



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS APLIKASI *LEAN CONSTRUCTION* UNTUK  
MENGURANGI LIMBAH MATERIAL PADA PROYEK  
KONSTRUKSI JEMBATAN  
(STUDI KASUS PERUSAHAAN PRECAST)**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Program Studi Teknik Sipil

**VANBRORI MANURUNG**

**0806329685**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
KEKHUSUSAN MANAJEMEN KONSTRUKSI  
DEPOK  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS APLIKASI *LEAN CONSTRUCTION* UNTUK  
MENGURANGI LIMBAH MATERIAL PADA PROYEK  
KONSTRUKSI JEMBATAN  
(STUDI KASUS PERUSAHAAN PRECAST)**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Program Studi Teknik Sipil

**VANBRORI MANURUNG**

**0806329685**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
KEKHUSUSAN MANAJEMEN KONSTRUKSI  
DEPOK  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**Analysis Lean Construction Application to Reduce  
Material Waste at Bridge Construction Project  
(Case Study Precast Factory)**

**FINAL REPORT**

Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree

**VANBRORI MANURUNG**

**0806329685**

**FAKULTY OF ENGINEERING  
CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
DEPOK  
JULY 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Vanbrori Manurung**

**NPM : 0806329685**

**Tanda Tangan : *Hamster***

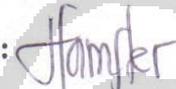
**Tanggal : 6 Juli 2012**

## STATEMENT OF ORIGINALITY

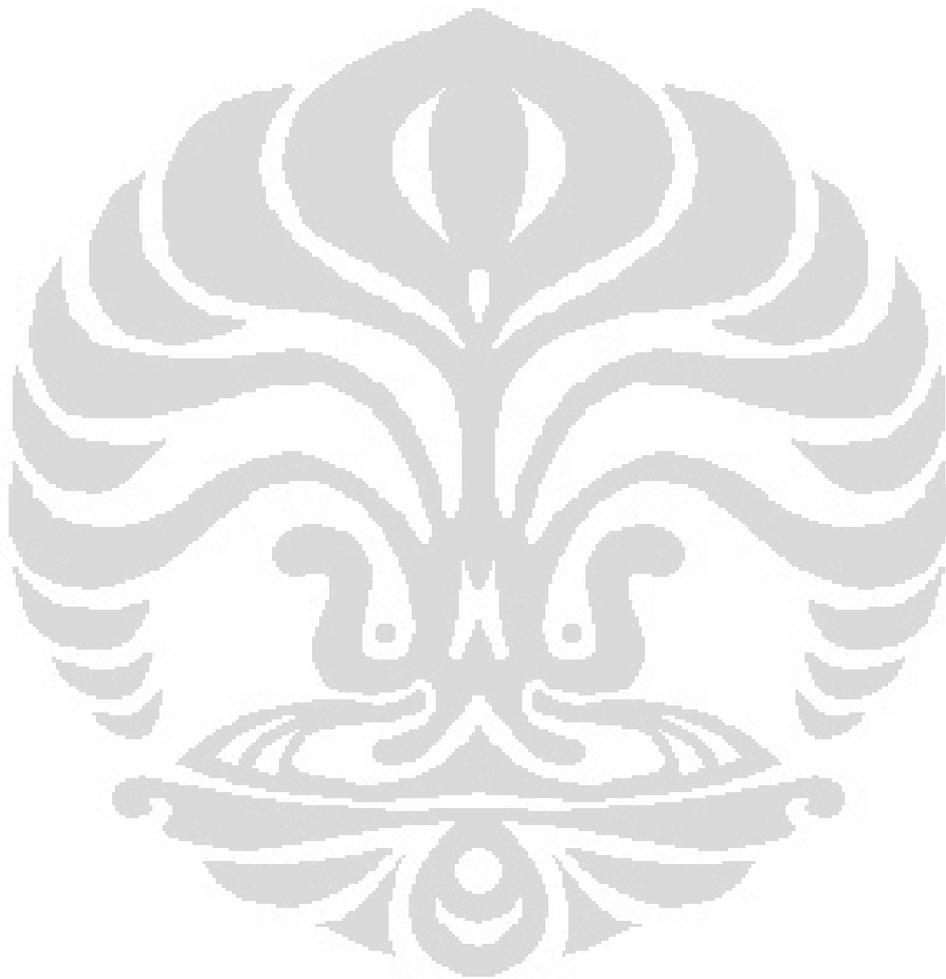
This undergraduate thesis is the result of my own work,  
and all sources of both quoted and referred  
had I stated correctly.

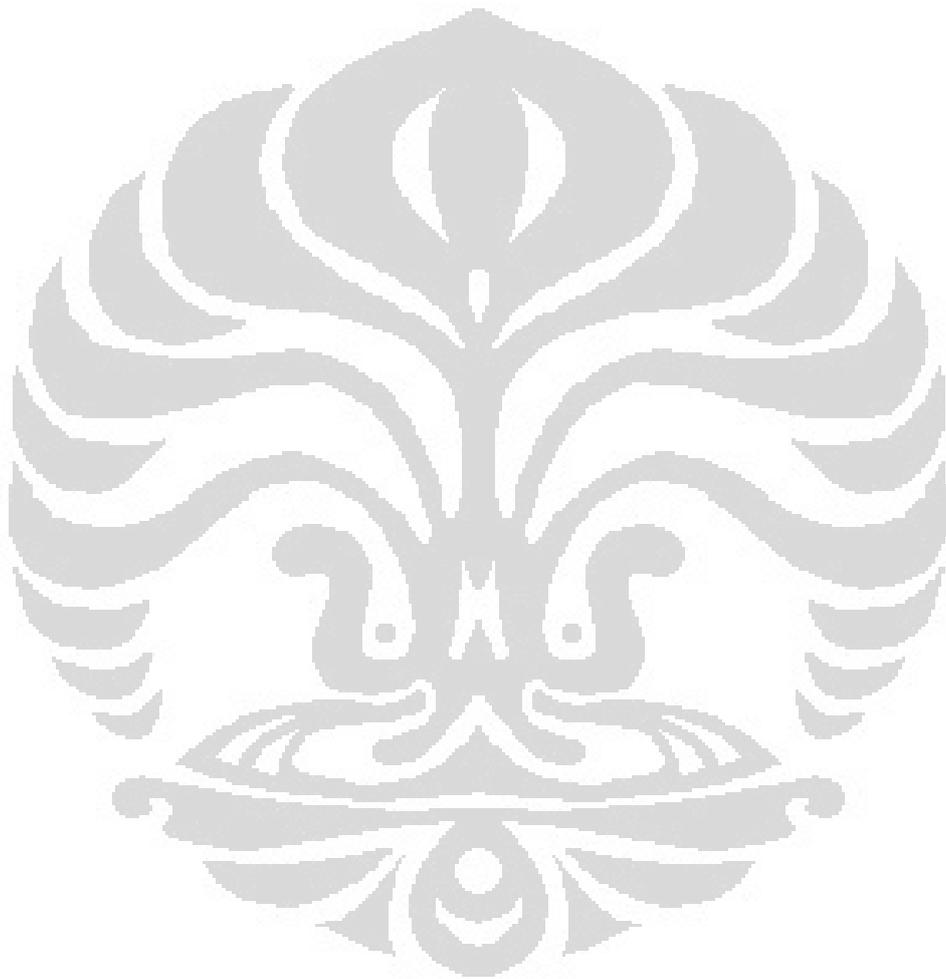
Name : Vanbrori M.

Student Number : 0806329685

Signature : 

Date : July 6<sup>th</sup>, 2012





## **KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH**

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas kasih dan kebesarannya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) M. Ali Berawi, M. Eng. Sc, Phd selaku dosen pembimbing saya yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Pak Sumadi, Pak Lutfi dan Pak Verly yang telah memberikan informasi terkait pelaksanaan penelitian ini
- (3) Nurlija Napitupulu, ibu saya tercinta, yang memberikan seluruh perhatian, dukungan, dan bantuan moral serta material yang tak ternilai harganya;
- (4) Bang Maju, Bang Chandra, Bang Donni, Berlianty dan Rumada, saudara-saudaraku terkasih, yang memberikan perhatian selama saya menjalani perkuliahan ini
- (5) Maringan Hutagalung, Leonardo Situmorang, Franz Sinaga dan Eric Limbong sebagai anggota keluarga Pondok Ingan selama hampir 4 tahun
- (6) Kepada setiap orang yang mungkin secara langsung dan tidak langsung terlibat dalam penyelesaian penelitian ini

Akhirnya, saya percaya bahwa Tuhan Yesus akan memberikan anugerah yang besar untuk setiap kebaikan dan dukungan yang anda berikan. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vanbrori Manurung  
NPM : 0806329685  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

/ Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

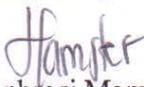
Analisis Aplikasi *Lean Construction* Untuk Mengurangi Limbah Material Pada Proyek Konstruksi Jembatan (Studi Kasus Perusahaan Precast) beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

