelitian ditujukan agar konstruksi ramping (*lean construction*) dapat diaplikasikan dalam industri konstruksi di Indonesia. Hasil penelitian yang diperoleh ialah bahwa kontraktor besar Indonesia telah cukup siap dalam usaha menuju konstruksi ramping di Indonesia. Namun demikian, terlihat bahwa prinsip-prinsip konstruksi ramping yang sudah banyak dilakukan oleh kontraktor besar di Indonesia lebih kepada prinsip-prinsip yang terkait dengan pengelolaan perusahaan dan tingkatan proyek. Sedangkan yang terkait dengan prinsip-prinsip yang lebih detail, dalam hal ini tingkatan proyek hingga tugas masih relatif lebih rendah tingkat kesiapannya. Penelitian tersebut, selanjutnya menunjukkan pula titik lemah kontraktor Indonesia, yaitu dalam hal perencanaan pekerjaan. Kelemahan ini berakibat pada lemahnya pula proses pengendalian dan evaluasi pekerjaan di lapangan.

2. Penelitian oleh Muhamad Abduh, Syadaruddin Syachrani dan Hengki Amri Roza (“Agenda Penelitian Konstruksi Ramping”, 2005). Penelitian ditujukan untuk memberikan gambaran strategi dan usaha-usaha taktis yang perlu dilakukan secara struktural maupun sektoral untuk dapat merubah paradigma atau pendekatan dalam mengelola industri konstruksi di Indonesia, dalam hal ini baik itu dari pihak pemerintah maupun para praktisi di dunia konstruksi. Hasil penelitian yang diperoleh ialah bahwa pencapaian kondisi konstruksi ramping hanya dapat dilakukan melalui proses bertahap yang akan menjembatani kondisi perkembangan industri konstruksi saat ini ke posisi transisi dan akhirnya mencapai kondisi konstruksi ramping. Untuk itu dibutuhkan suatu roadmap penelitian yang memperlihatkan tahapan perkembangan keilmuan beserta bidang kajiannya dalam lingkup keilmuan Manajemen dan Rekayasa Konstruksi (MRK). Lebih lanjut roadmap penelitian tersebut akan dijadikan acuan penyusunan agenda penelitian yang secara langsung dapat dimanfaatkan secara terpadu dan berkelanjutan.
3. Wahyu Indra Budi dalam skripsinya untuk mencapai gelar Sarjana S-1 Teknik Sipil pada Universitas Indonesia tahun 2010, dengan judul “Identifikasi Fakto-faktor Penyebab Keterlambatan Waktu Konstruksi yang Dianalisa Dengan Konsep Lean Construction”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berdampak terhadap jadwal proyek dan kegiatan mana saja dari faktor tersebut yang dapat diminimalkan dengan penerapan konsep lean construction.
4. Penelitian oleh S Alwi, K Hampson, dan S Mohamed (Faktor yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Kontraktor di Indonesia : Kajian Mengenai Aktivitas yang Tidak Menambah Nilai, 2002). Dalam penelitiannya ditemukan bahwa perbaikan pada pekerjaan finishing, keterlambatan jadwal dan menunggu material merupakan variabel kunci, dimana perubahan desain, kurang mampunya pekerja dan pengambilan keputusan yang lambat teridentifikasi sebagai variabel kunci penyebab pemborosan pada aktivitas yang tidak menambah nilai.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian secara rinci. Secara umum, penelitian ini terdiri dari empat tahapan yaitu tahap identifikasi, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisa dan interpretasi data, dan kesimpulan serta saran

3.1 Tahap Identifikasi

Tahap ini merupakan langkah awal yang dijelaskan mengenai tahapan dalam mengidentifikasi permasalahan yang ada di dalam perusahaan dan kerangka umum penyelesaian masalahnya.

1. Penentuan topik dan objek penelitian

Pada tahap ini penentuan topik penelitian didasarkan pada permasalahan yang terjadi di perusahaan.

2. Identifikasi masalah

Identifikasi permasalahan didasarkan pada bagaimana mengidentifikasi *waste* yang ada pada proses konstruksi dengan menggunakan pendekatan *lean construction* untuk mengurangi *waste*.

3. Penentuan tujuan penelitian

Setelah mendapat suatu permasalahan yang terjadi di perusahaan, kemudian ditentukan tujuan penelitian yang akan dilakukan. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi dalam proses konstruksi dengan pendekatan *lean construction*, dianalisa, kemudian merekomendasikan perbaikan yang dapat dilakukan

4. Studi pustaka

Tahap studi pustaka dilakukan sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi serta mengumpulkan berbagai dasar teori dan metode yang mendukung untuk menyelesaikan permasalahan yang telah dirumuskan. Refrensi yang digunakan dapat bersumber dari buku, jurnal, maupun penelitian yang telah ada sebelumnya.

5. Studi lapangan

Studi lapangan dilakukan di tempat proyek berlangsung yang berada di daerah Pasuruan, dengan melihat kondisi saat ini proyek dan diharapkan dapat mendukung tercapainya tujuan penelitian yang telah dirumuskan.

3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini akan dijelaskan tentang tahapan pengumpulan dan pengolahan data dari permasalahan yang ada di perusahaan. Untuk pengumpulan dan pengolahan data menggunakan pendekatan metodologi yang terdapat di dalam prinsip-prinsip *Lean Construction* dan *Project Management*. Adapun data yang akan diproses untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah dengan cara sebagai berikut :

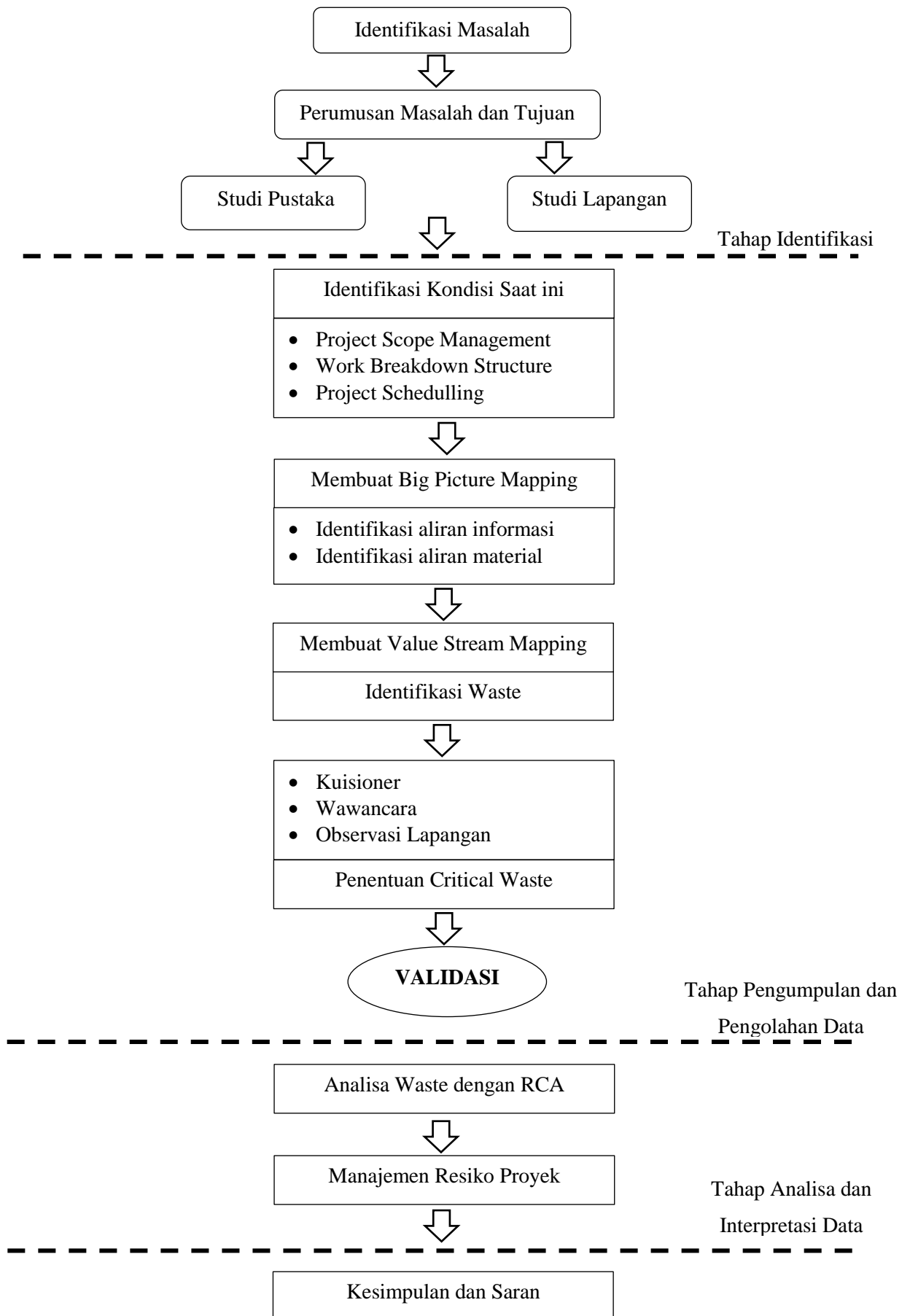
1. Identifikasi kondisi saat ini untuk mengetahui *Project Scope* dan tahapan pekerjaan pada proyek konstruksi.
2. Membuat *Big Picture Mapping* untuk memberikan gambaran mengenai aliran informasi dan material dari kondisi saat ini.
3. Membuat *Value Stream Mapping* untuk memetakan aliran nilai secara mendetail untuk mengidentifikasi adanya pemborosan dan menemukan penyebab – penyebab terjadinya pemborosan serta memberikan solusinya.
4. Membuat kuisisioner dan wawancara kepada pihak-pihak terkait untuk mengetahui *waste* yang mungkin terjadi maupun sudah terjadi.
5. Menentukan *critical waste* yaitu *waste* dengan kemungkinan risiko paling tinggi dan mempengaruhi keseluruhan system proyek. Hasil dari tahap ini kemudian akan dilakukan validasi dengan pakar ataupun perwakilan dari perusahaan yang mengetahui pasti tentang proyek tersebut dan memiliki pengalaman di bidangnya.
6. Melakukan *brainstorming* dengan pihak-pihak yang berkompeten dibidangnya untuk menemukan alternatif rekomendasi perbaikan dalam menghilangkan *waste*.

3.3 Analisa dan Interpretasi Data

Pada tahap analisa dan interpretasi data, hasil pengumpulan dan pengolahan data kemudian akan dianalisa untuk menemukan *waste* yang terjadi pada pelaksanaan proyek. Kemudian mencari penyebab sumber *waste* menggunakan *Root Cause Abalysis (RCA)*, selanjutnya menentukan tindakan preventif sebagai upaya dalam meminimasi *waste* dalam proyek konstruksi. Identifikasi dan penilaian risiko dilakukan dengan mempertimbangkan nilai dampak dan probabilitas, serta menganalisa risiko dan memilih alternatif rekomendasi solusi mitigasi risiko.

3.4 Kesimpulan dan Saran

Tahapan kesimpulan dan saran merupakan tahap akhir dalam penulisan tugas akhir ini. Tahap ini dilakukan setelah tahap analisa dan interpretasi data. Pada tahap ini diperoleh kesimpulan dari penelitian ini yang akan menjawab tujuan penelitian dan juga dapat diajukan beberapa saran dan rekomendasi oleh peneliti untuk penelitian selanjutnya.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Tahap selanjutnya adalah pelaksanaan penelitian yang dilakukan di proyek pembangunan pipa gas Pertamina Porong – Grati oleh kontraktor KKM (Konsorsium Kelsri – MGP). Kedua perusahaan kontraktor ini adalah perusahaan swasta dengan bidang usaha meliputi *Engineering, Procurement, dan Construction* (EPC), dan sudah berpengalaman mengerjakan proyek konstruksi *oil and gas* di Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan, pengumpulan data yang terdiri dari data historis perusahaan, dan hasil wawancara langsung dengan pihak-pihak perusahaan yang terkait. Selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan penyelesaian permasalahan yang terjadi di proyek.

4.1 Deskripsi Proyek

4.1.1 Profil Proyek

Proyek yang digunakan sebagai bahan penelitian ini adalah proyek konstruksi pembangunan pipa gas dari Porong – Grati sepanjang 56 km yang merupakan salah satu proyek besar Pertamina di tahun 2015 untuk mendukung perluasan jaringan pipa gas nasional di Indonesia. Gas bumi didapat dari sumber gas Peluang (Santos, 25 MMSCFD, 2014-2019), Madura (Husky, 40 MMSCFD, 2015-2023) dan West Kangean (Kangean Energy, 100 MMSCFD, 2021-2024). Proyek yang dikerjakan oleh kontraktor konsorsium Kelsri - MGP ini bernilai investasi USD 45 juta dan direncanakan selesai pada akhir tahun 2015. Pipa transmisi gas sepanjang 56 km ini direncanakan akan mengalirkan gas \pm 165 MMSCFD dari produsen gas di laut Madura menuju PLTU Grati di Pasuruan. Proyek pembangunan pipa gas ini merupakan proyek yang kompleks karena melibatkan banyak *stakeholders* dengan lingkup pekerjaan konstruksi *pipeline, mechanical, electrical, piping, instrument, civil, dan SCADA*.. Adapun maksud dan tujuan dari proyek ini adalah :

1. Mendukung stabilitas ketahanan energi nasional dengan mengatasi *kekurangan pasokan gas* PLTGU Grati dengan memanfaatkan alokasi

gas bumi dari Peluang (Santos), West Kangean (KEI) dan Madura (Husky) yang diambil *Tie-in* di ORF Porong.

2. Menyediakan gas bumi melalui infrastruktur jalur pipa yang membentang dari ORF Porong – PLTG Grati guna memberikan peluang pengembangan industri di sepanjang jalur pipa khususnya Sidoarjo – Pasuruan dan Jawa Timur pada umumnya.

4.1.2 Profil Perusahaan Pelaksana

PT Kelsri didirikan pertama kali pada tahun 1980 oleh PT Pupuk Sriwijaya. PT Kelsri merupakan jenis perusahaan *EPC (Engineering Procurement and Construction)* yang menjalankan bisnisnya dibidang *oil and gas, petrochemical, power generation, dan fertilizer*. Sedangkan untuk jenis pelayanan jasa, perusahaan melayani pekerjaan *engineering design, procurement, konstruksi sipil, konstruksi baja, konstruksi pipa, instalasi mekanikal, instalasi elektrikal dan instrumentasi, dan pengetesan peralatan*. Perusahaan juga sudah banyak diakui sebagai perusahaan yang mapan dengan banyak meraih sertifikat *Management System* diantaranya sertifikat ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, dan OHSAS 18001:2007. Perusahaan juga sudah berpengalaman di bidang konstruksi dan banyak mengerjakan proyek EPC di Indonesia, diantaranya :

1. Piping Installation & Mechanical Construction – Senoro Gas Development Project
2. Central Processing Plant – PPGJ Gundih
3. EPC & Operation Maintenance Services Project for Mangoepeh Plant
4. Fireproofing & Mechanical Work for TRAIN-H, Bontang, LNG Project
5. Mechanical & Steel Structurr Erectio Work for Kaltim – 4 Ammonia & Urea Plant Project
6. Equipment Installation of Waste Heat Boiler and Sludge Incineration Plant

Adapun visi dari perusahaan yaitu menjadi mitra strategis dan mitra pilihan utama bagi pelanggan serta berperan aktif dalam pembangunan yang mencakup bidang EPC dan jasa perawatan secara nasional. Sedangkan misi perusahaan adalah sebagai berikut :

1. Mengutamakan kepuasan pelanggan dalam setiap pelaksanaan pembangunan dengan mengedepankan standar mutu dan keandalan dalam lingkungan yang menjunjung tinggi keselamatan kerja melalui sumber daya manusia yang bersih, ahli, disiplin, serta berpedoman pada manajemen kerja yang handal.
2. Mencapai tingkat pertumbuhan usaha yang berkesinambungan
3. Mampu memberikan nilai tambah bagi para pemegang saham dan stakeholder
4. Menyediakan lingkungan kerja yang nyaman, peduli terhadap kesejahteraan karyawan dan memberikan kesempatan untuk berkembang secara professional bagi karyawan.