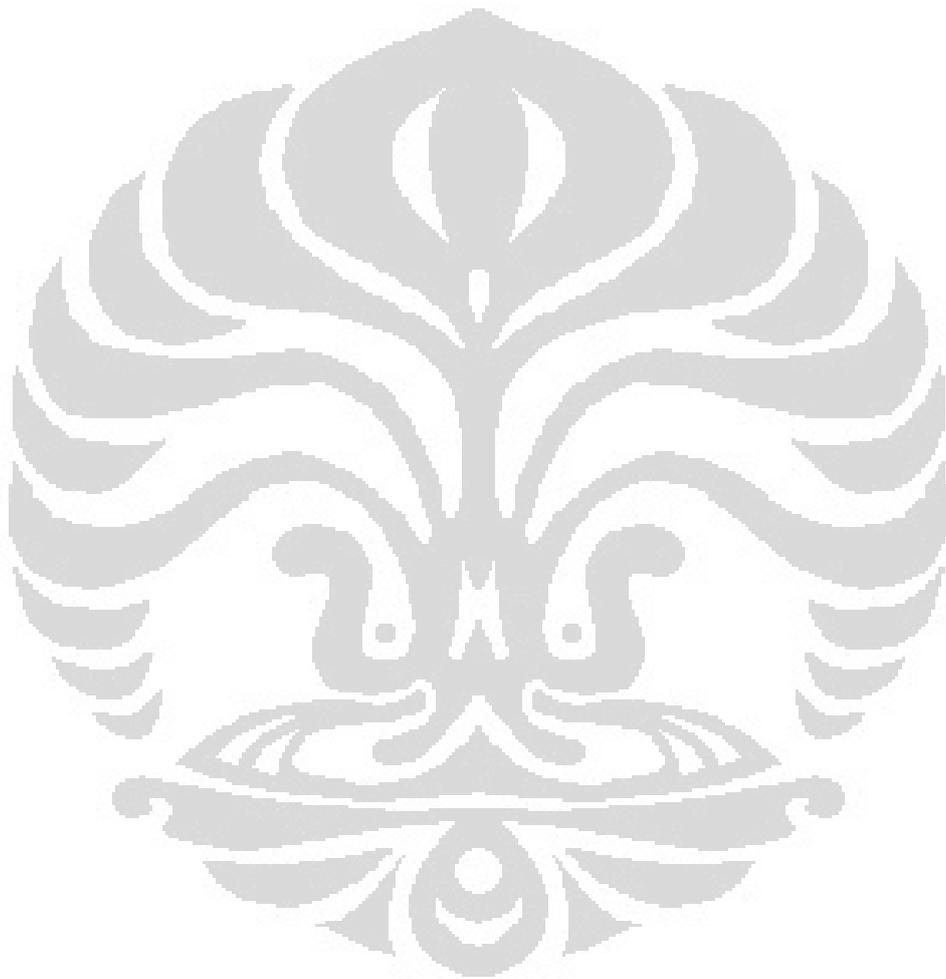
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 6 Juli 2012

Yang menyatakan,

  
( Vanbrori Manurung )



## ABSTRAK

Nama : Vanbrori Manurung  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Analisis Aplikasi *Lean Construction* Untuk Mengurangi Limbah Material Pada Proyek Konstruksi Jembatan (Studi Kasus Perusahaan Precast)

Skripsi ini membahas tentang jumlah limbah beton dan besi yang dihasilkan pada tahap pabrikan di Plant Precast serta meneliti proses-proses yang menjadi penyebab timbulnya limbah tersebut. Skripsi ini juga membahas implementasi konsep *Lean Construction* dalam proyek konstruksi jembatan dan pengaruh yang dapat diberikan konsep ini dalam minimisasi limbah konstruksi. Penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan metode studi kasus dan juga melalui wawancara tidak terstruktur untuk mencari semua informasi yang sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Last Planner System*. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa *lean construction* memberikan pengaruh terhadap pengurangan penghasilan limbah.

Kata kunci: Limbah Material, Jembatan, *Precast*, *Lean Construction*, *Last Planner System*

## ABSTRACT

Name : Vanbrori Manurung  
Study Program : Civil Engineering  
Title : Analysis Lean Construction Application To Reduce Material Waste At Bridge Construction Project

This thesis discusses the amount of concrete and steel waste that are produced at the manufacturing stage in Precast Plant as well as examine the processes that cause the generation of waste. This thesis also discusses the implementation of Lean Construction concept in bridge construction projects and the influence of this concept in for waste minimization in construction processes. The study was a qualitative research using study case method and also through unstructured interviews to seek information according to the approach used in this research that Last Planner System. This result of this research proving lean construction contribution for reducing waste.

Keyword: Material waste, bridge, precast, lean construction, last planner system

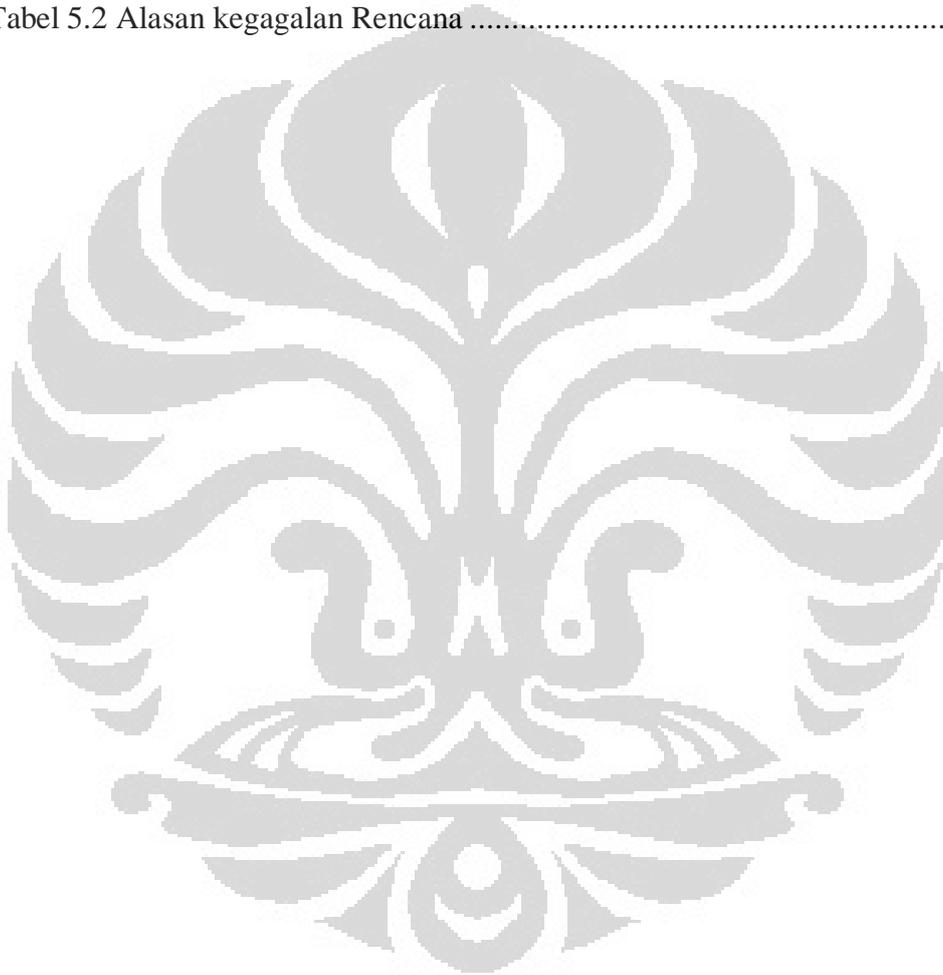
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
ABSTRAK/ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Perumusan masalah.....	5
1.2.1 Deskripsi masalah .....	5
1.2.2 Signifikansi masalah .....	5
1.2.3 Rumusan masalah .....	6
1.3 Tujuan dan manfaat penelitian .....	6
1.3.1 Tujuan penelitian.....	6
1.3.2 Manfaat penelitian.....	6
1.4 Batasan penelitian.....	7
1.5 Keaslian penelitian.....	7
1.6 Sistematika penulisan.....	10
<b>2. LANDASAN TEORI.....</b>	<b>12</b>
2.1 Pendahuluan .....	12
2.2 Lean Construction.....	16
2.2.1 Sejarah.....	16
2.2.2 Defenisi.....	16
2.2.3 <i>Lean Principles</i> .....	19
2.3 Waste.....	23
2.3.1 Definisi .....	23
2.3.2 Material waste.....	26
2.3.3 Jumlah limbah material dalam konstruksi dan pengelolaannya .....	27
2.4 Aplikasi lean construction untuk mengurangi limbah .....	30
2.4.1 Last Planner System.....	30
2.4.2 <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> .....	34
2.4.3 Penjadwalan.....	36
2.5 Kesimpulan.....	39

<b>3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>40</b>
3.1 Pendahuluan .....	40
3.2 Kerangka berpikir .....	40
3.4 Metode penelitian .....	42
3.5 Teknik pengumpulan data .....	43
3.6 Analisis data .....	46
3.6.1 Analisi data kualitatif .....	46
3.6.2 Analisis data kuantitatif .....	47
<b>4. PELAKSANAAN PENELITIAN .....</b>	<b>48</b>
4.1 Deskripsi perusahaan .....	48
4.1.1 Deskripsi Perusahaan A .....	48
4.1.2 Deskripsi Perusahaan B .....	50
4.2 Pelaksanaan penelitian .....	51
4.3 Evaluasi Pelaksanaan Penelitian .....	52
<b>5. ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>54</b>
5.1 Analisa Aliran Produksi .....	54
5.1.1 Tahap persiapan .....	56
5.1.2 Tahap persiapan .....	56
5.1.3 Peralatan produksi .....	61
5.1.4 Tahapan produksi girder segmental .....	61
5.1.5 Metode pengecoran .....	62
5.1.6 Analisis .....	62
5.2 Analisa Produksi .....	64
5.2.1 Perencanaan Pekerjaan ( <i>Planing</i> ) .....	64
5.2.2 Pengukuran PPC .....	65
5.3 Analisa Limbah .....	66
5.3.1 Beton .....	67
5.3.2 Besi .....	68
5.4 Temuan .....	68
<b>6. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>
6.1 Kesimpulan .....	71
6.2 Saran .....	72
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>73</b>
<b><u>DAFTAR PUSTAKA</u> .....</b>	<b>77</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan antara Metode Konstruksi cara tradisional dan cara Industrialisasi.....	3
Tabel 2.1 Rekapitulasi jembatan menurut tipe material .....	14
Tabel 2.2 Limbah yang dihasilkan dalam konstruksi .....	27
Tabel 2.3 Jumlah Timbulan limbah di beberapa negara .....	28
Tabel 3.1 Stategy relevan untuk situasi berbeda dalam penelitian.....	42
Tabel 4.1 Rekapitulasi Nara Sumber .....	52
Tabel 5.1 PPC.....	65
Tabel 5.2 Alasan kegagalan Rencana .....	66

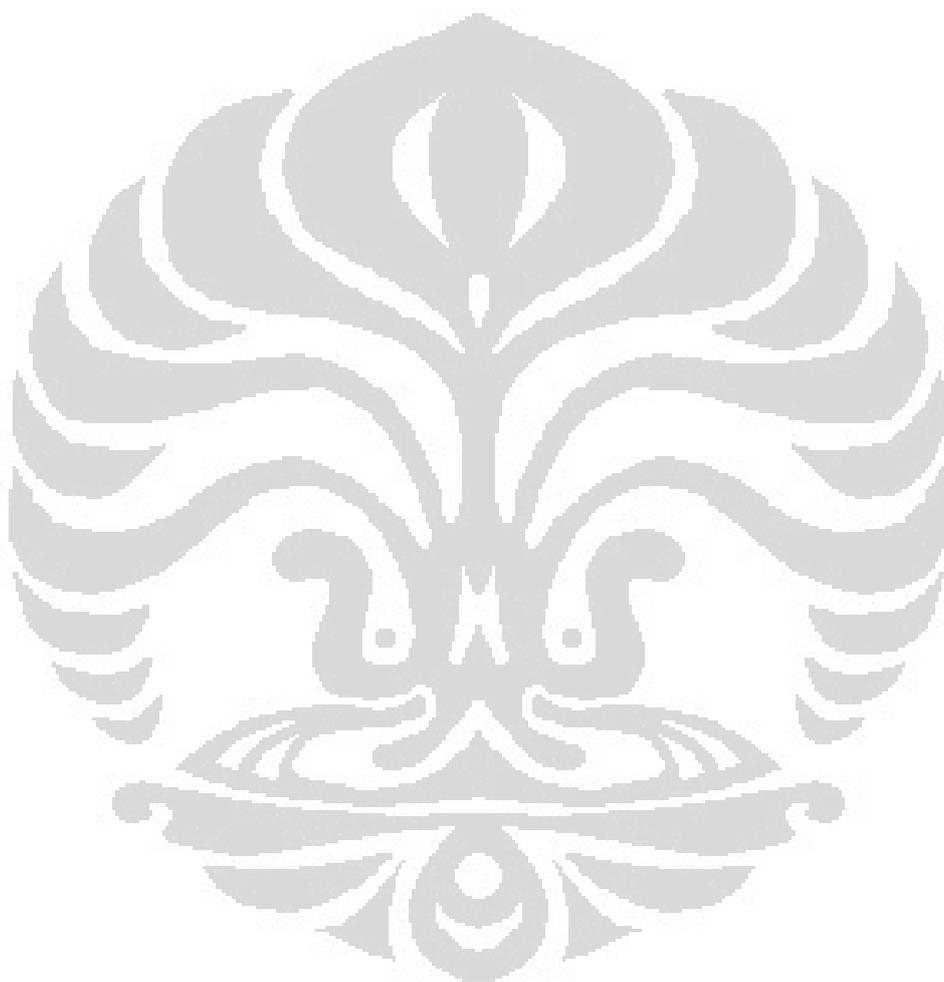


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Lean Project Delivery System</i> .....	23
Gambar 2.2 Penyebab terjadinya Non-completion Pekerjaan.....	26
Gambar 2.3 <i>Last Planner System Methodology</i> .....	32
Gambar 2.4 The formation of assignments in the Last Planner planning process.....	33
Gambar 2.5 Membuat WBS: Inputs, Tools & Techniques and Outputs, PMBOK 3Ed .....	34
Gambar 3.1 Kerangka berpikir .....	41
Gambar 5.1 Diagram Alir Produksi Girder .....	55
Gambar 5.2 Perangkaian tulangan U-girder .....	56
Gambar 5.3 Pemasangan cetakan PC-U girder .....	57
Gambar 5.4 Pengecoran .....	58
Gambar 5.5 Proses Curing .....	58
Gambar 5.6 Demoulding PC-U girder .....	59
Gambar 5.7 Pengangkutan ke stok area .....	60
Gambar 5.8 Pemberian Label .....	60
Gambar 5.9 Contoh Defect dan masih bisa diperbaiki .....	69
Gambar 5.10 Diagram alir Produksi precast baru .....	70
Gambar 6.1 Pembersihan cetakan.....	81
Gambar 6.2 Pabrikasi Tulangan .....	81
Gambar 6.3 Pengecekan Slump.....	82
Gambar 6.4 Pengecoran .....	82
Gambar 6.5 Pengecekan Kualitas .....	83
Gambar 6.6 Pengiriman PC-U Girder.....	83
Gambar 6.7 Delivery Stressing Installation PC-U Girder.....	84
Gambar 6.8 Limbah Besi .....	84
Gambar 6.9 Limbah Beton .....	85
Gambar 6.10 Limbah Campuran Beton Segar .....	85

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Foto Lapangan .....	81
Lampiran 2. Daftar Pertanyaan .....	86
Lampiran 3. Form Data Nara Sumber.....	89
Lampiran 4. Kapasitas Produksi.....	90



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Proyek konstruksi melibatkan banyak peserta (*multiparties*) untuk melakukan kegiatan-kegiatan yang direncanakan. Masing-masing peserta saling berinteraksi satu sama lain hingga semua pekerjaan yang dijadwalkan selesai. Semua bertindak untuk kepentingan mereka sendiri, berusaha untuk mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja, peralatan, dan material yang mereka sediakan. Untuk itu diperlukan pendekatan untuk membawa kepentingan masing-masing *stakeholder* dalam keselarasan dengan janji-janji kepada pelanggan (*costumer*).

Setiap proyek adalah berbeda (*unique*) dalam hal spesifikasi desain, metode, administrasi, dan orang-orang yang terlibat (Duncan, 1996)[1]. Metode yang dipilih untuk digunakan selama proses pelaksanaan proyek konstruksi akan memberikan gambaran jelas sumber daya yang harus tersedia. Dalam dunia konstruksi yang kompetitif, mengurangi biaya dalam upaya untuk meningkatkan daya saing pasar dan keuntungan adalah tujuan yang umum di antara semua perusahaan konstruksi (Gouet, Haas, & Goodrum, 2011)[2]. Tiga metrik yang paling umum untuk menggambarkan produktivitas adalah faktor produktivitas atau tingkat unit (rasio biaya tenaga kerja, material, dan peralatan untuk unit output); produktivitas tenaga kerja (rasio jam kerja ke unit output), dan faktor produktivitas (rasio jadwal untuk jam kerja sebenarnya).

Produktivitas di sektor konstruksi mengalami perkembangan negatif dibandingkan dengan industri manufaktur. Tingkat inovasi dalam sektor ini terlalu rendah, dianggap oleh banyak orang, sehingga diperlukan upaya untuk memperbaikinya. Produktivitas erat kaitannya dengan tercapainya sejumlah sejumlah unit produksi pada suatu waktu tertentu. Produktifitas berimplikasi kepada durasi yang dibutuhkan. Metode yang tepat berarti produksi lebih banyak dan atau biaya lebih murah dengan tetap menjadikan kualitas sebagai constrain yang harus terpenuhi (Nugroho, 2012)[3].