4.2 Big Picture Mapping

Untuk dapat mengetahui *whole stream* dalam proyek maka dibuatlah *Big Picture Mapping* yang dapat menggambarkan secara garis besar keseluruhan proses-proses inti dari hulu sampai ke hilir yang dapat dilihat pada lampiran 4. Proyek pipa gas ini memiliki tiga bagian pekerjaan besar, yaitu aktivitas *engineering*, *procurement*, dan *construction*. Aktivitas ketiga bagian tersebut dapat menjelaskan penggambaran dari *Big Picture Mapping* sebagai berikut :

4.2.1 Bagian Procurement

Bagian *procurement* dalam kegiatannya merupakan bagian yang paling besar menggunakan biaya *order*, sekitar 70 % - 80 % dari total biaya *order*. Karena memang dalam proyek ini hampir seluruhnya merupakan pekerjaan yang khusus dengan spesifikasi material yang berbeda-beda dan tidak sepenuhnya dapat diperoleh dari stok pasar. Berdasarkan kebutuhan material

yang dibuat oleh engineering, bagian *procurement* meminta penawaran kepada supplier-supplier atas material yang dibutuhkan dan melakukan negosiasi terhadap harga dan jadwal pengiriman sebelum melakukan pembelian dan menerbitkan *Purchase Order* (PO) kepada *supplier*. Jadwal kedatangan material ditetapkan berdasarkan atas kebutuhan pekerjaan proyek di lapangan yang dituangkan dalam *Purchase Requisition* (PR) yang diterbitkan oleh bagian konstruksi. Sedangkan sebagai referensi keputusan harga mengacu kepada dokumen penawaran yang sudah ditransfer sebagai dokumen kalkulasi awal.

Penyimpangan terhadap jadwal kedatangan material yang diminta dan budget biaya yang ditetapkan dalam kalkulasi awal sangat memberi pengaruh kepada biaya pelaksanaan *order* dan *benefit* perusahaan.

4.2.2 Bagian Engineering

Seperti dijelaskan diatas, bagian *engineering* selain mendukung proses perolehan *order* masuk juga melakukan eksekusi awal saat penawaran yang diajukan kepada *owner* menjadi *order* masuk. Setelah kontrak diterima oleh bagian *commercial* dan diterbitkan SPK internal kepada bagian-bagian lain, khususnya bagian *engineering* langsung menindaklanjuti dengan melakukan review atau verifikasi terhadap spesifikasi pemesanan yang hasilnya akan digunakan sebagai input melaksanakan pekerjaan detail desain dan pembuatan gambar kerja sebagai dasar pengeluaran kebutuhan material dan pembuatan prosedur pabrikasi. Bersamaan dengan itu *engineering* juga membuat rencana jadwal penyelesaian pekerjaan konstruksi berdasarkan *master schedule* yang diterbitkan oleh bagian konstruksi mengacu pada informasi di dalam SPK internal. Perencanaan jadwal penyelesaian pekerjaan konstruksi menjadi rumit bila kebutuhan waktu dan sumberdaya yang tersedia tidak dapat memenuhi *master schedule* yang terlalu pendek. Keterlambatan penyelesaian pembuatan gambar kerja mengakibatkan proses berikutnya seperti pengeluaran kebutuhan material menjadi terlambat dan memengaruhi pihak *procurement* untuk mendatangkan material. Upaya yang dilakukan supaya bagian konstruksi mendapatkan waktu yang cukup untuk menyelesaikan pekerjaannya akan

menyebabkan biaya pembelian material menjadi tinggi yang pada akhirnya mempengaruhi benefit perusahaan.

4.2.3 Bagian Konstruksi

Sebagai bagian terakhir dari aliran aktivitas adalah bagian konstruksi yang melakukan eksekusi pekerjaan, bersama dengan jajaran fungsi-fungsi didalamnya, bagian konstruksi menggunakan semua input dari *engineering* berupa gambar kerja dan prosedur konstruksi, serta material dari pengadaan untuk melakukan proses pabrikasi sampai menjadi produk yang siap diserahkan setelah diinspeksi oleh bagian *quality control*.

Bagian konstruksi ini bekerja sesuai dengan jadwal atau *detail schedule* yang merupakan penjabaran dari *master schedule*. *Detail schedule* menjadi alat utama dalam merencanakan kebutuhan atas jadwal kedatangan alat-alat bantu dan kebutuhan sebagai persediaan minimum. Berdasarkan *detail schedule*, lalu dibuat total kebutuhan *manpower* dan *machine hour* yang direncanakan untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi. Penyimpangan biasanya terjadi selain karena keterlambatan bagian lain tapi juga karena kurang akuratnya membuat detail aktivitas dan kurangnya kemampuan perencanaan *manpower* atau *machine hour* selain karena tiba-tiba mesin yang dibutuhkan rusak. Dalam prakteknya bagian konstruksi ini merupakan pintu terakhir yang biasanya dimanfaatkan untuk menjaga jadwal penyelesaian pekerjaan agar tepat waktu bila terjadi keterlambatan karena bagian lain.

4.3 Value Stream Mapping

Value Stream digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas-aktivitas mana yang memberikan nilai tambah dan mana yang tidak. Penelitian ini membahas *Value Stream Mapping* yang menggambarkan aliran informasi dan aliran material dalam proses penyelesaian pekerjaan konstruksi.

4.3.1 Aliran Informasi

Kontraktor memperoleh job proyek konstruksi melalui suatu proses tender yang didahului oleh proses penawaran. Informasi tentang gambaran proyek didapat dari surat permintaan penawaran, pengenalan, undangan tender, ataupun melalui pengumuman terbuka.

Dalam surat permintaan penawaran dari *owner* biasanya dilengkapi dengan spesifikasi teknis, komersial, dan *basic data / drawing*. Dokumen permintaan penawaran ini pertama kali diterima oleh bagian *commercial* langsung dari *owner* untuk selanjutnya diserahkan kepada bagian engineering untuk direview dan dibuatkan *general design* untuk dasar perhitungan estimasi kebutuhan material (*material take off*). Dari estimasi kebutuhan material tersebut, bagian *commercial* akan menghitung estimasi kebutuhan biaya pelaksanaan yang meliputi biaya material, upah, serta biaya-biaya lain sesuai dengan ruang lingkup pekerjaan yang diminta oleh spesifikasi dan dilengkapi pula dengan durasi pelaksanaan pekerjaan. Bagian *commercial* juga akan melengkapi dengan beberapa lampiran dokumen lain sebagai pelengkap dokumen tender untuk selanjutnya disusun menjadi dokumen proposal penawaran.

Permintaan penawaran dari *owner* biasanya menetapkan waktu atau tanggal penyerahan dokumen yang sangat pendek yaitu rata-rata maksimum 1 minggu, sehingga dibutuhkan kemampuan untuk memahami semua aspek yang diminta oleh spesifikasi, baik itu teknik ataupun komersial. Tahapan/diagram alir prosedur tender, mulai dari proses permintaan penawaran sampai menjadi job proyek terlampir pada lampiran 6 .

Dalam pelaksanaannya, aktivitas dimulai dari bagian *commercial* sebagai bagian yang bertanggungjawab atas perencanaan dan perolehan job proyek yang masuk yaitu dengan dikeluarkannya Surat Perintah Kerja (SPK) kepada bagian-bagian lain sesuai dengan instruksi untuk eksekusi pelaksanaan job proyek.

Fungsi selanjutnya yang menerima estafet pertama dari bagian *commercial* adalah *engineering* yang bertanggungjawab atas pembuatan detail

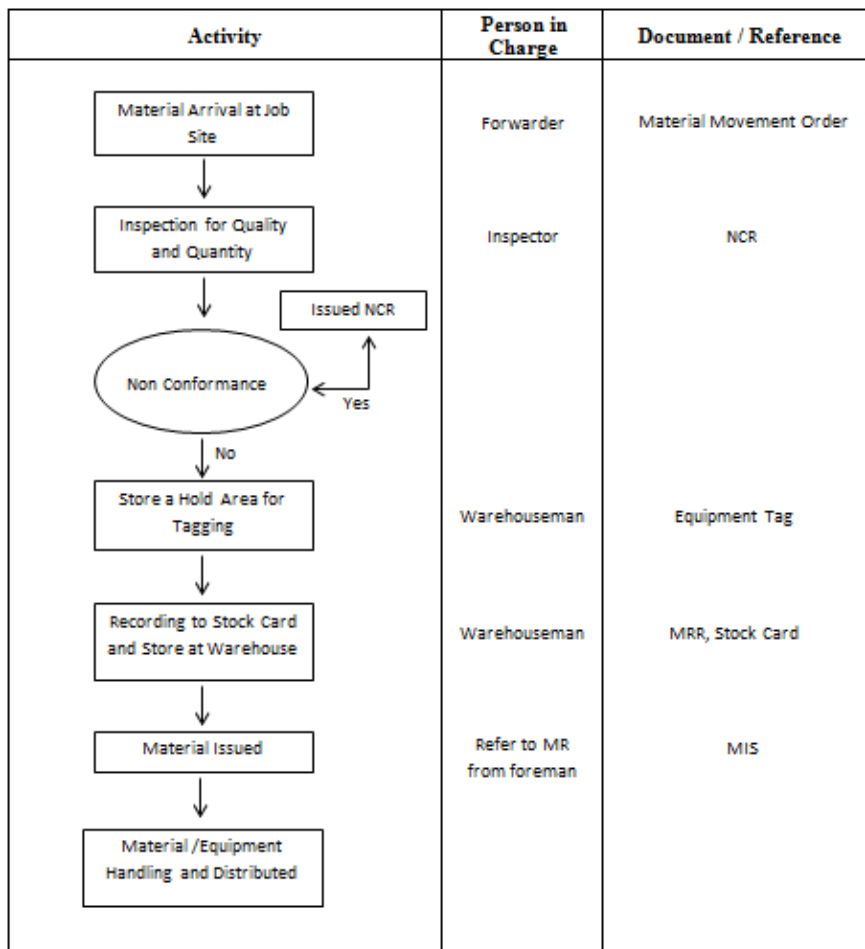
desain, gambar kerja, kebutuhan material, dan prosedur-prosedur konstruksi untuk selanjutnya menjadi referensi bagian lain untuk memulai aktivitasnya, seperti bagian *procurement* atas dasar dokumen *engineering* tersebut mulai melakukan permintaan penawaran kepada *supplier* material dan vendor.

4.3.2 Aliran Material

Pemesanan material di kontraktor dibagi menjadi dua yaitu pemesanan material dari luar negeri (impor) dan dalam negeri saja, tergantung dari jenis material yang diinginkan oleh *owner*. Urutan aliran material adalah sebagai berikut :

1. Untuk material impor, supplier mengirim barang tersebut melalui jalur laut dengan menggunakan transportasi kapal
2. Sesampainya di pelabuhan, dilakukan pengurusan ijin serta dokumen-dokumen untuk mengeluarkan barang dari pelabuhan.
3. Setelah itu barang diangkut melalui jalur darat menggunakan truk menuju gudang kontraktor di Pasuruan.
4. Setibanya truk di gudang, kemudian dilakukan pengecekan surat perintah jalan dan barang oleh *security*, baru kemudian truk diijinkan memasuki area gudang.
5. Setelah itu dilakukan bongkar muat untuk kemudian diletakkan di gudang penerimaan. Kemudian bagian gudang membuat surat *Material On Site (MOS)* yang diserahkan ke bagian *Quality Control (QC)* dan bagian *Procurement*.
6. Setelah bagian QC menerima MOS dari bagian gudang, kemudian barang diperiksa apakah kualitasnya sudah sesuai dengan pemesanan. Sedangkan bagian *procurement* memeriksa kesesuaian barang dengan Surat Perintah Penerimaan Barang (SPPB).
7. Selanjutnya bagian QC melakukan *record* dengan membuat *surat Material Inspection Report (MIR)* dan hasilnya diserahkan ke bagian QA. Kemudian bagian QA mengeluarkan surat *Material Receiving Report (MRR)* untuk diserahkan ke bagian *procurement*.

8. *Material Receiving Report (MRR)* oleh bagian *procurement* kemudian dijadikan dasar untuk pembuatan *Bukti Penerimaan Material (BPM)* yang nantinya akan diserahkan kepada supplier dan juga pembuatan *Bukti Pemakaian Gudang (BPG)* yang akan dipakai sebagai surat ijin masuk gudang/storage.
9. Untuk setiap material yang keluar dari gudang untuk dipakai keperluan pekerjaan konstruksi, bagian gudang akan mengeluarkan surat *Material Issued (MI)*.
10. User yang menerima material dari gudang harus membuat *Daily Progress Repot (DPR)* yang harus diserahkan ke bagian gudang setiap minggu.
11. Untuk kelebihan atau sisa material dari pekerjaan konstruksi, user harus mengembalikan material tersebut ke bagian gudang dengan membuat surat *Return Balancing Material (RBM)*.



Gambar 4.1 Diagram Alir Material

4.4 Identifikasi Pemborosan

Setelah kita mengetahui aliran informasi dan material maka yang dilakukan selanjutnya adalah pencarian informasi-informasi yang berkaitan dengan pemborosan yang terjadi selama berlangsungnya proyek ini. Aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam pemborosan ini akan digolongkan kedalam tujuh tipe pemborosan atau yang sering disebut dengan *seven waste*.

Langkah awal dalam pendefinisian ini adalah dengan menyebarkan kuisisioner yang diisi oleh pekerja yang terlibat langsung dalam proyek pekerjaan konstruksi pembangunan pipa gas. Pada kuisisioner ini diberikan pengertian *waste* secara umum dan pengisian kuisisioner ini didampingi oleh peneliti, supaya pekerja proyek yang akan mengisi mengerti apa yang dimaksud dalam kuisisioner tersebut. Cara pengisian dalam kuisisioner ini adalah dengan memberikan nilai/skor pembobotan terhadap masing-masing *waste* (pemborosan) dan juga menjelaskan *waste* sesuai dengan kondisi yang ada di proyek.

Hasil pembobotan kemudian dijumlahkan kemudian dirangking untuk memperoleh nilai *waste* yang terbesar. Dari hasil tersebut akan digunakan untuk menentukan *Value Stream Mapping Tool* yang tepat. Dengan metode *Value Stream Analysis Tool (VALSAT)*, akan dipilih tiga *tool* dengan nilai terbesar yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste*.

Data aktual hasil pengisian kuisisioner pemborosan secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 5. Dan hasil rekapan dari kuisisioner tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Skor Waste

No	Waste	Skor
1	Overproduction	2,23
2	Defect	2,62
3	Excessive Transportasi	3,01
4	Waiting	2,93
5	Unnecessary Inventory	1,82
6	Unnecessary Motion	2,10
7	Inappropriate Processing	3,06

4.5 Pemilihan Value Stream Analysis Tool

Langkah selanjutnya adalah menentukan value stream mapping tool dengan menggunakan bantuan *Value Stream Analysis Tool (VALSAT)*. Dalam *VALSAT* ini terdapat tujuh tool yang nantinya akan digunakan untuk menganalisa pemborosan-pemborosan tersebut. Penentuan kesesuaian dilakukan dengan mengalikan skor rata-rata tiap pemborosan (*waste*) dengan matriks kesesuaian *Value Stream Mapping* pada tabel 4.1.

Value Stream Mapping dengan total skor terbesar menurut hasil *VALSAT* akan dijadikan *mapping* terpilih untuk dapat mengidentifikasi *waste* secara detail. Pemilihan ini didasarkan bahwa *Value Stream Mapping* dengan nilai terbesar tersebut paling sesuai untuk mengidentifikasi *waste* pada *value stream*.