Dalam buku *Total Construction Management Project* (Rizt, 1994)[4], menjelaskan bahwa perencanaan yang matang sebelum proyek dilaksanakan. Dalam fase perencanaan proyek beberapa area utama untuk dikontrol adalah:

1. Budget proyek (*the money plan*)
2. Jadwal proyek (*the time plan*)
3. Standar kualitas (*quality standards*)
4. Sumber material dan pengiriman (*material resources and delivery*)
5. Persediaan tenaga kerja dan produktifitas (*labor supply and productivity*)
6. Proyeksi aliran kas (*cashflow projections*)

Selama proses pelaksanaan suatu proyek ada tiga batasan yang harus dikendalikan yaitu biaya, mutu dan waktu pelaksanaan. Untuk mengendalikan batasan tersebut diperlukan perencanaan pelaksanaan, yaitu: metode kerja pelaksanaan, anggaran pelaksanaan, jadwal pelaksanaan dan anggaran kas. Seberapa besar pun usaha yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi, selama proses konstruksi tersebut berlangsung maka akan tetap menghasilkan limbah. Tidak ada metode yang akurat yang telah dikembangkan untuk mengukur timbulnya limbah di Indonesia.

Jumlah material yang terbuang atau limbah menjadi perhatian para pelaksana konstruksi dikarenakan hampir semua material baku sebagai input konstruksi merupakan bahan yang dihasilkan dari sumber yang tidak dapat diperbaharui (Ekanayake & Ofori, 2000)[5]. Tanggung jawab untuk mengeliminasi limbah tidak hanya mengandalkan *Project Manager*, tetapi juga klien, konsultan, suppliers, mandor dan pekerja (Alwi, Hampson, & Mohamed, 2002)[6].

Metode konstruksi ditinjau dari penggunaan material dan tenaga kerja yang diperlukan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: metode konstruksi cara tradisional (*Traditional Construction Method*) dan metode konstruksi cara industri (*Industrialized Construction Method*) (Tunafiah, 2003)[7]. Efeknya terhadap penghematan biaya menghasilkan nilai yang tidak sama. Metode Konstruksi cara tradisional menyangkut penggunaan dan pembuatan material

di *site* yang dikerjakan oleh tenaga kerja terdidik (*skilled labour*) dan tenaga kerja semi terdidik (*semi skilled labour*). Metode kerja cara industri meliputi proses ereksi dari komponen produk pabrik di *site* dan biasanya dikerjakan oleh tenaga kerja semi terdidik (*semi skilled labour*), dapat dibandingkan seperti tabel 1.1.

Tabel 1.1 Perbandingan antara Metode Konstruksi cara tradisional dan cara Industrialisasi

Metode Konstruksi	
	Metode Konstruksi Cara Tradisional
Keuntungan-keuntungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinsip-prinsip konstruksi harus diuji dengan benar;</li> <li>• Kemungkinan. lebih besar untuk melakukan percobaan terhadap desain;</li> <li>• Para pengguna gedung umumnya lebih terbiasa dengan metode konstruksi ini;</li> </ul>
Keuntungan-keuntungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spesifikasi / gambar sudah standar;</li> <li>• Kondisi sosial di pabrik lebih baik daripada di lapangan;</li> <li>• Elemen dan/atau komponen pabrikasi dalam kondisi terkontrol;</li> </ul>
Keuntungan-keuntungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urnumnya lebih mudah disesuaikan;</li> <li>• Fleksibel dalam tolefansi selama pelaksanaan;</li> <li>• Tidak memerlukan kontrol kualitas yang tinggi.</li> </ul>
Kekurangan-kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spesifikasi/gambar kerja bervariasi untuk setiap proyek;</li> <li>• Pekerjaan bisa panjang terhadap serangkaian tawar menawar;</li> <li>• Pekerjaan di lapangan tergantung material yang tersedia;</li> <li>• Material baru dan beberapa komponen yang terletak di site bisa rusak;</li> </ul>
Kekurangan-kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem produksi yang diinginkan dalam jumlah besar apabila ada permintaan pasar juga besar dan ada kebijakan ekonomi dari pemerintah;</li> <li>• Desain dalam jumlah besar tergantung proses manufaktur dan sisi estetika menjadi pertimbangan kedua;</li> <li>• Proses pelaksanaan pabrikasi monoton terhadap para pekerja;</li> <li>• Membutuhkan biaya lebih besar untuk transpotasi elemen/ komponen).</li> </ul>

Table 1.1 (Sambungan)

Kekurangan-kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerjaan di lapangan sering dalam kondisi yang buruk;</li> <li>• Kondisi sosial di lapangan sering di bawah standar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biasanya dibutuhkan kontraktor “spesialis” lapangan;</li> <li>• Akurasi elemen/komponen memerlukan kehati-hatian dalam <i>setting out</i>, <i>assembly</i> dan <i>site control</i>;</li> <li>• Tidak lebih murah daripada metode konstruksi tradisional meskipun buruh yang dipakai lebih sedikit;</li> <li>• Biasanya memerlukan penyesuaian terhadap biaya gedung.</li> </ul>
-----------------------	---	--

Sumber : Derek Osburn: Introduction To Building, Mitchell’s Building Series, hal.101

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*. Konstruksi Ramping (*lean construction*) merupakan penerapan *Lean Production* yang diterapkan pada industri manufaktur. Prinsip tersebut diterapkan di industri konstruksi memiliki 2 tujuan yang sangat fundamental yaitu meningkatkan *value* dan mengurangi *waste* (Koskela, 1992)[8].

Dalam prakteknya, bagaimanapun, 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 *last planner system* diajarkan untuk digunakan dalam proyek konstruksi.

## 1.2 Perumusan masalah

Perumusan masalah merupakan inti dari suatu penelitian. Dari uraian latar belakang maka dihasilkan rumusan masalah yang akan diketahui penyelesaiannya pada penelitian.

### 1.2.1 Deskripsi masalah

Beberapa dekade terakhir industri manufaktur telah menunjukkan peningkatan prestasinya dalam peningkatan produktivitas. Disaat bersamaan industri konstruksi masih berusaha menghadapi masalah-masalah yang diakibatkan oleh limbah (*waste*) dengan jumlah yang sangat besar (Polat & Ballard, 2004)[9].

Limbah (*waste*) yang ditimbulkan selama proses konstruksi tidak hanya mempengaruhi produktifitas proyek, tetapi juga mempengaruhi lingkungan secara negatif atau dengan kata lain memberi dampak yang tidak baik terhadap lingkungan disekitarnya. Untuk itu perlu diadakannya tindakan efisiensi penggunaan material untuk mengurangi limbah material di proyek konstruksi. *Lean construction* sebagai sistem dengan inovasi dan fundamental yang sesuai untuk diaplikasikan dalam proyek diharapkan mampu mengidentifikasi sumber-sumber limbah dalam proses konstruksi.

### 1.2.2 Signifikansi masalah

Jembatan beton pratekan (*Prestressed Concrete*) merupakan tipe jembatan yang paling banyak digunakan, utamanya untuk alasan pengurangan waktu konstruksi, penghematan biaya selama usia rencana dan performa yang sempurna (Chagnon & Lounis, 2006)[10]. Rekapitulasi Panjang Jembatan Nasional Menurut BMS Tahun 2009 berdasarkan Jenis Konstruksi Jembatan (Hasil Filterisasi Dengan Ruas Jalan Nasional Menurut KEPMEN NO.376/KPTS/M/2004) menunjukkan lebih dari 50% panjang menggunakan girder. Beton adalah material yang paling banyak digunakan setelah air dan berfungsi sebagai komponen kritis untuk pembangunan infrastruktur yang dibutuhkan untuk social dan pengembangan ekonomi tetapi juga membawa dampak negative terhadap lingkungan (Henry & Kato, 2012 ) [11]. Di

Indonesia, hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*), yang pada umumnya dipadu dengan baja atau jenis lainnya (Mulyono, 2004)[12].

Limbah material yang dihasilkan selama pelaksanaan proyek konstruksi menyumbangkan dampak negatif yang sangat besar pada lingkungan juga secara langsung berpengaruh pada produktivitas proyek. Untuk itu diperlukan sistem yang dapat mengatur aliran pekerjaan sehingga menghasilkan efisiensi yang berujung pada pengeliminasian limbah. Oleh karena itu, akan dilakukan studi *Last Planner System* untuk mengetahui proses-proses pekerjaan yang menghasilkan limbah sehingga proses tersebut dapat dievaluasi untuk dapat dilakukan tindakan yang sesuai untuk mengeliminasi limbah.

### 1.2.3 Rumusan masalah

Maka rumusan masalah yang harus dijawab pada penelitian ini adalah

1. Proses-proses apa saja yang menghasilkan limbah selama proses konstruksi jembatan pada perusahaan precast?
2. Jenis-jenis limbah material dalam konstruksi jembatan pada perusahaan precast yang diidentifikasi dengan teknik *lean construction*?