Hasil pengujian *VALSAT* secara lengkap dapat dilihat pada lampuran 6 dan rekap data hasil dari *VALSAT* dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.2 Skor VALSAT

No	Value Stream Mapping	Skor Total
1	Process Activity Mapping	110,16
2	Supply Chain Response Matrix	51,51
3	Production Variety Funnel	17,55
4	Quality Filter Mapping	5,29
5	Demand Amplification Mapping	31,84
6	Decision Point Analysis	23,99
7	Physical Structure Mapping	5,11

Sesuai dengan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa tiga *tool* yang terpilih dengan urutan skor terbesar adalah sebagai berikut :

1. *Process Activity Mapping* dengan skor total 110,16
2. *Supply Chain Response Matrix* dengan skor total 51,51
3. *Demand Amplification Mapping* dengan skor total 31,84

4.5.1 Process Activity Mapping (PAM)

PAM memetakan proses secara detail langkah demi langkah. Proses ini menggunakan simbol-simbol yang berbeda dalam mempresentasikan aktivitas operasi dengan simbol O, transportasi dengan symbol T, inspeksi dengan simbol I, *delay* dengan simbol D, dan *storage* dengan simbol S. Kegunaan *mapping* ini adalah untuk mengetahui berapa persen kegiatan yang dilakukan merupakan kegiatan dengan nilai tambah (*value added activity*), dan berapa persen yang bukan kegiatan dengan nilai tambah (*non-value added activity*). Pengerjaan *mapping* ini selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7.

Langkah demi langkah dalam pembuatan PAM ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengamatan secara langsung terhadap aktivitas-aktivitas yang berkaitan dengan berlangsungnya proyek pembangunan pipa gas mulai dari awal sampai akhir pengerjaan.
2. Selama mengamati dilakukan pencatatan terhadap jenis atau nama aktivitas secara berurutan, mencatat waktu pelaksanaan tiap-tiap aktivitas, jarak perpindahan yang ditempuh dalam beraktivitas, dan jumlah operator atau tenaga kerja yang mengerjakan aktivitas tersebut.
3. Menggolongkan aktivitas-aktivitas tersebut kedalam lima jenis aktivitas yaitu operasi (O), transportasi (T), inspeksi (I), *delay* (D), dan *storage* (S).
4. Mencatat hal-hal yang penting pada setiap kondisi yang sekiranya dapat menjadi catatan penting dalam evaluasi lebih lanjut, diaman aktivitas ini akan dituliskan dalam kolom keterangan yang tersedia.
5. Menghitung proporsi aktivitas yang bersifat *value added activity* yaitu operasi, dan *non value added activity* yaitu transportasi, inspeksi, delay, dan storage.

4.5.1.1 Proses Konstruksi Pembangunan Pipa Gas

1. *Engineering*

Proses awal untuk mendesain teknis pekerjaan konstruksi pembangunan pipa gas dengan melakukan survey awal, kalkulasi,

dan analisa sehingga nantinya didapat keluaran berupa *detail engineering design* dan *shop drawing* yang harus disetujui oleh *owner*.

2. *Procurement*

Proses pengadaan barang/jasa yang dibutuhkan proyek sesuai permintaan dari *Engineering* dimana untuk mendapatkan barang/jasa yang dibutuhkan harus melewati proses pemilihan *supplier*, penawaran harga terendah, dan pengiriman surat pemesanan.

3. *Pipeline Construction*

a. *Site Clearing and Grading*

Tahapan paling awal dari pekerjaan konstruksi *gas pipeline* adalah *site clearing and grading*. Metode *clearing and grading* ini tergantung dengan kondisi saat ini dari lokasi yang akan dikerjakan. Pekerjaan di lahan kosong jauh lebih mudah daripada pekerjaan di area perkotaan dimana sudah banyak bangunan saat ini yang harus didemolis sebelum lahan dapat diratakan. Maksud dari *clearing* adalah membersihkan lahan yang menjadi jalur pipa dari semua *obstacle* yang menghalangi proses konstruksi dan instalasi pipa, baik berupa pohon, pagar, saluran, dll. Sedangkan *grading* adalah meratakan lahan yang sudah dibersihkan sehingga dapat dilakukan pengukuran (*survey*) untuk menentukan titik as jalur pipa sesuai dengan desain *alignment sheet*. Setelah semua lahan diratakan,, tim *survey* akan meletakkan patok setiap jarak tertentu untuk memberikan tanda lokasi jalur pipa. Setelah lahan disiapkan pipa dapat dikirim dan diletakkan di lokasi. Pipa harus diletakkan beberapa meter dari as jalur pipa untuk keperluan galian pipa nantinya. Dalam proses pengiriman pipa harus diperhitungkan *safety factor* muatan yang mampu diangkut trailer. Selain itu biasanya armada yang diperbolehkan untuk dipergunakan untuk pekerjaan Migas harus sudah diinspeksi oleh pihak ketiga yang bersertifikat Migas.

b. *Pipe Hauling and Stringing*

Pipa yang sampai dilokasi tidak boleh diletakkan disembarang tempat. Pipa harus diletakkan paralel dengan as jalur pipa yang telah diberi patok oleh tim survey. Pipa tidak boleh diletakkan langsung di atas tanah, namun harus diberi bantalan kayu atau sandbag hal ini supaya pada saat pemindahan pipa *coating* tidak lecet/rusak. Pada saat sudah di *stringing*, QC inspector akan memberikan kode pada setiap pipa, dikenal dengan istilah *pipe tagging*. Dari semua kode itu nantinya QC akan mengumpulkan semua catatan/data riwayat pipa tersebut dari mulai *welding, inspection & testing*, sampai dengan di *backfilling*. Proses *stringing* sangat tergantung dengan kondisi lokasi, apabila lokasi cukup luas dan memungkinkan pipa di *stringing* panjang misal bahu jalan tol, maka metode ini dapat dilakukan. Namun jika lokasi terbatas mau tidak mau kita hanya dapat melakukan *stringing* segmen per segmen misal setiap 3 joint (4 batang pipa).

c. *Pipe Bending*

Jalur pipa pasti melewati berbagai fitur topografi mulai dari datar sampai ke bukit-bukit dan pegunungan. Proses *bending* memungkinkan pipa agar sesuai dengan kontur daerah yang dilalui.

d. *Line-up and Welding*

Proses setelah pipa *stringing* adalah *welding*. Proses *welding* pipa harus dibantu oleh minimal 1 alat berat. Dapat digunakan alat *excavator* (yang sudah diinspeksi oleh Migas) untuk menahan/menggantung pipa supaya sejajar dengan pipa yang akan disambung. Pada saat pipa sudah sejajar dan sudah menempel, maka dipasang clamp untuk menahan supaya kedua pipa tersebut saling terkunci satu sama lain, barulah dilakukan *tack weld*. Setelah di *tack weld* dan diyakinkan ikatan antar pipa cukup kencang *clamp* dapat dilepas, dan dilanjutkan untuk *welding*. Untuk pipa gas ada 3 tahapan *welding*, yaitu *root hotpass, filler*, dan *cap*. Biasanya pipa dengan diameter diatas 10" biasanya dikerjakan oleh

2 welder sekaligus untuk mempercepat proses pekerjaan. Inspeksi secara visual oleh QC akan dilakukan setelah pekerjaan *welding* selesai 3 tahap sampai dengan *end cap*. Jika ada hasil yang tidak sesuai dengan WPS secara visual harus dilakukan perbaikan.

e. *Non-Destructive Test (NDT)*

NDT dilakukan untuk mendeteksi cacat pada saat pengelasan yang tidak tampak secara *visual*. NDT dapat dilakukan dengan cara menembakan sinar X ataupun sinar Gamma. Dari hasil pembacaan film NDT akan diketahui koordinat kuadran dari cacat pada hasil pengelasan. Jika cacat tersebut sudah direpair harus di NDT ulang, jika sudah lolos baru boleh dilanjutkan. Jika sampai 3 kali *welder* yang bersangkutan tidak mampu memenuhi kualifikasi lolos, maka harus diserahkan kepada *welder* spesialis dengan tingkat repair yang paling mendekati 0%.

f. *Field Joint Coating*

Setelah semua proses inspeksi pengelasan selesai dilaksanakan tahap berikutnya adalah *Field Joint Coating*. Dewasa ini pada pekerjaan *Onshore Gas Pipeline* di Indonesia umumnya menggunakan *Heat Shrink Sleeve (HSS) Coating*. Untuk dapat mengaplikasikan *coating* pada permukaan pipa, harus dilakukan *sandblasting* terlebih dahulu, tujuannya adalah supaya diperoleh angka kekasaran tertentu pada pipa sehingga *coating* dapat melekat secara optimal. Aplikasi HSS adalah *joint* pipa yang sudah di *sandblast* dilapisi dengan Epoxy sebagai lem perekat. Setelah *epoxy* sudah merata *joint* pipa dibungkus dengan *wrapping* HSS bisa menggunakan 3LPE, 3LPP, dan sejenisnya. Kemudian *joint* pipa yang sudah terbungkus *wrapping* dipanasi dan ditekan menggunakan alat semacam roll sehingga *wrapping* dapat melekat dengan pipa. Proses ini dapat memakan waktu 15-30 menit untuk satu *joint* pipa. *joint* yang sudah dilakukan *coating* sebaiknya didiamkan kurang lebih 6-12 jam sampai dengan dingin baru boleh di geser-geser. Karena pada *coating* yang masih panas mudah

terjadi lecet/gores. Untuk melakukan pengecekan pada *coating* biasanya dilakukan *peel test*.

g. *Trenching*

Penggalian adalah salah satu tahap tersulit pada pekerjaan pipa, terutama di lokasi pemukiman padat. Pada saat penggalian dengan alat harus dipastikan dulu apa saja utilitas yang berada di bawah tanah. Untuk memastikan utilitas tersebut maka diperlukan *test pit*. Meskipun semua utilitas sudah diketahui pada saat *test pit* namun dalam penggalian harus tetap berhati-hati. Galian diusahakan membentuk *slope* yang landai sehingga tidak terjadi longsor pada galian, namun pada lokasi yang sempit galian dapat dibuat tegak namun dinding galian harus diberi perkuatan. Dalam standar penanaman pipa, kedalaman galian untuk pipa gas yang disyaratkan umumnya adalah minimum 1,5 meter. Pada lokasi-lokasi tertentu akan ditemui bangunan eksisting (misal jalan, saluran, pagar) yang berdiri di atas *pipeline route*. Jika sudah tidak dimungkinkan *re-route* maka satu-satunya jalan adalah metode *open cut* yaitu singkirkan bangunan eksisting namun kemudian diperbaiki lagi. Seringkali pada pekerjaan pipa ditemui *crossing* dengan jalan raya.

h. *Pipe Lowering*

Setelah *trenching* atau penggalian selesai dilaksanakan tahap berikutnya ialah *lowering* atau penurunan pipa. Untuk *lowering* di lokasi yang terbuka dapat digunakan *excavator*. Untuk mempercepat konstruksi biasanya pipa disambung sampai panjang tertentu kemudian diturunkan dengan 4 - 5 *excavator* secara bersamaan. Tentu metode ini harus berdasarkan hasil analisis stress pada pipa dan kekuatan angkat *excavator*. Pada saat di angkat dan diturunkan pipa tidak boleh mengalami stress atau tegangannya melebihi tegangan izin. Disamping dengan *excavator* dapat juga digunakan gawangan atau *lifting gate* yang dirangkai dengan *chainblock/chainhoist*. Tentu saja kapasitas *chainblock* yang

digunakan harus menyesuaikan berat pipa yang diturunkan, dan jarak antar gawangan harus berdasarkan analisis stress pada pipa. Selain kedua metode normal *lowering* tersebut, dapat juga digunakan metode *pushpull* pada lokasi galian yang sempit dan rawan longsor. Metode *pushpull* adalah metode dimana pipa akan didorong dan disliding menuju ke lokasi galian yang sudah digenangi air, sehingga pipa akan terapung sampai dengan panjang tertentu kemudian diturunkan dengan mendrainage air. Pada beberapa pipa harus dibantu dengan memberikan pelampung misal drum kosong di ujung pipa supaya memberikan gaya angkat supaya terapung. Alat yang dibutuhkan pada metode ini adalah *excavator* dan *roller* sebagai bantalan pipa pada saat disliding. Tentunya pada saat sliding harus hati-hati karena jika proses sliding ini tidak mulus bisa memberikan *scratch* (luka) pada *coating* pipa. Setelah semua pipa diturunkan pada posisinya, tim survey akan melakukan *marking* pada as pipa sehingga diketahui koordinatnya sebagai data as built. Gunanya jika dikemudian hari ada repair atau ada pemasangan pipa lain di sampingnya koordinat pipa eksisting dapat diketahui secara akurat.

i. *Cathodic Protection Installation*

j. *Backfilling and Tie-in*

Setelah semua pipa diturunkan dan survey sudah mendapatkan koordinat as pipa, maka segera dilakukan *backfilling*/penimbunan. Material timbunan bisa digunakan tanah asli atau tanah dari luar tergantung ketersediaan dan permintaan *owner*. Jika lokasi yang ditimbun adalah jalan, harus dilakukan pemadatan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada struktur perkerasan nantinya apabila dilintasi beban berat. Pada prosesnya tidak mungkin semua rangkaian pipa diturunkan bersamaan, harus segmen per segmen sehingga akan ada *joint* yang belum tersambung ketika sudah di *lowering*. Maka *joint* tersebut harus disambung (*tie-in*). Pada saat proses *tie-in* dinding galian harus

diberi perkuatan (*temporary slope protection*). Perlakuan *tie-in* sama dengan *joint* biasa, harus dilakukan inspeksi dan *coating*.

k. *Crossing Works*

Pada pekerjaan konstruksi *onshore pipeline* sangat sering dan tidak bisa dihindari beberapa jenis *crossing*. Beberapa jenis *crossing* yang sering tidak bisa dihindari adalah *road crossing* (melintasi jalan), *river crossing* (melintasi sungai), dan *rail crossing* (melintasi rel kereta api).

l. *Horizontal Direct Drilling*

m. *Sign Marker and Warning Sign Installation*

4. *Station Facilities Construction*

a. *Civil Work*

b. *Mechanical Work*

c. *Piping Work*

d. *Electrical Work*

e. *Instrumentation Work*

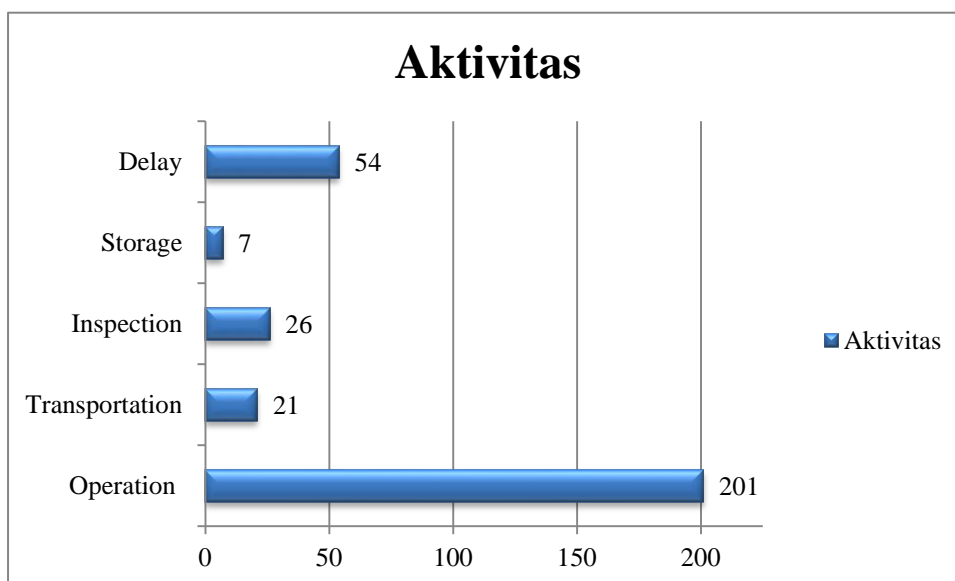
f. *Communication Installation*

g. *HSE Equipment Installation*

Dari hasil pemetaan PAM dapat diketahui jumlah aktivitas secara keseluruhan dan persentase tiap aktivitas, sehingga nantinya dapat mengidentifikasi aktivitas mana yang termasuk dalam *value added activity* dan *non-value added activity*.