## 1.3 Tujuan dan manfaat penelitian

### 1.3.1 Tujuan penelitian

1. Mengidentifikasi proses yang menghasilkan limbah (sumber limbah) pada perusahaan precast
2. Mengevaluasi jenis limbah yang dihasilkan dalam proyek konstruksi jembatan pada perusahaan precast dengan menggunakan teknik *lean construction*

### 1.3.2 Manfaat penelitian

#### 1.3.2.1 Bagi Penulis

Dapat dijadikan sebagai penambah wawasan dan pengetahuan mengenai konsep yang dapat diimplementasikan dalam konstruksi. Terutama *lean*

construction yang sekarang masih banyak dipelajari baik secara teori maupun praktis.

#### 1.3.2.2 Bagi institusi

Dapat dijadikan masukan dan pembelajaran konsep “Lean” untuk menambahkan nilai produk dan untuk mengurangi limbah (*material waste*) dalam proyek konstruksi.

#### 1.3.2.3 Bagi peneliti lain

Dapat dijadikan masukan atau referensi untuk penelitian selanjutnya.

### 1.4 Batasan penelitian

Penelitian ini akan mengidentifikasi pekerjaan-pekerjaan yang menghasilkan limbah (*material waste*) dalam pelaksanaan pekerjaan struktur konstruksi jembatan yaitu proses pabrikasi girder dengan metode precast.

### 1.5 Keaslian penelitian

Penelitian serupa mengenai konstruksi ramping dan kaitannya terhadap timbulan limbah material berwujud padat pada tahap pelaksanaan struktur atas di proyek pembangunan gedung bertingkat telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti di Indonesia antara lain:

1. Budi Santosa, dalam tesisnya untuk mencapai gelar Master S-2 Teknik Sipil Universitas Indonesia di tahun 2004 dengan judul "*Identifikasi Sumber dan Penyebab Terjadinya Material Limbah Konstruksi serta Potensi Reduksi pada Proyek Pembangunan Perumahan di Jabotabek*". Penelitian ini membahas analisis mengenai sumber dan penyebab terjadinya timbulan limbah pada proyek pembangunan perumahan dan uraian mengenai kontribusi dari komposisi material limbah konstruksi. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini secara kualitatif dan kuantitatif dan pendekatan yang digunakan adalah observasi langsung ke lapangan, pengamatan melalui literatur, penyebaran kuesioner dan wawancara terhadap pihak-pihak yang terkait. Analisis

yang digunakan untuk menguji variabel didalam penelitian ini disajikan dalam bentuk matrik, dan analisis korelasi momen produk untuk mempelajari hubungan antar dua variabel yang kemudian dilanjutkan dengan analisis signifikansi untuk menguji berlaku atau tidaknya suatu hubungan di dalam populasi yang diukur. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa limbah konstruksi memiliki kontribusi yang signifikan terhadap timbulan limbah dan reduksi atau minimalisasi limbah konstruksi hanya akan efektif apabila faktor-faktor penyebab sumber limbah dapat diidentifikasi dengan benar

2. Gunawan, dalam skripsinya untuk mencapai gelar S-1 Teknik Sipil Universitas Indonesia di tahun 2006 dengan judul "*Optimasi Manajemen Material Guna Meminimalkan Limbah Konstruksi dalam Multiple Project (Studi Kasus: PT Civil Work Craft)*". Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini ialah mengidentifikasi penerapan manajemen material dan manajemen limbah konstruksi yang dilaksanakan oleh kontraktor berskala kecil di Jakarta. Metode yang dipilih ialah pendekatan studi kasus. Penulis melakukan pendekatan ini di PT Civil Work Craft. Dengan menggunakan metode studi kasus, penelitian ini memperoleh data kualitatif dari penerapan manajemen limbah konstruksi yang dilakukan kontraktor. Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi manajemen limbah konstruksi dalam sebuah proyek konstruksi dapat diindikasikan dari strategi yang dilakukan kontraktor dalam manajemen material, seperti kegiatan penyimpanan, kegiatan penanganan dan distribusi, manajemen lokasi, penerapan *reuse* dan *recycling* dan manajemen dalam pembuangan (*disposal*). Dari hasil penelitian tersebut juga didapatkan bahwa PT Civil Work Craft telah melaksanakan langkah-langkah dalam penerapan manajemen material dan limbah konstruksi dengan cukup baik.
3. Fitriyah, dalam skripsinya untuk mencapai gelar Sarjana S-1 Teknik Industri Universitas Indonesia di 2009 dengan judul "*Aplikasi Lean Construction pada Sub-kontraktor Bekisting untuk Meminimasi Waste dan Memaksimalkan Nilai Tambah*". Penelitian ini dilakukan untuk

mengidentifikasi pemborosan yang terjadi dan menganalisis penyebab dari pemborosan yang terjadi serta untuk mengetahui aktifitas-aktifitas yang memberikan nilai tambah atau yang tidak bernilai pada pekerjaan bekisting dengan studi kasus di lokasi proyek *Pakubuwono Development Project Tower B* dan subkontraktor dari PT. Putracipta Jayasentosa. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan ialah studi pustaka dan lapangan dengan *tools* berupa *Value Stream Map* dan *5S/5R*. Penelitian ini menemukan bahwa penyebab terjadinya penambahan durasi waktu saat pengadaan material sebagai salah satu aktivitas dalam tahap bekisting ialah terletak pada proses persetujuan pengadaan material dari direktur. *Waste* yang dihasilkan dari kegiatan ini ialah *waiting*, *over processing*, dan *transportation*. Untuk proses pengerjaan tiga *item* bekisting kolom, *core wall*, dan plat lantai pekerjaan yang tidak memberi nilai tambah ialah berupa:

- Pemotongan *plywood*. Pekerjaan ini tidak memberikan nilai tambah karena dilakukan di lantai kedua setelah lantai sebelumnya dilakukan pemotongan *plywood* (*over processing*).
- Pemotongan kayu, seperti *plywood*, pekerjaan ini tidak bernilai tambah karena pada lantai berikutnya dapat menggunakan material yang telah dipotong sesuai ukuran dan diberi kode.

*Waste* yang dihasilkan pada proses pekerjaan bekisting kolom dan *core wall* dari kegiatan pemotongan dan pemasangan *plywood*, *marking* kolom dan pemasangan sepatu kolom ialah *waiting* dan *overprocessing*.

4. Budi, dalam skripsinya untuk mencapai gelar Sarjana S-1 Sipil Universitas Indonesia di 2011 dengan judul "*Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Waktu Konstruksi Yang Dianalisa Dengan Konsep Lean Construction*". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berdampak terhadap jadwal proyek dan bisa menyebabkan keterlambatan waktu konstruksi di proyek mall x serta kegiatan-kegiatan mana saja di dari faktor-faktor tersebut yang dapat diminimalikan dnegan menggunakan prinsip lean construction di proyek

mall x. sehingga penelitian yang dilakukan menggunakan metode deskriptif melalui deskriptif analisis, studi kasus, survey dan wawancara. Analisa data yang diperoleh dari survey kuesioner, kemudian data tersebut dianalisa yaitu dengan menggunakan program statistic spss v. 17. Dari analisa penelitian yang dilakukan, maka faktor-faktor yang berdampak terhadap jadwal proyek dan bisa menyebabkan keterlambatan waktu konstruksi di proyek mall x antara lain faktor pekerja, material, peralatan, sumber daya personel, pengendalian, kesalahan metode, komunikasi dan keuangan. Kemudian kegiatan yang dapat diminimalisasi antara lain kurangnya jumlah tenaga kerja, kurangnya komunikasi dalam bekerja dan keterlambatan pengiriman, ketidaksesuaian spesifikasi peralatan, ketidaksediaan sumber daya, kurangnya fasilitas, kurangnya alokasi dana.

## **1.6 Sistematika penulisan**

Skripsi ini disusun dalam 5 bab, dengan sistematika dan kerangka penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, signifikansi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, keaslian penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Berisi uraian mengenai teori yang berhubungan dengan penelitian agar dapat memberikan gambaran umum tentang “*lean construction*” dalam pelaksanaan konstruksi, menjelaskan tentang “*waste*” yang dimaksudkan dalam penelitian ini dan menjelaskan tentang penjadwalan serta menjelaskan hubungan ketiganya.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Berisi mengenai pemilihan metode penelitian, proses penelitian, teknik pengumpulan data, model keputusan, variable penelitian dan skala penelitian, serta cara menganalisa data.

#### BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN

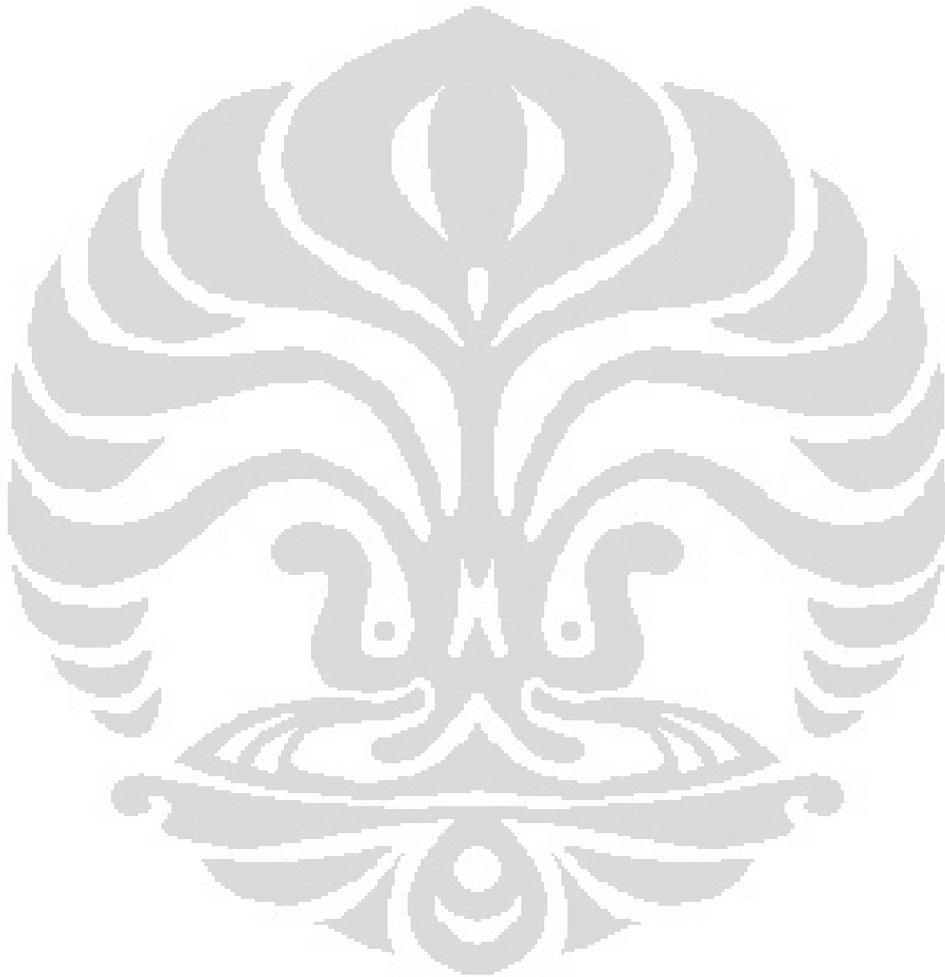
Berisi uraian mengenai proses pelaksanaan penelitian

#### BAB V PEMBAHASAN

Berisi uraian mengenai penjabaran analisa dan hasil pengolahan data

#### BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dan saran dari penelitian ini.



## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **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 (Kementrian Permukiman Dan Prasarana Wilayah , 2003)[13].

Industri konstruksi dalam garis besarnya dapat dibagi menjadi empat bagian berdasarkan jenis-jenis pekerjaan dan rancangan yang berbeda-beda. Menurut Barrie dan Paulson (1995) [14] 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 pangsaportan

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 teknis/spesifikasi teknik yang disyaratkan. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi tersebut kontraktor dapat menentukan sistem yang akan digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.

Menurut Laporan ASTM bahwa revolusi automobile mencetuskan sebuah virtual yang mencengangkan dalam konstruksi jembatan dan mendukung beberapa proyek teknik yang paling spektakuler dalam sejarah. Jembatan beton prestressed telah populer dan segera meliputi sekitar dua per tiga dari semua jembatan dengan span 18 dan 36 m. Beberapa metode lain dan contoh dari sistem continuous precast girder dilaporkan dalam beberapa literature (Lounis, Mirza, & Cohn, 1997)[15].

Konstruksi jembatan precast secara khas terdiri dari pabrikasi elemen jembatan di luar area proyek dan mengirimkan elemen-elemen tersebut ke lokasi proyek siap untuk ereksi. Proses ini bisa termasuk keseluruhan sistem

struktur atas (*superstructure*) dan sistem struktur bawah (*substructure*) atau elemen dari tiap sistem. Ada banyak sistem struktur atas prefabrikasi yang meliputi kedua prefabrikasi dan pengecoran elemen di lokasi (*cast-in-place/CIP*). Konstruksi jembatan dengan sistem prefabrikasi telah dikembangkan karena memiliki beberapa keuntungan dari pada menggunakan konstruksi jembatan konvensional termasuk kecepatan ereksi dan meningkatkan kualitas karena pabrikasi dilakukan di *plant*. Bagaimanapun, banyak sistem sekarang ini memiliki isu-isu, seperti pengembangan *cracking* yang dapat mengurangi keuntungan dari sistem ini. Sehingga, sistem baru tetap harus dikembangkan untuk menghasilkan sistem dengan meningkatkan durabilitas (Bell, Shield, & French, 2006)[16].

Tabel 2.1 Rekapitulasi jembatan menurut tipe material

No.	Provinsi	Jumlah Jembatan			
		(Unit)	Box Cufvert	Gelagar	Rangka
1	Nanggroe Aceh Darussalam	20.27	40.72	11.99	27.02
2	Sumatera Utara	12.21	42.68	6.56	38.55
3	Sumatera Barat	10.74	53.04	11.54	24.68
4	Riau	34.14	45.92	13.29	6.65
5	Kepulauan Riau *)	0	0	0	0
6	Jambi	55.48	25.48	15.16	3.87
7	Bengkulu	10.51	26.11	26.75	36.62
8	Sumatera Selatan	8.78	60.47	11.82	18.92
9	Bangka Belitung	3.64	84.55	4.55	7.27
10	Lampung	18.76	54.16	4.04	23.04
11	DKI Jakarta	0	0	0	0
12	Banten	4.44	42.31	5.03	48.22
13	Jawa Barat	11.84	15.12	5.17	67.86
14	Jawa Tengah	3.53	32.36	5.06	59.05
15	D J. Yogyakarta	10.07	63.31	5.04	21.58
16	Jawa Timur	3.93	30.89	5.28	59.89
17	Kalimantan Barat	0	52.45	19.12	28.43
18	Kalimantan Tengah	3.93	79.36	7.86	8.85
19	Kalimantan Timur	31.53	37.8	10.51	20.17
20	Kalimantan Selatan	34.9	40.44	10.74	13.93
21	Bali	0	41.24	4.9	53.87
22	Nusa Tenggara Barat	2.38	58.04	8.04	31.55
23	Nusa Tenggara Timur	0.33	60.1	8.05	31.53

Tabel 2.1 Rekapitulasi jembatan menurut tipe material (sambungan)

24	Sulawesi Utara	0.77	47.17	8.73	43.34
25	Gorontalo	0.61	51.67	12.16	35.56
26	Sulawesi Tengah	13.54	37.48	7.98	41
27	Sulawesi Barat	20.87	38.19	19.29	21.65
28	Sulawesi Selatan	24.21	32.63	7.05	36.11
29	Sulawesi Tenggara	0	48.58	5.66	45.75
30	Maluku	1.75	51.12	10.72	36.41
31	Maluku Utara	279	77.09	3.91	16.2
32	Papua	5.79	59.94	21.28	12.99
33	Papua Barat	5.43	74.46	15.22	4.89
	Total Indonesia	17.51	68.03	14.46	55.77

Sumber : Subdit Data dan Informasi, Direktorat Bina Program, Bina Marga, Dep.

PU, 2009

Tabel diatas menunjukkan bahwa penggunaan girder untuk konstruksi jembatan di Indonesia sangat besar. Di tiap-tiap propinsi persentase dari penggunaan girder cukup besar dan setelah di total dari keseluruhan penggunaan girder ini mencapai 68.03% dari panjang jembatan di seluruh Indonesia. Angka ini sangat dimungkinkan muncul karena panggunaan girder precast memberikan keuntungan selama pelaksanaan proyek konstruksi jembatan tersebut.

Menurut Nurjannah (2011)[17] pemilihan sistem beton pracetak adalah karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem struktur beton yang dicor di tempat, yaitu:

1. Pelaksanaan pekerjaan di lapangan dapat dilakukan dengan lebih cepat lebih dan lebih mudah sehingga mengurangi masa konstruksi
2. Pelaksanaan lebih cepat sehingga dapat mengurangi biaya konstruksi.
3. Pengontrolan mutu pekerjaan lebih baik karena pengerjaan komponen *frame* dilakukan sebelum pemasangan (instalasi) sebagai struktur bangunan, sehingga kualitas konstruksi lebih terjamin.
4. Mengurangi bahan cetakan dari bahan kayu mendukung pelestarian lingkungan.
5. Mengurangi penggunaan perancah
6. Mengurangi jumlah tenaga kerja di lapangan
7. Kondisi lapangan lebih bersih

## 2.2 Lean Construction

### 2.2.1 Sejarah

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.

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 adding or waste* (harus diselesaikan, namun tidak memberikan nilai atau pemborosan) dan limbah murni (*pure waste*).