Tabel 4.3 Jumlah Aktivitas dalam PAM

Jenis Aktivitas	Jumlah	Persentase (%)
Operation	201	65,05
Transportasi	21	6,80
Inspcetion	26	8,41
Storage	7	2,27
Delay	54	17,48
TOTAL	309	100

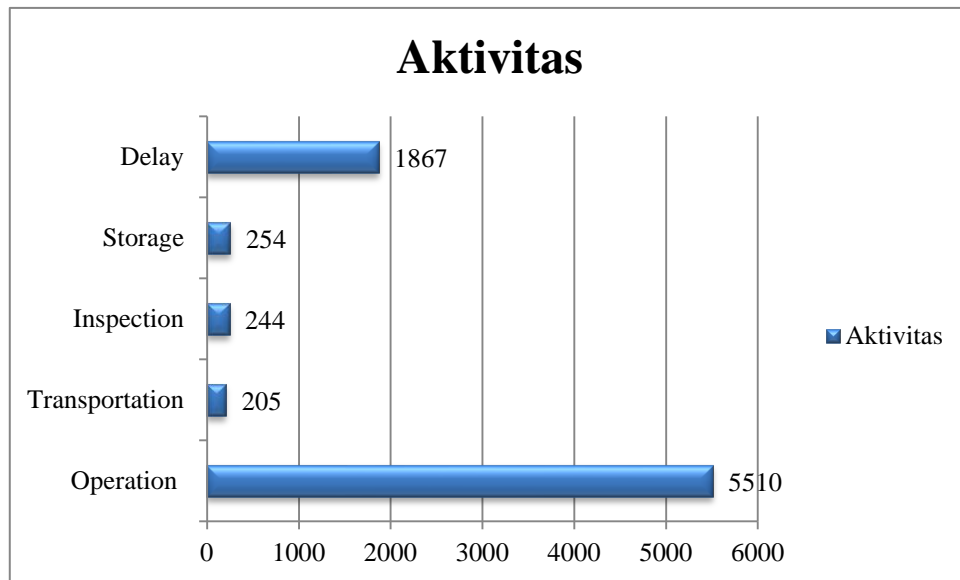


Gambar 4.2 Grafik Jumlah Aktivitas dalam PAM

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa aktivitas operasi yang termasuk *value added activity* memiliki persentase 65,05 persen, sedangkan aktivitas lainnya yang termasuk dalam *non value added activity* yaitu transportasi sebesar 6,80 persen, inspeksi sebesar 8,41 persen, *storage* sebesar 2,27 persen, dan *delay* sebesar 17,48 persen. Oleh karena itu untuk mendukung kelancaran dalam pelaksanaan proyek ini maka aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam *non-value added activity* tersebut harus direduksi.

Tabel 4.4 Jumlah Waktu Aktivitas dalam PAM

Jenis Aktivitas	Waktu (hari)	Persentase (%)
Operation	5510	68,19
Transportasi	205	2,54
Inspction	244	3,02
Storage	254	3,14
Delay	1867	23,11
TOTAL	8080	100



Gambar 4.3 Grafik Jumlah Waktu Aktivitas dalam PAM

Tabel 4.4 menunjukkan waktu total dari PAM adalah 8080 hari. Waktu yang diperlukan untuk beroperasi adalah selama 5510 hari dengan persentase 68,19 persen. Sedangkan aktivitas lainnya yang termasuk dalam kategori *non-value added activity* yaitu transportasi memiliki persentase sebesar 2,54 persen, inspeksi sebesar 3,02 persen, *storage* sebesar 3,14 persen, dan *delay* sebesar 23,11 %. Oleh karena itu aktivitas-aktivitas tersebut harus dikurangi waktu dan jumlahnya untuk mempercepat *cycle time* dari proses penyelesaian pekerjaan konstruksi.

4.5.2 Supply Chain Response Matrix (SCRM)

Supply Chain Response Matrix (SCRM) adalah suatu grafik hubungan antara *lead time* dan *inventory* yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kenaikan atau penurunan tingkat persediaan dan waktu distribusi pada tiap area dalam *supply chain*. Tujuan dari pemetaan dengan menggunakan *tool* ini adalah untuk memperbaiki tingkat persediaan dan meminimasi waktu sehingga tingkat pelayanan pada tiap jalur distribusi dilakukan dengan biaya yang lebih rendah.

Pendekatan *mapping* ini digambarkan pada diagram yang sederhana terdiri dari *cumulative lead time* pada distribusi perusahaan dan *supplier*. Sumbu horizontal menunjukkan *lead time* dari material baik eksternal maupun internal. Sumbu vertical menunjukkan jumlah rata-rata persediaan (dalam hari) pada titik tertentu dalam *supply chain* sehingga tiap-tiap *lead time* individu dan jumlah persediaan dapat ditargetkan untuk dilakukan perbaikan.

Untuk membuat SCRM ini terlebih dahulu dibutuhkan data-data sebagai berikut :

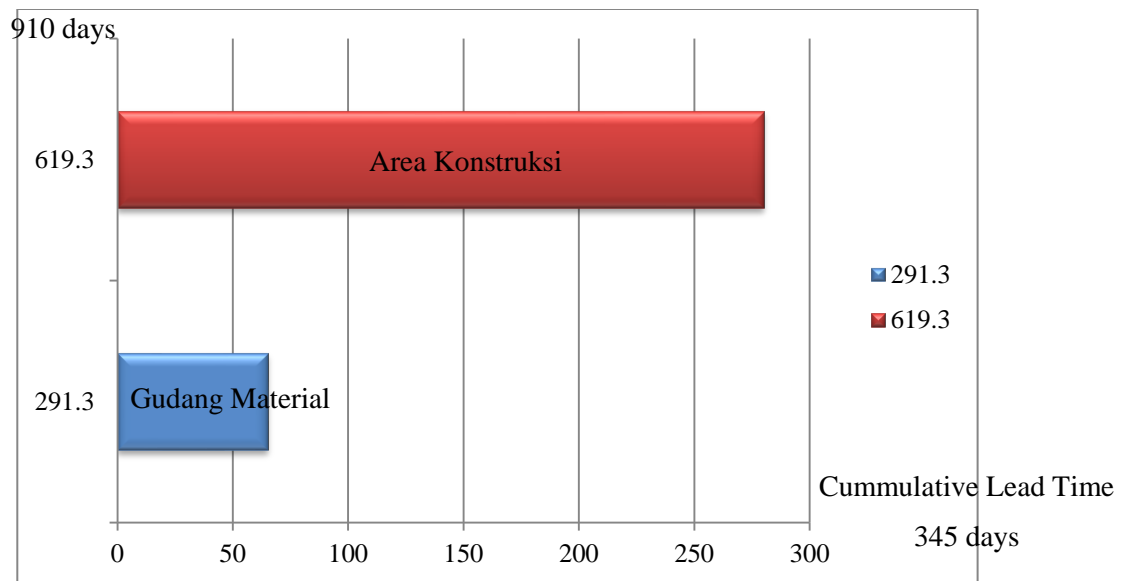
1. Data jumlah masing-masing material konstruksi
2. Data permintaan material dari bagian konstruksi ke gudang
3. Data progress pekerjaan konstruksi

Dari data-data tersebut nantinya dilakukan perhitungan untuk mengetahui jumlah material yang diminta maupun yang sisa per harinya. Kemudian dilakukan perhitungan jumlah penggunaan material di tiap titik pekerjaan untuk mengetahui progress pekerjaan konstruksinya.

Setelah didapatkan data-data pada perhitungan diatas maka selanjutnya dilakukan pembuatan grafik SCRM, dengan penjelasan yang lebih detail sebagai berikut :

- Pada tahap pertama, bagian gudang material akan menerima sejumlah material pipa yang dikirim oleh *supplier* sebanyak 4.953 pipa, dengan masing-masing panjang pipa 12 meter. Rata-rata *lead time* pemesanan 65 hari. Jumlah material yang dikeluarkan untuk proses konstruksi tiap harinya sebesar 17 pipa. Apabila dalam 1 periode proyek terdapat 255 hari efektif untuk menyelesaikan proses konstruksi pembangunan pipa gas, maka *days physical stock* atau persediaan bahan baku yang terdapat pada gudang bertahan untuk proses konstruksi selama 291,3 hari.
- Pada tahap kedua, yaitu pada bagian konstruksi. Pada bagian konstruksi di proyek memiliki rata-rata output konstruksi sebesar 7 pipa/hari. Dengan rata-rata pengambilan material pipa untuk keperluan proses konstruksi adalah sebesar 17 pipa. Maka besarnya *daily physical stock* yang terjadi adalah 619.3 hari

Cummulative Inventory



Gambar 4.4 Grafik Supply Chain Response Matrix

4.5.3 Demand Amplification Mapping

Demand Amplification Mapping merupakan sebuah *tool* yang digunakan untuk memetakan pola permintaan di tiap titik pada *supply chain*. Ini merupakan grafik dari jumlah permintaan dengan waktu, yang menunjukkan *batch sizes* produk pada daerah yang bervariasi dari proses produksi. Hal ini dapat diplotkan mulai dari perusahaan dan juga sepanjang jaringan distribusi. Grafik ini juga dapat digunakan untuk mengetahui jumlah *holding inventory* pada daerah yang bervariasi sepanjang *supply chain*. Hasil penting dari grafik ini adalah kita dapat mengetahui letak terjadinya *bullwhip effect*, dimana terjadi kenaikan permintaan pada jaringan berikutnya yang berarti tidak sesuai dengan permintaan dari sumber asal. Map ini juga dapat digunakan untuk memeriksa penjadwalan dan aturan *batch size*.

Kontraktor merupakan perusahaan EPC yang melakukan proses konstruksi sesuai dengan kontrak. Kontrak pekerjaan didapat dari *owner* setelah melewati proses tender yang panjang. Setelah mendapatkan kontrak pekerjaan dari *owner* sebagai pihak pertama, maka kontraktor akan mencari *supplier* (sebagai pihak ketiga) untuk memenuhi kebutuhannya dalam

melakukan proses konstruksi. Adapun daftar *supplier* dalam dan luar negeri sebelumnya sudah ditentukan oleh owner sebagai pihak pertama.

Kontraktor (sebagai pihak kedua) melakukan pemesanan material kepada supplier, misalnya dalam proyek ini berupa pipa 18 inch jenis *carbon steel*. Dalam penggunaannya selama ini pipa-pipa tersebut banyak memiliki sisa yang dapat dikatakan sebagai *inventory*, karena ukuran panjang pipa yang dipesan tidak dapat disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan pipa tersebut untuk proses konstruksi sehingga harus dilakukan pemotongan pipa (*cutting*). Selain untuk kebutuhan proyek, pemotongan pipa juga dilakukan karena adanya kerusakan (*defect*) pada bagian *body* atau *bevel* pipa yang disebabkan kesalahan proses *handling* material. Laporan mengenai pemotongan pipa untuk disesuaikan dengan kebutuhan proyek dituangkan dalam *pipe material cutting list report*.

Material pipa yang dipesan adalah jenis *carbon steel* dengan diameter pipa 18 inch yang berasal dari *supplier* luar negeri. Sisa material dari hasil pemotongan pipa tersebut masih dapat dipakai, namun kemungkinannya kecil sekali. Hal ini dikarenakan tiap kontrak pekerjaan lain yang didapat dari owner sebagai pihak pertama memiliki jenis dan spesifikasi yang berbeda-beda sesuai dengan keinginan owner. Selain itu untuk material pipa jenis *carbon steel* sangat mudah mengalami korosi apabila tidak dilakukan pemeliharaan pipa dengan baik, sehingga tidak layak untuk digunakan lagi.

Dalam hal ini dapat dilihat bahwa *inventory* yang dimiliki oleh kontraktor bukanlah berdasarkan kenaikan permintaan (*amplification demand*) pada tiap-tiap titik *supply chain*, yang biasanya hal ini terjadi pada perusahaan yang memproduksi *consumer goods*. Sedangkan kontraktor proyek ini dapat dikatakan merupakan tipe perusahaan *engineering to order (ETO)*, sehingga tidak memungkinkan terjadi *bullwhip effect* dalam jaringan distribusinya.

BAB 5

ANALISA DAN USULAN PERBAIKAN

Pada bab ini akan dilakukan analisa dari data-data yang telah terkumpul dan sudah dilakukan pengolahan data pada bab sebelumnya. Tiga *tool* yang dipilih dalam *value stream mapping* adalah *process stream mapping*, *supply chain response matrix*, dan *demand amplification mapping*, yang akan dilakukan evaluasi serta rekomendasi perbaikan berdasarkan *root cause* pada tiap pemborosan yang terjadi.

5.1 Analisa Pemborosan Pada Whole Stream Proyek Kontruksi

Langkah awal dalam mengidentifikasi pemborosan yang terjadi adalah dengan melakukan *Big Picture Mapping (BPM)* yang mewakili *whole stream* proyek. Dari penggambaran tersebut nantinya akan diketahui daerah mana saja yang memiliki potensi untuk terjadinya pemborosan. Pada BPM dapat diketahui bahwa aktivitas yang termasuk dalam *value added* memiliki total waktu selama 265 hari, yang diapatkan dari penjumlahan waktu operasi dari kegiatan konstruksi. Sedangkan dari proyek diketahui bahwa waktu total konstruksi dari awal perencanaan sampai dengan eksekusi yaitu selama 365 hari. Hal tersebut menyatakan bahwa terdapat selisih sebesar 100 hari yang dapat dikatakan sebagai pelaksanaan kegiatan yang termasuk dalam *non-value added activity*. Kegiatan-kegiatan inilah yang sangat berpotensi untuk menyebabkan keterlambatan dalam pengerjaan proyek ini. Pada rencana jadwal pengerjaan proyek ditetapkan bahwa proyek tersebut akan selesai pada bulan Juni 2015, namun pada kenyataannya jadwal proyek tersebut mundur dan direncanakan kembali akan selesai pada bulan Mei 2016. Untuk mengantisipasi hal tersebut dalam pengerjaan proyek selanjutnya dapat dilakukan dengan cara memperpendek *lead time* pengiriman material yang dipesan dari *supplier*, atau memberikan denda penalti apabila *supplier* terlambat dalam melakukan pengiriman material sehingga material dapat dengan segera dikerjakan oleh kontraktor.

5.1.1 Analisa Tujuh Pemborosan

Setelah menggambarkan *whole stream* perusahaan, langkah selanjutnya adalah membuat kuisisioner yang bertujuan untuk mengetahui tujuh pemborosan yang terjadi di proyek. Kuisisioner tersebut dibagikan kepada pekerja-pekerja yang terlibat langsung dalam pengerjaan proyek. Setelah dilakukan pengolahan data terhadap kuisisioner tersebut dapat diketahui bahwa tingkat pemborosan tertinggi yang terjadi dalam proyek adalah sebagai berikut :

1. *Waiting*

Jenis pemborosan *waiting* ini termasuk dalam kategori pemborosan yang sering terjadi di proyek. Pemborosan *waiting* ini dapat terjadi pada mesin, manusia, maupun informasi. Pemborosan *waiting* dalam proyek ini terjadi pada proses menunggu kedatangan material-material dari *supplier* yang dibutuhkan untuk pekerjaan konstruksi, seperti pipa, valve, fitting, launcher, receiver, pompa, dll. Material-material yang dipesan dari *supplier* tersebut seringkali datang terlambat ke lokasi proyek. Yang paling sering terjadi adalah untuk pemesanan material impor dimana salah satu alasan keterlambatan adalah tertahannya barang di pelabuhan sehingga material terlambat datang ke lokasi proyek.

Untuk material pipa 18 inch didatangkan dari dua *supplier* besar di Korea dengan spesifikasi yang sudah ditentukan oleh *owner*, yaitu jenis pipa *Black Steel Pipe API 5L Gr X65*. Proses pemilihan *supplier* ditentukan melalui proses tender berdasarkan dari data *vendor list* yang sudah ditetapkan oleh *owner* sebelumnya. Setelah *purchase order (PO)* diterbitkan, *supplier* langsung merencanakan untuk melakukan pengiriman material pipa ke lokasi proyek. Material pipa dari *supplier* direncanakan akan tiba di lokasi proyek masing-masing 40 hari dan 100 hari sejak PO terbit. Material pipa dipesan dalam jumlah yang sangat besar dan harus memenuhi panjang pipa total yang direncanakan yaitu sepanjang 56 kilometer. Material pipa dikirim menggunakan fasilitas kapal laut dan akan melalui pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

Selanjutnya setelah tiba di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, material pipa akan dibawa menggunakan *truck trailer* menuju lokasi gudang proyek di Pasuruan.

Pemborosan *waiting* material pipa disini terjadi yaitu saat proses pengiriman. Berdasarkan dari laporan status pengiriman material didapatkan bahwa material pipa terlambat saat proses awal *loading* di pelabuhan Korea dan juga karena lamanya material tertahan di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya karena panjangnya proses administrasi. Pengiriman material dari kedua *supplier* tersebut terlambat sampai di lokasi proyek selama 1,5 - 2 bulan dari jadwal awal yang sudah direncanakan. Dampak yang dirasakan dari terlambatnya material pipa datang ke lokasi proyek yaitu tertundanya pekerjaan konstruksi pipa di lahan yang telah disiapkan sehingga berdampak kepada waktu penyelesaian proyek. Selain itu juga pekerja lapangan menjadi *idle* dalam waktu yang lama dan dapat mempengaruhi motivasi pekerja. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan ini diharapkan kontraktor dapat memilih *supplier* yang lebih berkompeten dalam proses pengadaan material dan memberikan denda penalti atas keterlambatan kedatangan material, agar kejadian ini tidak terjadi terus berulang-ulang.

Pemborosan *waiting* lain yang terjadi dalam proyek ini yaitu mengganggu instruksi pekerjaan *pipeline*. Adapun tahapan pekerjaan *pipeline* ini yaitu *bending, lineup, welding, examination, coating, trenching, dan lowering*. Masing-masing tahapan pekerjaan dalam pekerjaan *pipeline* merupakan pekerjaan yang kritis sehingga dibutuhkan perencanaan dan kordinasi yang baik dalam melaksanakan pekerjaan ini. Pemborosan *waiting* terjadi karena kurangnya kordinasi supervisor lapangan dalam memberikan informasi sehingga instruksi untuk melakukan pekerjaan terlalu lama disampaikan ke pekerja. Proses peralihan pekerjaan dari tahapan satu ke tahapan berikutnya sering memakan waktu yang lama. Kordinasi antar masing-masing supervisor lapangan masih kurang baik sehingga penyampaian instruksi untuk

memulai pekerjaan berikutnya sering terganggu. Sebagai contoh yaitu saat proses *welding* pipa dan *examination* selesai dilakukan, proses berikutnya yaitu *joint coating* pipa sering terlambat dilakukan karena terlalu lamanya waktu menunggu instruksi dari supervisor untuk melaksanakan pekerjaan *joint coating* pipa. Dampak yang ditimbulkan dari pemborosan *waiting* ini yaitu bergesernya jadwal masing-masing tahapan pekerjaan pipeline sehingga mempengaruhi waktu penyelesaian proyek.

Pemborosan *waiting* lainnya yaitu menunggu proses pekerjaan sebelumnya. Sebagian besar proses pekerjaan konstruksi di proyek adalah jenis pekerjaan yang kritis dimana membutuhkan perencanaan yang matang agar pekerjaan tersebut dapat terlaksana dengan baik. Yang terjadi disini adalah banyaknya pekerjaan yang belum bisa dimulai karena masih menunggu proses pekerjaan sebelumnya. Sebagai contoh yang sering terjadi adalah masih belum siapnya lahan yang akan dijadikan tempat penanaman pipa. Adapun penyebab dari permasalahan ini karena terkendala pembebasan lahan dimana belum terjadi kesepakatan harga antara owner dan pemilik lahan. Permasalahan sosial ini terjadi berlarut-larut sehingga berdampak kepada waktu penyelesaian proyek yang semakin lama dari target awal.

Pemborosan *waiting* juga sering terjadi karena lamanya waktu menunggu datangnya alat berat ke lokasi proyek. Alat-alat berat seperti *excavator* dan mesin bor sering terlambat datang sehingga menyebabkan pekerjaan tanah mengalami keterlambatan. Alat-alat berat tersebut merupakan alat yang vital dalam pekerjaan konstruksi untuk melakukan penggalian dan penimbunan tanah karena tidak mungkin dilakukan dengan tenaga manusia. Adapun penyebab keterlambatan alat berat tersebut datang ke lokasi proyek karena kurangnya kordinasi antara supervisor dan operator alat berat. Pemborosan waktu juga terjadi karena dibutuhkan waktu untuk men-set up alat berat sebelum digunakan dan juga butuh waktu pemanasan bagi mesin ketika mesin tersebut baru akan dipakai untuk pertama kalinya setelah dimatikan.

Untuk mengurangi pemborosan tersebut pada pengerjaan proyek selanjutnya maka dalam melakukan set-up mesin sebaiknya dilakukan pagi hari sebelum proses konstruksi hari itu, langkah ini dapat dijadikan sebagai persiapan awal sebelum memulai proses konstruksi dan juga diharapkan kontraktor dapat menerapkan aturan baku *standar operasional procedure*.

Sedangkan pemborosan waiting pada tenaga kerja banyak ditemukan yang melakukan kegiatan seperti merokok, istirahat terlalu lama, atau mengobrol cukup lama dengan karyawan lainnya. Hal ini memang kelihatan sepele namun termasuk dalam kategori pemborosan menunggu datangnya tenaga kerja. Untuk pemborosan pada tenaga kerja ini dapat dikurangi dengan cara menerapkan kedisiplinan serta tepat waktu dalam bekerja, atau memberikan pelatihan karyawan untuk meningkatkan motivasi yang mungkin saja sudah merasa jenuh di proyek. Kontraktor dapat juga memberikan tambahan bonus atau insentif apabila karyawan dapat mencapai target pekerjaan proyek atau minimal dapat menyelesaikan proyek sebelum jatuh tempo.

2. *Unnecessary Inventory*

Jenis pemborosan ini berupa tingkat persediaan yang berlebih dan adanya kesalahan pemesanan material sehingga menyebabkan material tersebut tidak terpakai. Pemborosan yang sering terjadi yaitu adanya persediaan material *civil* yang berlebih, seperti semen, pasir, tanah urug, besi beton, dan beton precast. Kelebihan persediaan material ini akan menyebabkan material tersebut tidak terpakai dan akan berdampak pada pemborosan biaya proyek. Pemborosan ini terjadi karena sering terjadinya perubahan desain dan volume pekerjaan di lapangan yang menyebabkan pemanfaatan material yang sudah ada menjadi tidak optimal. Sebagai contoh yaitu terjadinya perubahan desain dan volume pekerjaan pondasi untuk pig launcher. Perubahan tersebut menyebabkan pemanfaatan material semen, pasir, dan besi beton menjadi tidak optimal karena dimensi pondasi menjadi lebih kecil dari desain awal.

Jenis pemborosan ini juga terjadi karena adanya kesalahan pemesanan material dimana spesifikasi tidak sesuai dengan kebutuhan proyek. Kesalahan pemesanan material yang terjadi yaitu pada material instrumentasi. Material *pressure transmitter* dan *differensial pressure transmitter* yang datang tidak sesuai spesifikasi yang dibutuhkan proyek, dimana terjadi kesalahan pada *range transmitter* sehingga harus dilakukan pemesanan *transmitter* ulang yang sesuai dengan spesifikasi. Dampak yang terjadi akibat permasalahan ini adalah material menjadi tidak terpakai dan harus kembali menunggu datangnya pesanan material dari supplier sehingga menyebabkan pemborosan pada waktu dan biaya proyek.

Kesalahan kedatangan material yang sudah terjadi ini tidak dapat dihindari, jadi apabila material yang datang jenisnya sama dengan kebutuhan proses sebelumnya maka dapat dijadikan sebagai bahan *support*, atau apabila material tersebut jenisnya berbeda maka dapat digunakan untuk proses konstruksi yang lainnya.

3. *Defect*

Jenis pemborosan ini dapat berupa adanya cacat pada material yang dipesan dari supplier dan juga cacat pada proses pekerjaan konstruksi di lapangan. Setiap material yang datang akan melalui proses inspeksi oleh bagian QC, dan dituangkan dalam laporan *MIR (Material Inspection Report)*. Inspeksi ini dilakukan dengan berbagai metode (biasanya dengan *visual test*) untuk menguji bahwa material tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Material yang lolos inspeksi selanjutnya akan masuk kedalam gudang dan material *reject* akan dikembalikan ke *supplier*.

Pemborosan yang terjadi adalah adanya cacat pada material pipa. Cacat yang ditemukan yaitu adanya sobekan *coating* pada beberapa pipa yang datang. Cacat pada *coating* pipa ini dapat disebabkan karena proses *handling* pipa dari *supplier* yang tidak sesuai prosedur sehingga menyebabkan *coating* pipa terkena alat berat dan menjadi sobek. Material pipa yang cacat ini harus segera dikembalikan dan diperbaiki

oleh *supplier* karena jika dibiarkan maka akan menyebabkan pipa menjadi mudah terkorosi. Proses pengembalian material *reject* ini tentu saja akan mengganggu siklus pengerjaan proyek karena adanya *lead time* pengiriman material kembali dari *supplier*.

Jenis pemborosan *defect* ini juga terjadi pada proses pekerjaan konstruksi. Sebagai contoh adalah ditemukan adanya cacat pada hasil sambungan pipa yang merupakan hasil dari proses *welding*. Proses *welding* pipa merupakan proses yang sangat kritis dan membutuhkan orang khusus yang bersertifikasi untuk mengerjakan proses ini. Proses *welding* ini juga membutuhkan pengawasan yang ketat agar hasil sambungan pipa dapat memenuhi spesifikasi yang diharapkan. Cacat padat sambungan pipa ini dapat ditemukan setelah melewati beberapa tahapan inspeksi, seperti *visual inspection* dan *Non Destructive Test (NDT)*. Cacat yang ditemukan yaitu berupa adanya retakan melintakan (*transverse crack*) pada sambungan pipa sehingga sambungan pipa harus dipotong kembali dan dilakukan pekerjaan *welding* ulang (*repair*). Pekerjaan ulang ini tentu saja akan berdampak kepada waktu siklus proyek dan menyebabkan pembengkakan biaya apabila cacat ini terlalu sering terjadi.

Untuk mengurangi pemborosan *defect* ini dalam proyek selanjutnya dapat dilakukan dengan pemilihan *welder* yang lebih berkompeten dan berpengalaman, serta proses pengawasan yang harus lebih ditingkatkan agar proses *welding* dapat dikerjakan dengan mengikuti standar *Welding Procedure Specification (WPS)* yang berlaku.

4. *Inappropriate Processing*

Pemborosan jenis ini dapat berupa proses kerja yang menggunakan alat atau mesin kerja yang tidak sesuai baik kapasitas maupun kemampuannya, ketidaksesuaian antara prosedur kerja standar dengan aplikasi di lapangan, dan perbedaan metode kerja yang signifikan antar operator di area konstruksi. Sebagai contoh dalam melakukan handling pipa, kontraktor sudah memperhitungkan kapasitas *crane* dan *truck trailer* untuk pengangkutan pipa, namun dalam proses pengerjaannya

operator tidak dibekali dengan standar operasional prosedur yang baku sehingga dalam prakteknya proses handling pipa sering terjadi kesalahan yang menyebabkan material pipa jatuh dan menjadi cacat. Kejadian jatuhnya pipa dari *truck trailer* pada saat proses *loading* pipa ini menyebabkan sebanyak sembilan pipa mengalami cacat berupa *dent* pada ujung pipa dan sobek pada *coating*, sehingga pipa tersebut harus dilakukan perbaikan. Kejadian ini disebabkan karena kurangnya koordinasi dan pengawasan dari operator, serta kurangnya peralatan *safety deck* sebagai persyaratan dalam proses *handling* pipa. Agar permasalahan ini tidak terjadi lagi dikemudian hari diperlukan proses *safety delivery* yang lebih ketat dan mengacu kepada prosedur handling pipa, serta melakukan inspeksi kelengkapan *safety deck* kepada setiap *truck trailer* yang akan masuk ke *site* untuk proses loading pipa.

Selain itu juga sering ditemukan adanya ketidaksesuaian prosedur dalam melakukan pekerjaan *welding* pipa yang menyebabkan hasil *welding* pipa tidak sesuai dengan kualitas yang diharapkan. Kesalahan prosedur yang dilakukan dalam proses *welding* disini adalah penggunaan jenis elektroda E6010+++ yang tidak sesuai dengan *Welding Procedure Specification (WPS)*, karena seharusnya dalam proses *welding* menggunakan jenis elektroda E7010+++. Dampak yang ditimbulkan karena kesalahan prosedur ini adalah sambungan pipa harus dipotong kembali dan dilakukan pekerjaan *welding* ulang dengan menggunakan elektroda yang sesuai dengan standar WPS.

Jenis pemborosan ini juga terjadi pada pekerjaan konstruksi *crossing pipeline*, dimana ditemukan ketidaksesuaian pekerjaan di lapangan dengan prosedur *crossing*. Ketidaksesuaian yang terjadi yaitu adanya perbedaan elevasi tanah antara *tie joint* dengan *road crossing* pipa sehingga kedalaman pipa di *river crossing* hanya 1 meter. Ketidaksesuaian pekerjaan ini menyebabkan pipa harus dilakukan lowering ulang dan dipasang sesuai dengan *detail drawing typical*, dimana kedalaman pipa dibawah bed river harus 2 meter. Pekerjaan ulang ini tentu saja akan berdampak kepada waktu siklus proyek dan

menyebabkan pembengkakan biaya apabila pemborosan ini terlalu sering terjadi.

5. *Unnecessary Motion*

Pemborosan ini berhubungan dengan kondisi fisik lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi performa pekerja di lapangan. Kondisi ini biasanya dikaitkan dengan aspek ergonomis dan tata letak komponen atau mesin terhadap material sehingga terjadi gerakan yang berlebih pada pekerja dalam melakukan aktivitasnya. Sebagian besar tahapan pekerjaan konstruksi ini dilakukan di lingkungan terbuka dimana kadar debu di lokasi proyek cukup tinggi dan juga dalam kondisi cuaca yang panas sehingga pekerja seringkali melakukan aktivitas yang kurang perlu. Kondisi lingkungan proyek yang seperti ini membuat pekerja sulit berkonsentrasi sehingga pekerjaan menjadi lambat. Untuk mengatasi permasalahan ini, pekerja diwajibkan memakai masker penutup hidung yang standar dan juga memastikan fisik pekerja harus dalam kondisi yang fit dalam bekerja.

Jenis pemborosan lain yang terjadi yaitu pada proses pekerjaan konstruksi, dimana alat-alat yang digunakan tidak berada pada tempatnya sehingga pekerja harus mengambil alat-alat tersebut terlebih dahulu. Sebagai contoh dalam pekerjaan pengurugan tanah galian pipa, alat vibrator yang dibutuhkan untuk proses pemadatan tanah tidak berada di lokasi proyek. Kondisi ini berdampak pada banyaknya waktu yang terbuang karena pekerja harus mengambil kembali alat vibrator tersebut di gudang penyimpanan alat yang lokasinya jauh dari proyek. Agar permasalahan ini tidak terjadi berulang-ulang, pekerja harus memastikan terlebih dahulu alat-alat yang dibutuhkan sebelum memulai pekerjaan.