### 2.2.2 Defenisi

Howell (1999)[18] menyebutkan bahwa *Lean Construction* menerima kriteria desain sistem produksi Onho sebagai standar dari kesempurnaan. Pendapat umum menyatakan bahwa tujuan dari lean merupakan eliminasi limbah. Banyak tinjauan literatur yang tidak menunjukkan dukungannya bahwa ini merupakan "tujuan utama", tetapi masalah limbah merupakan aspek penting dalam konsep *lean*. (Pettersen, 2008)[19]

Kontruksi ramping, seperti didefinisikan oleh *Lean construction Institute*(LCI), merupakan sebuah sistem produksi yang pelaksanaannya berbasis manajemen ditekankan pada kepercayaan dan kecepatan penyelesaian

nilai. Tujuan dari lean construction adalah membangun proyek sekaligus member nilai, meminimasi limbah dan mencapai kesempurnaan untuk keuntungan semua *stakeholder* (Pinch, 2005)[20]. Menurut Koskela (1992)[21], prinsip manajerial tradisional telah mempertimbangkan konversi saja, atau semua kegiatan telah diperlakukan seolah-olah mereka nilai tambah konversi. Karena prinsip-prinsip manajerial tradisional, proses aliran tidak dikendalikan atau ditingkatkan secara teratur. Hal ini telah menyebabkan aliran proses yang kompleks, tidak pasti dan bingung, ekspansi non-nilai tambah kegiatan dan pengurangan nilai output

Menurut Koskela (1992)[22], Produksi adalah aliran material dan / atau informasi dari bahan baku sampai produk akhir. Dalam aliran ini, bahan yang diproses (dikonversi), itu diperiksa, itu menunggu atau bergerak. Kegiatan ini pada dasarnya berbeda. Pengolahan merupakan aspek konversi produksi; memeriksa, bergerak dan menunggu mewakili aspek aliran produksi. Proses aliran dapat dicirikan oleh waktu, biaya dan nilai. Nilai mengacu pada pemenuhan kebutuhan pelanggan. Dalam kebanyakan kasus, hanya kegiatan pengolahan nilai tambah kegiatan. Untuk aliran material, kegiatan pengolahan perubahan bentuk atau substansi, perakitan dan pembongkaran (Koskela, 1992).[23]

Suatu kegiatan hanya dapat dimasukkan dalam rencana minggu jika kegiatan tersebut siap dikerjakan. Bahkan jika satu saja dari prasyarat tersebut tidak dijamin dan dikendalikan, aktivitas tidak dapat dilaksanakan sesuai rencana, ini mengganggu aliran memerintahkan, ketidakpastian cepat mengalikan dan sistem berputar di luar kendali. Tujuh prasyarat karena itu harus ditafsirkan sebagai arus yang perlu ditangani dengan setidaknya prioritas yang sama sebagai aliran konversi. Kondisi dimana pekerjaan telah siap hanya jika tujuh prasyarat dipenuhi. Prasyarat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penelitian sebelumnya selesai
2. Tempat tersedia
3. Kru tersedia
4. Peralatan yang tersedia
5. Bahan yang tersedia

6. Gambar dan informasi yang tersedia
7. Eksternal keadaan - cuaca, persetujuan, dll

Produktivitas di sektor konstruksi mengalami perkembangan negatif dibandingkan dengan industri manufaktur. Tingkat inovasi dalam sektor ini terlalu rendah, dianggap oleh banyak orang, sehingga diperlukan upaya untuk memperbaikinya. Produktivitas erat kaitannya dengan tercapainya sejumlah sejumlah unit produksi pada suatu waktu tertentu. Produktifitas berimplikasi kepada durasi yang dibutuhkan. Metode yang tepat berarti produksi lebih banyak dan atau biaya lebih murah dengan tetap menjadikan kualitas sebagai constrain yang harus terpenuhi (Nugroho, 2012).[24]

*Lean construction* dapat membantu bisnis untuk bertahan secara lingkungan, social dan ekonomi; ini akan memungkinkan untuk penghematan biaya, menyempurnakan inovasi dan meningkatkan daya saing. Gregory A. Howell, P.E. (1999)[25] menjelaskan perbedaan penerapan umum (*current practice*) dan *lean* melalui table berikut :

Tabel 2.2 Perbandingan Proyek dengan konsep umum dengan Lean

	Umum	Lean
Perencanaan	Mengetahui	Memepelajari
Ketidakpastian	Eksternal	Internal
Kontrol	<i>Tracking</i>	<i>Steering</i>
Koordinasi	Mengikuti perintah	Memebuat dan menepati komitmen
Tujuan dari supervisi	Poin cepat ( <i>point speed</i> )	Mereduksi variasi sistem meningkatkan output
Kontrak komersil	Menampilkan efisiensi sistem produksi untuk keamanan nyata	Menyusun sasaran sistem produksi dengan kepentingan

Sumber : [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org), Presentation materials from 3rd Annual Lean Congress.2001

### 2.2.3 Lean Principles

Prinsip ramping (*lean principle*) merupakan pengembangan dari sebuah teori dicetuskan oleh Koskela (1992)[26]. Terdapat 11 prinsip tentang pemikiran ramping (*lean principle*), yaitu:

1. Eliminasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah.

Tindakan mitigasi dan reduksi terhadap aktivitas-aktivitas yang tidak memberikan nilai bagi konsumen, namun menyebabkan adanya pengeluaran (biaya) dan penambahan waktu pengerjaan. Mengurangi porsi non nilai tambah kegiatan merupakan pedoman mendasar. Mengapa ada non nilai tambah kegiatan di tempat pertama? Sepertinya ada tiga penyebab : desain, ketidaktahuan dan sifat yang melekat pada produksi.

2. Meningkatkan nilai akhir melalui pemenuhan kebutuhan konsumen dan pemilik.

Segala kebutuhan proyek dari konsumen maupun *owner* dilengkapi, sehingga nilai output atau sasaran proyek dapat meningkat. Ini adalah prinsip dasar. Nilai yang dihasilkan melalui pemenuhan persyaratan pelanggan, bukan sebagai prestasi yang melekat pada konversi. Untuk setiap aktivitas ada dua jenis pelanggan, kegiatan berikutnya dan konsumen akhir.

3. Mengurangi variabilitas

Melakukan seleksi variabilitas yang disebabkan oleh perbedaan pandangan terhadap permintaan konsumen maupun pemilik dan/atau kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah. Proses produksi adalah variabel. Ada perbedaan dalam dua item, meskipun mereka adalah produk yang sama, dan sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan mereka (waktu, bahan baku, tenaga kerja) bervariasi.

4. Mengurangi *cycle times*

Aktivitas ini diperlukan untuk mengurangi persediaan inventaris/fasilitas dan desentralisasi dari hirarki suatu organisasi proyek melalui prinsip *just-in-time*, sehingga tidak ada material yang telah tersedia sebelum material tersebut dibutuhkan atau penyediaan material maupun peralatan yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Waktu adalah metrik alami untuk proses aliran. Waktu adalah metrik yang lebih berguna dan universal dari biaya dan kualitas karena dapat digunakan untuk mendorong perbaikan di kedua.

5. Mengurangi langkah kerja.

Tindakan pengurangan komponen-komponen produksi dan langkah-langkah dari proses penyediaan barang/material. Penyederhanaan dapat dipahami sebagai

- a. mengurangi jumlah komponen dalam suatu produk
- b. mengurangi jumlah langkah-langkah dalam aliran material atau informasi

6. Meningkatkan fleksibilitas output

Dengan menggunakan desain awal, kesulitan untuk meminimalisasi perbaikan dan *changeover* bisa dilakukan dan kompetensi dalam bekerja dapat memberi peningkatan produksi yang fleksibel. Pada pandangan pertama, meningkatkan fleksibilitas output yang tampaknya bertentangan dengan penyederhanaan. Beberapa elemen kunci yang modularized desain produk sehubungan dengan penggunaan agresif dari prinsip-prinsip lain, terutama waktu siklus kompresi dan transparansi.

7. Meningkatkan transparansi

Proses yang objektif dan transparan digunakan dalam proses pengendalian dan pengembangan oleh seluruh pekerja, sehingga tidak ada bentuk kecurangan dalam proses produksi. Kurangnya transparansi proses meningkatkan kecenderungan untuk berbuat salah, mengurangi visibilitas kesalahan, dan mengurangi motivasi untuk perbaikan.