Sementara dalam aktivitas pengelasan sambungan pipa, pekerja memiliki alat bantu bernama *turning lathe* dimana alat tersebut berfungsi sebagai tatakan dan dapat diputar dengan otomatis sehingga pekerja dapat mengelas dengan lebih mudah. Kontraktor pun juga

mengusahakan supaya pekerja dapat bekerja senyaman mungkin, sehingga pemborosan di tahapan pekerjaan ini sangat minim terjadi.

6. *Excessive Transportation*

Jenis pemborosan ini terjadi akibat proses perpindahan baik manusia atau material yang menyebabkan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya. Mengingat sebagian besar material pada proyek ini memiliki berat dan ukuran yang besar dan tidak mungkin jika perpindahan material dilakukan secara manual, maka perpindahan material proyek ini dilakukan dengan bantuan *mobile crane* dan *truck trailer*. *Mobile crane* dan *truck trailer* yang digunakan sudah memiliki kapasitas dan kemampuan angkut yang sesuai. Proses pengiriman dan *loading* pipa di proyek ini menggunakan jasa transportir. Setiap *truck trailer* yang masuk ke lokasi akan melewati proses inspeksi alat kelengkapan *safety* untuk proses *loading* pipa. Selanjutnya *truck trailer* yang dinyatakan siap akan memulai proses *loading* pada dua jalur yang telah disiapkan. Masing-masing jalur tersebut mewakili *truck trailer* dari tiap *supplier*. Pemborosan yang terjadi adalah lamanya proses *loading* pipa dari gudang penyimpanan ke *truck trailer*. Hal ini terjadi karena proses kerja *handling* pipa sangat kompleks dan operator *crane* yang sangat lambat dalam mengoperasikan alat.

Selain itu juga terjadi pemborosan waktu dalam pengiriman material dari gudang ke lokasi proyek yang disebabkan karena lokasi proyek memiliki area yang cukup luas, yaitu sepanjang jalur pipa dari Sidoarjo menuju Pausuran. Lokasi proyek yang berpindah-pindah pun semakin memperpanjang waktu tempuh pengiriman material pipa ke lokasi proyek.

7. *Overproduction*

Pemborosan *overproduction* dalam proyek ini yaitu berupa penumpukan alat dan material di lokasi proyek. Di lokasi proyek sering ditemukan adanya material pipa yang menumpuk karena belum digunakan untuk proses konstruksi. Penumpukan material pipa terjadi karena rendahnya produktivitas pekerjaan konstruksi sehingga

menyebabkan material pipa yang sudah dikeluarkan dari gudang ke lokasi proyek menjadi tidak terpakai. Material pipa yang menumpuk ini menyebabkan lokasi proyek menjadi sempit dan menghalangi akses pekerja dalam beraktivitas.

Jenis pemborosan ini juga terjadi karena adanya pekerjaan yang dilakukan melebihi instruksi yang diberikan. Sebagai contoh dalam melakukan galian tanah, pekerja seringkali menggali tanah melebihi instruksi yang diberikan. Instruksi yang diberikan biasanya sudah berdasarkan spesifikasi dan *detail drawing* yang ada. Pemborosan yang pernah terjadi yaitu pekerja menggali tanah sampai kedalaman 3 meter, padahal yang diminta sesuai dengan *detail drawing* adalah kedalaman tanah 2 meter. Kelebihan kedalaman tanah ini menyebabkan harus dilakukan penyesuaian dengan melakukan pengurugan tanah kembali.

Pemborosan lain yang terjadi yaitu adanya pengamburan *raw material*. Dalam proses konstruksi di proyek ini, sering ditemukan pemborosan pada pemanfaatan semen dan pasir dalam pembuatan beton untuk proteksi pipa, pondasi pig launcher, dan struktur bangunan. Selain itu juga terjadi pemborosan dalam pemanfaatan kabel-kabel dalam proses pekerjaan elektrikal dan instrumentasi di station Grati Pasuruan. Penghamburan *raw material* ini akan menyebabkan material yang tersedia menjadi cepat habis sehingga terjadi pemborosan biaya karena kontraktor harus memesan kembali *raw material* yang dibutuhkan di lapangan.

5.1.2 Analisa Pemborosan Berdasarkan VALSAT

Dari hasil pengolahan pada tabel kesesuaian matriks terpilih tiga *tool* dengan nilai tertinggi yang digunakan untuk menganalisa pemborosan dalam *value stream*. Ketiga *tool* tersebut antara lain :

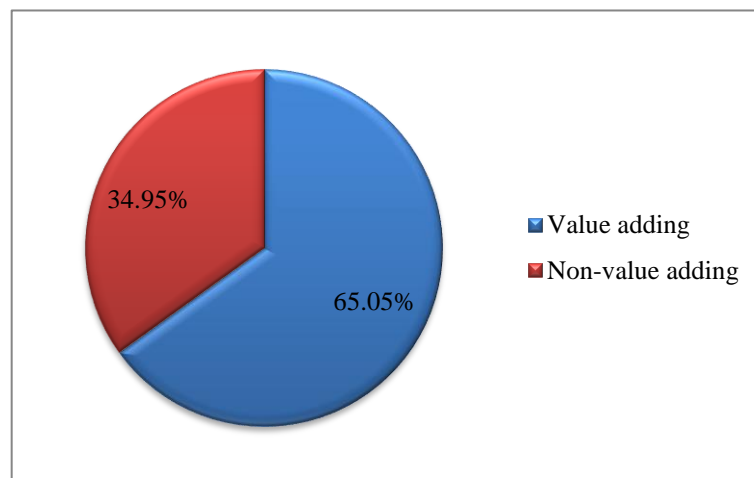
1. *Process Activity Mapping (PAM)*
2. *Suplly Chain Response Matrix (SCRM)*
3. *Demand Amplification Mapping (DAM)*

5.1.2.1 Analisa Pemborosan Berdasarkan Process Activity Mapping

Dalam pembuatan PAM aktivitas-aktivitas yang diamati terbagi dalam lima kategori yaitu operation, transportasi, inspeksi, storage, dan delay. Sesuai dengan hasil pengolahan yang telah dilakukan pada bab 4 didapatkan persentase dari masing-masing aktivitas tersebut yaitu untuk operation sebesar 65,05 persen, transportasi sebesar 12,30 persen, inspeksi sebesar 8,41 persen, storage sebesar 2,27 persen, dan delay sebesar 11,97 persen. Dari hasil PAM tersebut akan dapat diketahui porsi dari aktivitas yang merupakan *value added* dan yang *non-value added*. Aktivitas yang memberikan nilai tambah adalah operasi, sedangkan aktivitas-aktivitas seperti transportasi, inspeksi, *storage*, dan *delay* termasuk dalam aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Secara jelas dapat dilihat pada tabel 5.1 dibawah ini.

Tabel 5.1 Jumlah Aktivitas Value Added dan Non-Value Added

	Operation	Transportasi	Inspection	Storage	Delay
Persen Aktivitas	65,05	6,80	8,41	2,27	17,48
Persen VA	65,05				
Persen NVA	34,95				

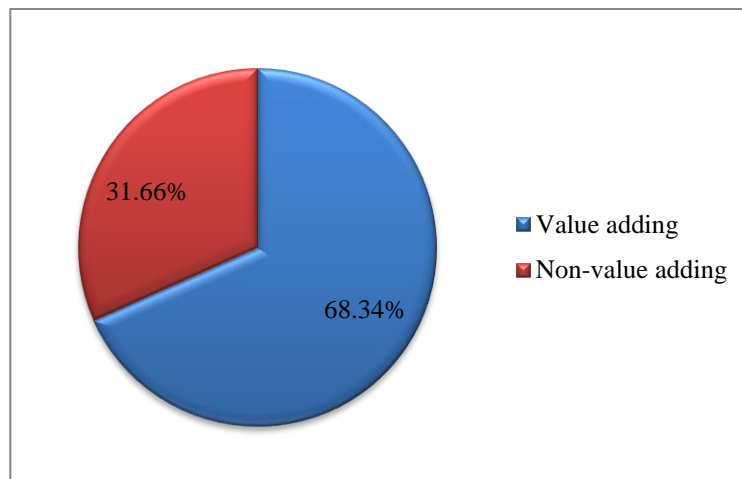


Gambar 5.1 Persentase Aktivitas Value Added dan Non-Value Added

Berdasarkan gambar 5.1 diatas terlihat jelas bahwa aktivitas yang memberikan nilai tambah (*value added*) memiliki persentase sebesar 65,05 persen, sedangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added*) memiliki persentase 34,95 persen. Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivitas yang *non-value added* (NVA) memiliki persentase yang cukup besar sehingga harus dapat dikurangi untuk dapat memperpendek waktu siklusnya sehingga juga dapat mengurangi keterlambatan pengerjaan proyek.

Tabel 5.2 Jumlah Waktu Aktivitas Value Added dan Non-Value Added

	Operation	Transportasi	Inspection	Storage	Delay
Persen Aktivitas	68,34	2,52	3,01	3,13	23,00
Persen VA	68,34				
Persen NVA	31,66				



Gambar 5.2 Persentase Waktu Aktivitas Value Added dan Non-Value Added

Tabel 5.2 menunjukkan waktu total yang diperlukan untuk beroperasi adalah sebesar 68,34 persen, sedangkan aktivitas lainnya yang termasuk dalam kategori *non-value added activity* memiliki persentase sebesar 31,66 persen. Persentase NVA dapat dikatakan cukup besar karena mencapai 31,66 persen, dimana hal ini dapat merugikan pihak perusahaan.

Oleh karena itu aktivitas-aktivitas tersebut harus dikurangi waktu dan jumlahnya untuk mempercepat *cycle time* dari proses pemenuhan *order*.

Setelah mengetahui persentase aktivitas dari aktivitas yang memberikan nilai tambah dan yang tidak memberikan nilai tambah maka selanjutnya dilakukan analisa terhadap masing-masing aktivitas yaitu operasi, transportasi, inspeksi, *storage*, dan *delay* terlebih dahulu. Setelah itu diharapkan dapat melakukan penyederhanaan, mengkombinasikan serta mencari perubahan rangkaian aktivitas yang mampu mengurangi pemborosan.

Adapun analisa yang dapat dibuat adalah sebagai berikut :

1. Operasi

Dari total 309 aktivitas yang dihitung mulai dari proses *engineering* sampai dengan konstruksi, terdapat aktivitas operasi yang merupakan aktivitas yang memberikan nilai tambah terdiri dari 201 aktivitas dengan persentase sebesar 65,05 persen. Sedangkan dari total waktu PAM selama 8080 hari aktivitas operasi memakan waktu selama 5510 hari atau setara dengan persentase 68,19 persen. Aktivitas operasi terlama adalah proses konstruksi pipeline yaitu selama 3287 hari. Aktivitas ini memiliki persentase terbesar bila dilihat dari banyak aktivitas yang dilakukan.

2. Transportasi

Aktivitas transportasi yang terjadi dalam proses konstruksi pembangunan pipa gas ini sebanyak 21 aktivitas dengan persentase sebesar 6,80 persen. Sedangkan aktivitas transportasi yang terjadi selama proses konstruksi ini membutuhkan waktu selama 205 hari atau setara dengan 1,80 persen. Transportasi yang paling jauh adalah pengiriman material pipa dari Korea ke Pasuruan.

3. Inspeksi

Untuk aktivitas inspeksi terdiri dari 26 kegiatan dengan persentase sebesar 8,41 persen. Aktivitas inspeksi ini dimulai pada saat

material datang dari *supplier* sampai pada aktivitas final inspeksi pada saat konstruksi pipa. Sedangkan total waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan aktivitas inspeksi ini adalah selama 244 hari atau setara dengan 2,15 persen. Aktivitas inspeksi ini memiliki persentase terkecil jika dibandingkan dengan keempat aktivitas lainnya, dan aktivitas inspeksi yang memakan waktu terlama adalah yaitu selama 21 jam

4. Storage

Dari total aktivitas sebanyak 309, aktivitas penyimpanan hanya dilakukan sebanyak 7 kali saja. Aktivitas tersebut dilakukan sebelum proses konstruksi dimulai. Persentase dari aktivitas ini sangat kecil yaitu hanya 2,27 persen, sedangkan waktu beroperasi selama 254 hari atau setara dengan 2,23 persen.

5. Delay

Aktivitas menunggu selama pelaksanaan proyek ini dihitung mulai dari pembelian material sampai dengan material tersebut datang di lokasi proyek. Proses menunggu ini terdiri dari 54 aktivitas dan memiliki persentase 17,48 persen. Sedangkan aktivitas menunggu yang paling lama adalah pada saat pelaksanaan pengadaan untuk material impor. Aktivitas menunggu ini memakan waktu yang cukup lama yaitu selama 1867 hari dari total keseluruhan aktivitas selama 8080 hari, hal ini berarti aktivitas menunggu memiliki persentase sebesar 23,11 persen.

Pemborosan yang dapat ditemukan dalam PAM adalah *waiting* (menunggu), terutama pada saat pengadaan untuk material impor. Mulai dari awal memberikan *order* kepada *supplier*, kemudian perusahaan harus menunggu konfirmasi jawaban dari calon pelanggan dalam waktu yang cukup lama. Hal tersebut dapat menyebabkan kemunduran waktu dalam kegiatan persiapan kontrak, sehingga waktu pengiriman barangpun harus mundur. Perjalanan pengiriman barang menuju lokasi proyek juga

mengalami kemunduran dari jadwal awal, sehingga kedatangan material ke lokasi proyek juga terlambat.

5.1.2.2 Analisa Supply Chain Response Matrix (SCRM)

Dari hasil pengolahan *supply chain response matrix* nantinya akan dilakukan evaluasi kenaikan atau penurunan tingkat persediaan dan panjang *lead time* disetiap area *supply chain*. Sesuai dengan hasil pengolahan data pada bab sebelumnya maka didapatkan informasi sebagai berikut :

- Total waktu yang diperlukan perusahaan untuk memenuhi proyek pembangunan pipa gas adalah 365 hari. Dimulai dari terima kontrak proyek konstruksi sampai dengan pipa gas siap dioperasikan. Dari kebutuhan waktu tersebut besarnya *daily physical stock* adalah 1255 hari Angka tersebut merupakan rata-rata per hari lama waktu material berada di dalam sistem baik untuk diproses maupun sekedar untuk disimpan menunggu diproses.
- Dari grafik terlihat bahwa yang memiliki *days physical stock* terlama adalah pada area konstruksi yaitu selama 35 hari. Dari jumlah output produksi sebesar 12 pipa per harinya sedangkan rata-rata pemakaian material per harinya 15 pipa, jadi perusahaan memiliki penyimpanan rata-rata material perharinya sebesar
- Sesuai dengan yang tergambar pada grafik SCRM maka yang memiliki waktu pendistribusian paling lama adalah pada area konstruksi yaitu selama 619 hari. Hal ini terjadi karena perusahaan harus menunggu kedatangan material yang terlambat dari supplier. Karena keterlambatan kedatangan material tersebut maka proses konstruksi juga berjalan dengan lambat, proses konstruksi tidak dapat dilanjutkan apabila material yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya belum datang, sehingga material yang sudah mengalami proses konstruksi harus menunggu didalam area konstruksi sebelum dilakukan proses konstruksi selanjutnya.

- Dengan adanya keterlambatan kedatangan material yang menyebabkan proyek ini tidak dapat berjalan sesuai dengan jadwal membuat perusahaan mengalami penurunan performance dimata owner. Jika dianalisa dari grafik SCRM maka lamanya *days physical stock* mengindikasikan adanya permasalahan pada inventory yang disebabkan karena adanya sistem informasi yang tidak lancar antara perusahaan dengan *supplier* sehingga material yang dipesan datang terlambat yang akhirnya dapat memperpanjang *lead time* proses konstruksi.

5.1.2.3 Analisa Demand Amplification Mapping

Pada *demand amplification mapping* akan menunjukkan kemunculan dari *inventory* dan permasalahan yang terjadi dengan adanya *inventory* tersebut. Selain itu juga akan dapat ditentukan *batch size* pemesanan perusahaan kepada *supplier*.

Persediaan terbanyak yang berada dalam perusahaan adalah sisa *cutting* material pipa. Sisa pemotongan (dari proses konstruksi) pipa tersebut berasal dari pipa yang dipesan dari *supplier* yang sudah tidak dapat digunakan lagi pada proses konstruksi selanjutnya. Dengan kata lain sisa persediaan dari material tersebut dapat dikatakan sebagai *inventory*. Perusahaan memang tidak dapat memesan pipa sesuai kebutuhan, karena pemesanan material pipa dalam ukuran panjang standar yang tidak dapat dipesan dengan ukuran *batch size* yang lebih kecil.

Sisa dari *cutting* material pipa tersebut akan digolongkan menjadi dua bagian yaitu apabila sisa dari *cutting* material berukuran < 2 meter maka akan dikategorikan sebagai afvaal dan akan dibuang, sedangkan untuk sisa *cutting* material pipa > 2 meter akan dijadikan stok. Persediaan dari sisa *cutting* material tersebut nantinya akan dapat digunakan lagi sebagai material untuk proyek selanjutnya. Hal ini tentunya akan memberikan keuntungan yang cukup besar bagi perusahaan, namun untuk pemberian harga dari sisa material tersebut belum ada ketentuannya.

Permasalahan yang ditimbulkan dengan adanya stok dari sisa *cutting* material pipa ini adalah bagaimana cara perusahaan memanfaatkan persediaan yang sudah menumpuk di gudang dengan sebaik-baiknya. Untuk menemukan proyek yang semua bahan materialnya menggunakan stok sisa dari *cutting* material sangatlah sulit, karena kemungkinan besar yang telah terjadi selama ini adalah hanya beberapa saja dari stok sisa *cutting* material tersebut yang telah digunakan dalam proyek namun perbandingannya masih sangat kecil antara material yang harus dibeli sesuai kontrak dan penggunaan dari stock sisa. Hal tersebut memang wajar karena kontraktor adalah perusahaan yang melakukan proses konstruksi sesuai dengan kontrak dari owner. Jadi dalam proyek tersebut tidak semuanya menggunakan stok sisa dari perusahaan, dan untuk memenuhi sisa kebutuhan material lainnya perusahaan harus memesan material baru kepada *supplier* yang nantinya juga akan memberikan tambahan stok sisa *cutting* material lagi untuk perusahaan.

5.2 Root Cause Penyebab Pemborosan dan Usulan Perbaikan

Berdasarkan analisa dari tujuh tipe pemborosan, maka dapat diurutkan bahwa penyebab dari pemborosan yang paling utama yaitu keterlambatan dari kedatangan material. Keterlambatan tersebut dapat disebabkan oleh sistem informasi yang kurang memadai, baik secara internal (antar bagian perusahaan) maupun antara perusahaan dengan *supplier*. Oleh karena itu untuk menunjang keberhasilan pengiriman secara total sistem maka segala usaha perbaikan akan diarahkan kepada pengurangan panjang *lead time*.

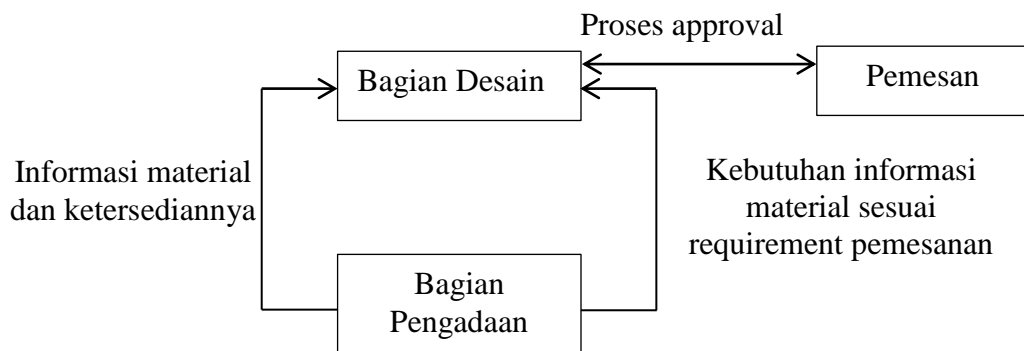
5.2.1 Sistem Prosedur Pengadaan Material

Sistem prosedur adalah prosedur yang ditetapkan untuk menjadi acuan operasi dalam menjalankan suatu aktivitas dalam suatu perusahaan. Sistem prosedur tersebut harus ditentukan dengan mempertimbangkan segala aspek yang dibutuhkan oleh perusahaan, seperti efektifitas waktu dan efisiensi biaya. Karena fungsinya sebagai acuan dasar operasi, maka bagaimanapun juga suatu

sistem prosedur perlu dilakukan review apabila memang dirasakan sudah tidak sesuai lagi dengan perkembangan kendala-kendala baru yang muncul, seperti perubahan regulasi, atau tuntutan pemesanan yang mengharapkan ketepatan waktu pengiriman.

Berdasarkan hasil analisa diatas didapatkan bahwa sistem prosedur perencanaan konstruksi dan pengadaan material yang digunakan perusahaan masih perlu disempurnakan lagi. Pada suatu sistem produksi, dalam proses transformasinya diperlukan banyak aktivitas, yang berkaitan antara satu dengan yang lain. Untuk memperbaiki semua aktivitas, tentunya merupakan hal yang sulit, sehingga dalam mengevaluasi aktivitas-aktivitas yang ada diperlukan suatu prioritas penanganan yaitu pada tahap desain dan identifikasi material.

Pada tahap ini, aktivitas yang merupakan prioritas adalah proses desain dan *approval*, baik untuk *approval* perhitungan desain ataupun *shop drawing*. Hal ini merupakan masalah yang sering menjadi konflik, karena berkaitan dengan pihak *owner*. Apabila ditinjau dari identifikasi kebutuhan informasi material, maka ada semacam siklus seperti gambar dibawah ini :



Gambar 5.3 Siklus proses approval desain dan informasi material

Siklus tersebut memperlihatkan bahwa dalam proses desain dan identifikasi material dibutuhkan informasi data pengadaan, sehingga keterlibatan bagian pengadaan sangat diperlukan pada proses desain. Tanpa data pengadaan tersebut, maka pada akhirnya perusahaan akan mengalami kerugian dan lemah dalam menyelesaikan proyek dengan tepat waktu. Sehingga untuk kontrak proyek ini, seorang *buyer* harus memahami tentang

jenis produk atau proyek yang sedang dilaksanakan dan ditangani pengadaan materialnya, serta harus bekerjasama secara erat dengan bagian desain atau engineering.

Oleh karena itu, keterlibatan dini bagian pengadaan dalam proses desain merupakan salah satu pertimbangan utama yang menjadi dasar dalam menyusun sistem prosedur yang diusulkan. Sedangkan dalam proses *approval*, disadari bahwa adanya otoritas *owner* sebagai pemilik proyek merupakan kendala utama. Namun, bukan satu hal yang salah jika dilakukan usaha untuk mengatasinya, dengan cara misalnya :

- Apabila selama hari tidak ada respon atas item-item yang dimintakan persetujuan, maka dianggap *owner* menyetujui desain yang diusulkan.
- Adanya kejelasan dalam kontrak *order* tentang jangka waktu proses *approval* yang diberikan oleh *owner*. Hal ini karena sering pada setiap kontrak disebutkan bahwa desain harus disetujui oleh *owner*, tetapi tidak disebutkan berapa lama waktu yang diperlukan untuk proses *approval*. Sehingga menempatkan perusahaan sebagai kontraktor pada posisi yang sulit.

5.2.2 Sistem Informasi Material

Berdasarkan pembahasan langkah-langkah pengendalian material yang dapat dilaksanakan oleh kontraktor, maka *recording* dan informasi merupakan suatu hal yang sangat dibutuhkan. Untuk itu diperlukan suatu konsep sistem informasi material yang menyediakan informasi tentang pengadaan material dan penggunaannya dalam proses konstruksi.

Sistem informasi material yang dibutuhkan adalah yang diharapkan dapat menunjang operasi-operasi sebagai berikut :

1. Bagian desain, yang membutuhkan informasi pengadaan (seperti spesifikasi atau jenis material dan harganya, serta tingkat ketersediaan material di pasar) dalam proses desainnya.

2. Bagian estimasi, yang membutuhkan informasi jenis dan harga material dalam proses perhitungan estimasi biaya material untuk suatu produk. Dimana estimasi biaya ini akan menjadi dasar untuk penawaran dan penentuan anggaran pelaksanaan order jika dimenangkan.
3. Bagian material control, yang membutuhkan informasi tentang lead time, delivery time, dan kejelasan penggunaan material untuk penentuan jadwal pelaksanaan proyek dan perhitungan standar penggunaan material untuk sistem equipment atau part dari suatu produk.
4. Bagian metode dan proses, yang membutuhkan informasi tentang spesifikasi atau jenis material dan ukuran standar pembelian untuk pembuatan material requisition sheet dan perhitungan kebutuhan (bill of quantity) material untuk suatu proyek.
5. Bagian keuangan, yang membutuhkan informasi tentang status order pembelian yang sudah release yang digunakan untuk penjadwalan dan pengecekan tagihan supplier, dan posisi keuangan (cash flow) suatu order.
6. Bagian pengadaan, yang membutuhkan informasi tentang status material pada suatu equipment produk atau proyek, yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu item atau material apakah sudah dibeli atau belum, dan apakah suatu material sudah pernah diminta oleh bagian material control (dengan purchasing requisition) atau belum.

Waiting time yang telah diidentifikasi melalui *process activity mapping* harus direduksi untuk mempercepat waktu siklus pemenuhan *order*. Dari penjelasan PAM diketahui bahwa aktivitas yang paling lama memakan waktu dan menyebabkan banyak pemborosan menunggu adalah aktivitas yang berkaitan dengan pemasok yaitu dalam hal pengadaan material sebagai kebutuhan perusahaan untuk melakukan proses konstruksi. Dalam penelitian ini usulan yang diberikan kepada kontraktor untuk mereduksi total waktu siklusnya adalah pencarian pemasok (*supplier*) melalui e-auction yaitu aplikasi untuk membantu proses lelang.

Pada proses pembelian, lelang dilakukan oleh pembeli dengan mengumpulkan calon-calon *supplier*. Mereka sebelumnya sudah diberitahu oleh perusahaan tentang jumlah, spesifikasi, dan waktu kebutuhan dari barang yang diinginkan. Perusahaan akan mendapatkan keuntungan antara lain :

1. Proses-proses administratif bisa dilangsungkan dengan cepat, akurat, dan murah. Mengundang *supplier* untuk memasukan proposal atau penawaran tidak dilakukan lewat surat atau fax, tetapi bisa dilakukan dengan fasilitas web. Sehingga perusahaan tidak perlu menunggu konfirmasi dari *supplier* terlalu lama.
2. Dengan menggunakan sistem lelang perusahaan akan bisa mendapatkan harga yang jauh lebih murah karena *supplier* akan sedapat mungkin menurunkan harga penawaran agar bisa menjadi pemenang.
3. Perusahaan bisa mendapatkan calon-calon *supplier* yang lebih banyak dari berbagai tempat sehingga berpeluang untuk melakukan transaksi dengan *supplier* yang lebih berkompeten.
4. Perusahaan maupun *supplier* bisa melacak transaksi maupun proses-proses fisik (pengiriman, dll) sehingga kedua belah pihak cepat mengetahui kalau ada masalah yang membutuhkan penanganan lebih lanjut.
5. Pihak perusahaan maupun *supplier* bisa melakukan proses-proses tersebut dari mana saja asalkan terhubung dengan jaringan internet.

5.3 Usulan Perbaikan Process Activity Mapping (PAM)

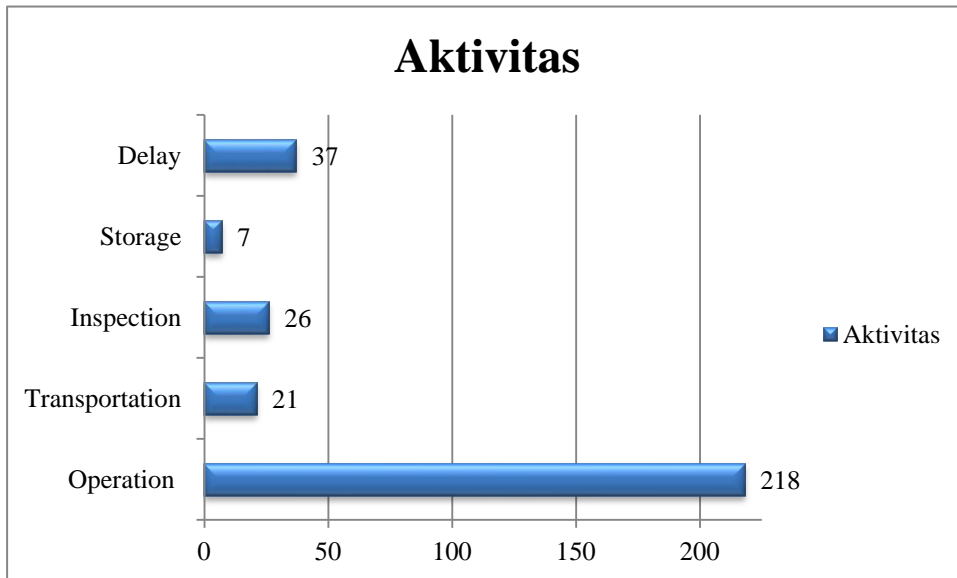
Usulan perbaikan yang telah diberikan diatas kemudian dibuat dalam *process activity mapping (PAM)* untuk mengetahui secara lebih detail aktivitas-aktivitas mana saja yang akan direduksi waktu siklusnya. Tabel *process activity mapping (PAM)* usulan perbaikan dapat dilihat pada lampiran 10. Jumlah dan persentase tiap jenis aktivitas pada *process activity mapping (PAM)* usulan perbaikan terlihat pada tabel 5.3 dibawah ini.

Perubahan pada usulan perbaikan ini adalah jumlah aktivitas pada operation meningkat dari 201 menjadi 218 yang juga berarti persentasenya pun meningkat dari 65,05 persen menjadi 70,55 persen. Untuk jumlah aktivitas transportasi,

inspeksi, dan storage tidak mengalami perubahan. Sedangkan untuk aktivitas delay mengalami perubahan dari 54 aktivitas menjadi 37 aktivitas dan persentasenya pun juga menurun dari 17,48 persen menjadi 11,97 persen.

Tabel 5.3 Perbaikan Jumlah Aktivitas dalam PAM

Jenis Aktivitas	Jumlah	Persentase (%)
Operation	218	70,55
Transportasi	21	6,80
Inspcetion	26	8,41
Storage	7	2,27
Delay	37	11,97
TOTAL	309	100



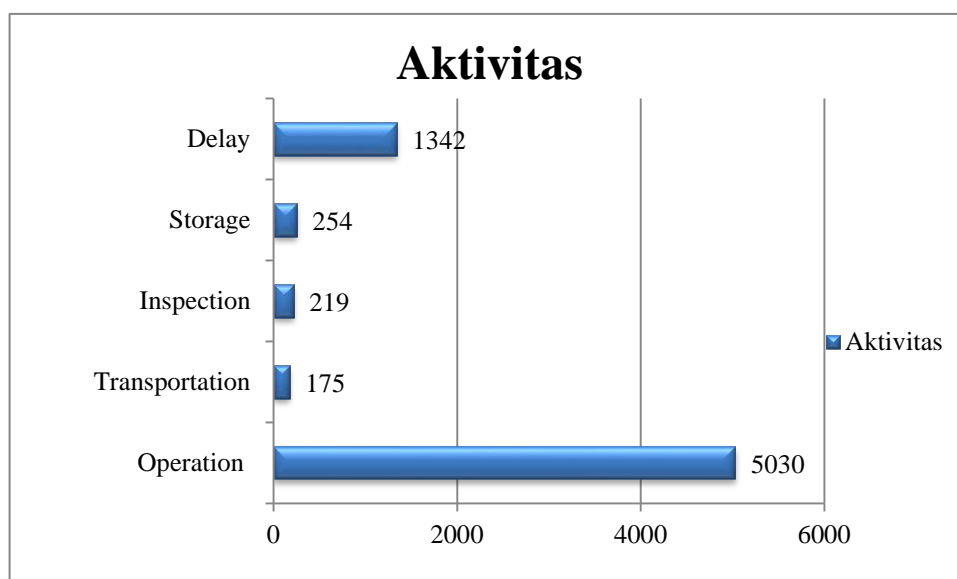
Gambar 5.4 Perbaikan Jumlah Aktivitas

Pada usulan perbaikan memang tidak dilakukan pengurangan jumlah aktivitas namun dilakukan pengurangan waktu siklus pada aktivitas-aktivitas yang mengalami pemborosan dan yang dapat direduksi. Terlihat pada tabel 5.4 bahwa total waktu siklus berkurang dari 8080 hari menjadi 7020 hari atau berkurang sebanyak 13,11 persen. Waktu siklus untuk aktivitas operasi berkurang dari 5510

hari menjadi 5030 hari dan persentasenya mengalami peningkatan dari 68,19 persen menjadi 71,65 persen. Untuk transportasi waktu siklus mengalami penurunan dari 205 hari menjadi 175 hari dan persentasenya menurun dari 2,53 persen menjadi 2,49 persen. Pada aktivitas inspeksi dan *storage* waktu siklusnya tidak mengalami perubahan namun terjadi peningkatan pada persentase masing-masing, untuk aktivitas inspeksi persentasenya meningkat dari 3,01 persen menjadi 3,12 persen dan untuk aktivitas *storage* persentasenya meningkat dari 3,13 persen menjadi 3,62 persen. Pada aktivitas *delay* mengalami perubahan waktu siklus yang cukup besar dari 1867 hari menjadi 1342 hari dan persentasenya juga menurun dari 23,01 persen menjadi 19,12 persen.

Tabel 5.4 Perbaikan Waktu Aktivitas dalam PAM

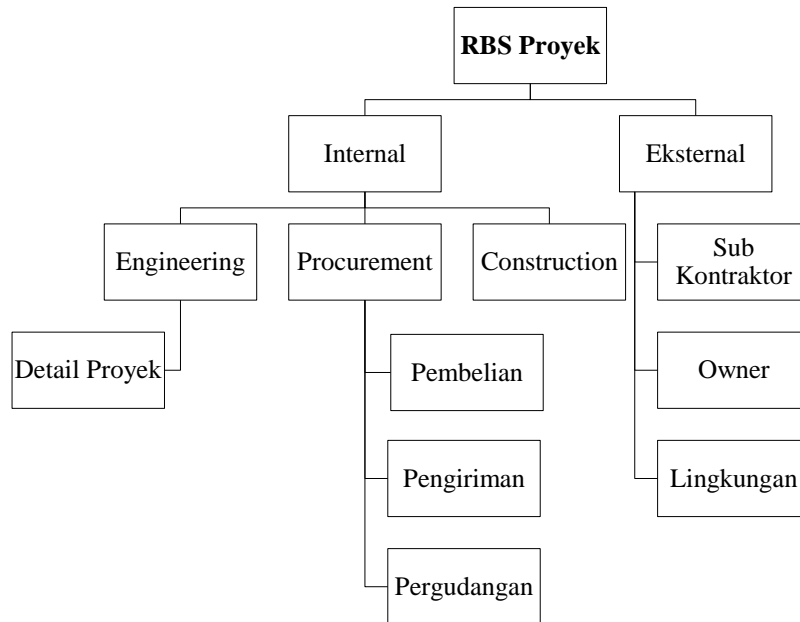
Jenis Aktivitas	Jumlah	Persentase (%)
Operation	5030	71,65
Transportasi	175	2,49
Inspcetion	219	3,12
Storage	254	3,62
Delay	1342	19,12
TOTAL	7020	100



Gambar 5.5 Perbaikan Waktu Aktivitas

5.4 Project Risk Management

Project Risk Management merupakan salah satu tool yang digunakan dalam menentukan risiko terjadinya waste. Hal pertama yang dilakukan adalah identifikasi risiko dengan bantuan pengkategorisasian risiko atau *Risk Breakdown Structure (RBS.)*



Gambar 5.6 RBS Proyek

Selanjutnya dibuat daftar semua risiko yang mungkin dapat mempengaruhi pengerjaan proyek berdasarkan pengkategorian proyek dan berhubungan dengan *waste* kritis. Tabel berikut ini merupakan daftar risiko yang diidentifikasi berdasarkan tabel RCA *waste* kritis.

Tabel 5.5 Kemungkinan Terjadinya Risiko

Kategori	Sub Kategori	Risiko
<i>Engineering</i>	Detail Proyek	Kesalahan perhitungan desain
		Ketidakcocokan desain perencanaan dengan pelaksanaan di lapangan
<i>Procurement</i>	Pembelian	Material atau peralatan sulit didapatkan

Tabel 5.5 Kemungkinan Terjadinya Risiko (lanjutan)

	Pengiriman	Kerusakan atau kehilangan material
		Keterlambatan pengiriman material atau peralatan proyek
	Penyimpanan	Kerusakan atau kehilangan material
<i>Construction</i>		Hasil pekerjaan tidak sesuai dengan standar dan spesifikasi
		Kecelakaan kerja
		Kurang tersedianya sumber daya
<i>Owner</i>		Perubahan desain perencanaan
Lingkungan		Cuaca yang tidak mendukung

Setelah dilakukan identifikasi risiko dan membuat daftar risiko, maka selanjutnya dilakukan penilaian risiko. Penilaian risiko dilakukan dengan pembobotan pada setiap kejadian risiko, dimana pembobotan dilakukan dari hasil wawancara dengan pakar terkait.

Tabel 5.6 Bobot Peluang Risiko

Peluang		
Bobot	Penilaian	Dampak
1	<i>Very Low</i>	Jarang terjadi, hanya pada kondisi tertentu
2	<i>Low</i>	Kadang terjadi pada kondisi tertentu
3	<i>Moderate</i>	Terjadi pada kondisi tertentu
4	<i>High</i>	Sering terjadi pada setiap kondisi
5	<i>Vey High</i>	Selalu terjadi pada setiap kondisi

Tabel 5.7 Bobot Dampak Risiko

Dampak		
Bobot	Penilaian	Dampak
1	<i>Insignificant</i>	Tidak ada dampak, kerugian keuangan tidak berarti
2	<i>Minor</i>	Perlu penanganan, langsung ditempat, kerugian keuangan menjadi biaya <i>overhead</i>
3	<i>Moderate</i>	Perlu ditangani oleh manajer perencana, kerugian keuangan cukup berarti
4	<i>Major</i>	Adanya kegagalan, produktivitas menurun, kerugian keuangan cukup berarti
5	<i>Catastrophic</i>	Kesalahan berdampak pada lainnya, perlu penanganan oleh pemimpin, kerugian besar, perlu penanganan khusus

Selanjutnya tabel berikut ini merupakan form penilaian risiko dari proyek konstruksi pembangunan pipa gas.

Tabel 5.8 Rekap Penilaian Risiko

Risiko	Kemungkinan	Dampak	Nilai Risiko
Kesalahan perhitungan desain	2	3	6
Ketidakcocokan desain perencanaan dengan pelaksanaan di lapangan	3	3	9
Material atau peralatan sulit didapatkan	2	2	4
Kerusakan atau kehilangan material	3	2	6
Keterlambatan pengiriman material atau peralatan proyek	3	4	12
Hasil pekerjaan tidak sesuai dengan standar dan spesifikasi	4	3	12
Kecelakaan kerja	4	4	16
Kurang tersedianya sumber daya	2	3	6
Perubahan desain perencanaan	2	4	8
Cuaca yang tidak mendukung	3	3	9

Selanjutnya adalah tiap-tiap peristiwa risiko diplotkan ke dalam matriks risiko yang sesuai dengan nilai probabilitas kejadian (likelihood) dan dampaknya (impact) terhadap pengerjaan proyek. Matriks risiko (risk severity matrix) dari risk event yang telah teridentifikasi dapat dilihat pada gambar berikut ini.

Probabilitas	Very High	5					
	High	4			Hasil pekerjaan tidak sesuai dengan standar dan spesifikasi	Kecelakaan kerja	
	Moderate	3		1. Kerusakan atau kehilangan material	1. Ketidakcocokan desain perencanaan dengan pelaksanaan di lapangan 2. Cuaca yang tidak mendukung	Keterlambatan pengiriman material atau peralatan proyek	
	Low	2		Material atau peralatan sulit didapatkan	1. Kesalahan perhitungan desain 2. Kurang tersedianya sumber daya	Perubahan desain perencanaan	
	Very Low	1					
			Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
			1	2	3	4	5
Dampak							

Gambar 5.7 Matriks Penilaian Risiko

Setelah membuat matriks risiko, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi upaya mengurangi risiko menurut (A/NZS) 4360:2004, upaya mengurangi risiko dapat dibagi menjadi menghindari (*avoid*) risiko, menerima (*retaining*) risiko, mentransfer (transfer) risiko, mengurangi (*mitigate*) peluang dan dampak yang terjadi. Tabel 5.9 berikut adalah analisa mitigasi risiko yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk menyikapi risiko yang dimiliki.

Tabel 5.9 Pengembangan Respon Risiko

Risiko	Respon	Rencana Kontigensi
Kesalahan perhitungan desain	<i>Control</i>	Perencanaan desain yang lebih matang dengan sering melakukan cross check ulang dan perbaikan
Ketidakcocokan desain perencanaan dengan pelaksanaan di lapangan	<i>Transfer or Control</i>	Integrasi antara pihak perencana, pelaksana, sub-kontraktor, dan supplier
Material atau peralatan sulit didapatkan	<i>Transfer or Control</i>	Riset kebutuhan pasar. Alternatif barang pengganti yang memenuhi spesifikasi
Kerusakan atau kehilangan material	<i>Transfer or Control</i>	Melakukan perawatan periodic, garansi
Keterlambatan pengiriman material atau peralatan proyek	<i>Control</i>	Meningkatkan komunikasi dan komitmen
Hasil pekerjaan tidak sesuai dengan standar dan spesifikasi	<i>Control</i>	Meningkatkan pengawasan pekerjaan dan kordinasi
Kecelakaan kerja	<i>Avoid, Transfer, Control</i>	Safety briefing dan pemberian jaminan asuransi
Kurang tersedianya sumber daya	<i>Control</i>	Pengembangan relasi sumber tenaga kerja
Perubahan desain perencanaan	<i>Control</i>	Meningkatkan kordinasi perencanaan dan eksekusi lapangan dengan pihak owner
Cuaca yang tidak mendukung	<i>Transfer or Control</i>	Penerapan metode baru

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Tahap ini adalah tahap akhir dari seluruh rangkaian penelitian ini yaitu dengan menarik kesimpulan atas hasil yang didapatkan dari bab sebelumnya. Kesimpulan yang dibuat diharapkan dapat menjawab dari tujuan diadakannya penelitian ini, dan pemberian saran ditujukan kepada pihak perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi pembangunan pipa gas berdasarkan analisa tujuh pemborosan dengan nilai tertinggi adalah :
 - a. *Inappropriate Processing*, dalam mengerjakan aktivitasnya operator bekerja tanpa prosedur standar operasi.
 - b. *Excessive Transportasi*, adanya proses perpindahan baik manusia atau material yang menyebabkan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya.
 - c. *Waiting*, banyak kegiatan yang tertunda karena menunggu konfirmasi dari *supplier* yang berhubungan dengan pengadaan material
2. Aktivitas saat ini yang termasuk *value added* yaitu sebesar 65,05 persen dan *non-value added* sebesar 34,95 persen. Dan setelah direncanakan upaya perbaikan dengan menggunakan *tool Process Stream Mapping*, maka aktivitas yang termasuk *value added* meningkat menjadi sebesar 70,55 persen dan *non-value added* menurun menjadi 29,45 persen.
3. Mengacu kepada hasil pengolahan dan analisa tool *Supply Chain Response Matrix (SCRM)* maka dapat diketahui bahwa perusahaan memiliki *cumulative inventory* selama 910 hari, dan *cumulative lead time* 345 hari, sehingga *total inventory* selama 1255 hari.
4. Upaya perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan melancarkan sistem informasi antar perusahaan dengan pemasok serta aliran informasi antar

divisi dalam perusahaan dan melakukan pengurangan waktu siklus untuk aktivitas-aktivitas yang dianggap sebagai pemborosan.

1.2 Saran

Saran yang dapat ditujukan bagi pihak perusahaan serta bagi penelitian yang selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Dalam pembobotan waste sebaiknya menggunakan *tools* yang lebih bersifat kuantitatif selain menggunakan *waste workshop*.
2. Penerapan semua *tool Value Stream Mapping* untuk menilai keseluruhan supply chain perusahaan.
3. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat diperhatikan faktor biaya sehingga perusahaan dapat mengetahui dan menganalisa biaya yang dapat direduksi dari aktivitas yang siklus waktunya direduksi.

DAFTAR PUSTAKA

Abduh, M., dan Roza, H.A. (2006). Indonesian Contractors' Readiness towards Lean Construction, *Proceedings of the 14th Annual Conference of International Group for Lean Construction*, Santiago, Chile.

Abduh, Muhamad. (2005). Makalah Konstruksi Ramping : Memaksimalkan *Value* dan Meminimalkan *Waste*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.

Alarcon, L.F. (1995). Training field personnel to identify waste and improvement opportunities in construction. In: L.F. Alarcon, ed. *Lean Construction*. Rotterdam: A.A. Balkema, 391-401.

Alwi, S., Hampson, K., Mohamed, S. (2002). Non Value-Added Activities: A Comparative Study of Indonesian and Australian Construction Projects, *Proceedings of the 10th annual conference of the IGLC*, Gramado, Brazil.

Azwar, Saifuddin. (2006). *Reliabilitas dan Validitas*, Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta, hal.4, 5.

Ballard, G. (1999) Improving work flow reliability, *Proc., IGLC-7, 7th Conf. Int. Group for Lean Construction*, Univ. California, Berkeley, CA., 275-286.

Ballard, G. H. (2000). The Last Planner System of Production Control, *Ph.D. Thesis. Faculty of Engineering. School of Civil Engineering*, The University of Birmingham.

Ballard, G., and Howell, G. (2003) An update on Last Planner, *Proc., IGLC-11, 11th Conf. of Int. Group for Lean Construction*, Blacksburg, VA

Bungin, Burhan. (2008). *Metodologi Penelitian Kuantitatif : Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik serta Ilmu-ilmu Sosial Lainnya*, Penerbit Kencana, Jakarta, hal.36, 168.

Cooke, B., Williams, P., 2004. *Construction planning, programming & control*. UK: Blackwell.

Dos Santos, A., Powell, J., Sharp, J., Formoso, C. (1998). Principle of transparency applied in construction, *Proc. Of the Annual Conf. (IGLC-6)* by C. Formoso (ed). *6th Conf. of Int. Group for Lean Construction*, Guarujá, Brazil, 16-23.

BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Riski Imansyah Lubis dilahirkan di Bandar Lampung, 3 Mei 1988. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari SD Kartika II-5 Bandar Lampung tahun 1994-2000, SMP Negeri 2 Bandar Lampung tahun 2000-2003, SMA Negeri 2 Bandar Lampung 2003-2006. Selanjutnya penulis menempuh pendidikan di S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, tahun 2006-2010, dan kemudian melanjutkan pendidikan S2 Manajemen Industri, Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, tahun 2014-2016. Saat ini penulis bekerja di PT Pertamina Gas, Direktorat Operasi, fungsi Maintenance sejak tahun 2012.

Melalui penelitian ini, maka penulis telah menyelesaikan studi di Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dengan segala hormat dan ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pembaca. Penulis berharap karya penulis berupa penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Salam,

M. Riski Imansyah Lubis

(riski.imansyah@pertamina.com)