8. Fokus pengendalian/kontrol terhadap keseluruhan proyek  
Melalui kemandirian dan fokus terhadap pekerjaan dalam tim, pengendalian selama kegiatan konstruksi menjadi lebih efektif. Ada dua penyebab kontrol aliran tersegmentasi: menelusuri aliran unit yang berbeda dalam organisasi hirarkis atau salib melalui perbatasan organisasi. Dalam kedua kasus, ada risiko suboptimisasi.
9. Membangun perkembangan yang berkelanjutan  
Usaha dalam pembangunan yang berkelanjutan yaitu eliminasi pemborosan dan mitigasi kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah. Upaya untuk mengurangi limbah dan meningkatkan nilai adalah kegiatan internal, incremental, dan berulang, yang dapat dan harus dilakukan secara kontinu.
10. Keseimbangan antara jaringan dan pengembangan kerja.  
Melalui hubungan internal antara jaringan dan pengembangan kerja, pemborosan dapat direduksi dengan signifikan, sebagai contoh biaya peralatan. Melalui prinsip ini, biaya peralatan menjadi semakin kecil namun dengan kapasitas produksi yang sama besar dengan estimasi harga sebelumnya, selain itu fokus terhadap pemenuhan teknologi baru dapat dilakukan. Untuk setiap proses produksi, aspek aliran dan konversi masing-masing memiliki potensi yang berbeda untuk perbaikan. Sebagai aturan,
  - semakin tinggi kompleksitas proses produksi, semakin tinggi dampak peningkatan aliran
  - limbah lebih melekat dalam proses produksi, semakin menguntungkan adalah aliran peningkatan dibandingkan dengan perbaikan konversi
11. *Benchmark*  
Sasaran yang dituju mengacu pada prinsip analisis SWOT (*Strength*/kekuatan, *Weakness*/kelemahan, *Opportunity*/peluang,

*Threat*/tantangan). Hal ini dimaksudkan agar peluang yang ada dapat dimanfaatkan dengan baik dan disinergiskan dengan kekuatan yang ada untuk menutup kelemahan dan menghindari ancaman yang ada. Seringkali benchmarking merupakan stimulus yang berguna untuk mencapai peningkatan terobosan melalui konfigurasi ulang proses radikal. Ini membantu untuk mengatasi sindrom NIH (*Not Invented Here*) dan kekuatan rutinitas tertanam. Dengan itu, kekurangan logis mendasar dalam proses dapat digali.

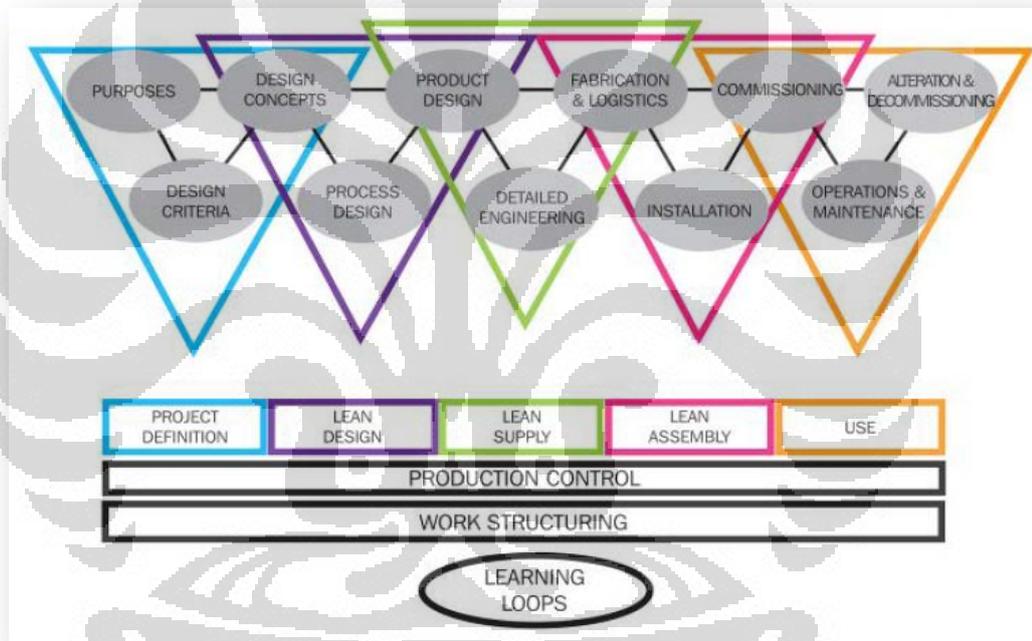
Proyek konstruksi dibagi menjadi kegiatan-kegiatan, jika dikerjakan secara tradisional, dengan kegiatan ditempatkan pada perintah yang logis, dan mengestimasi waktu dan sumber daya kemudian persiapan untuk setiap kegiatan. Untuk mengurangi biaya proyek secara keseluruhan, kontraktor mencoba mengurangi biaya setiap kegiatan sesuai jadwal. *Lean construction* bertujuan untuk mengurangi limbah yang disebabkan oleh aliran kegiatan yang tidak terprediksi. Limbah didefinisikan didalam tujuh kategori: kerusakan, keterlambatan yang diakibatkan menunggu kegiatan mendahului diselesaikan sebelum pekerjaan lain dapat dimulai, proses berlebihan, produksi berlebihan, memelihara persediaan berlebih, transportasi material sia-sia, pergerakan manusia yang tidak perlu.

Karena focus dari *lean* adalah eliminasi limbah dan menambah nilai maka dalam tulisannya Lauren Pinch (2005)[27] 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*

Sumber: Ballard, 2000

## 2.3 Waste

### 2.3.1 Definisi

Limbah (*waste*) telah menjadi masalah yang dianggap besar dalam industri konstruksi. Industri konstruksi Indonesia juga mengalami masalah yang ditimbulkan oleh limbah yang jumlahnya sangat besar. Koskela

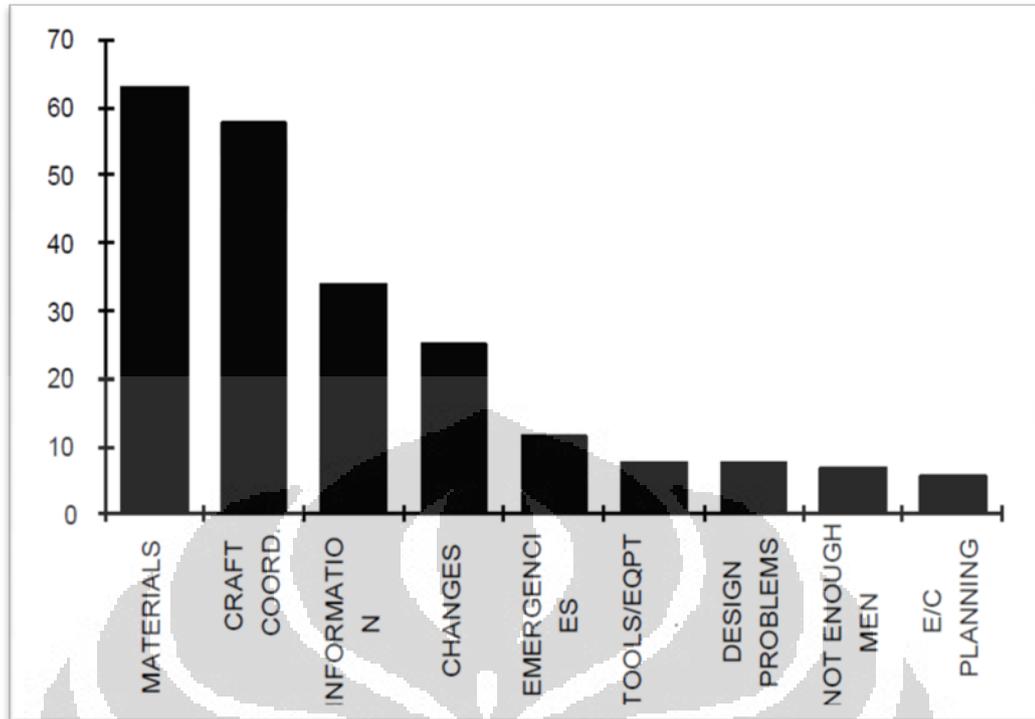
(1992)[28] mendefinisikan limbah sebagai “setiap bentuk inefisiensi sebagai akibat dari penggunaan alat, material, tenaga kerja atau modal dalam jumlah yang besar lebih dari yang seharusnya dalam produksi sebuah bangunan”. *Waste* menjadi alasan yang paling mempengaruhi tidak selesainya pekerjaan dalam proyek seperti gambar berikut.

Secara sederhana limbah dapat didefinisikan sebagai apapun yang tidak memberikan nilai terhadap pesanan pelanggan. Dalam buku *The Toyota Way*, Jeffrey K. Liker [29] menuliskan 8 tipe *waste* yaitu:

1. Produksi berlebihan (*overproduction*). Memproduksi barang-barang yang belum dipesan, akan menimbulkan pemborosan seperti kelebihan tenaga kerja dan kelebihan tempat penyimpanan dan biaya transportasi yang meningkat karena adanya persediaan berlebih.
2. Menunggu (Waktu). Para pekerja hanya mengamati mesin otomatis yang sedang berjalan atau berdiri menunggu langkah proses selanjutnya, alat, pasokan komponen selanjutnya, dan lain sebagainya
3. Transportasi yang tidak perlu. Membawa barang dalam proses (WIP) dalam jarak yang jauh, menciptakan angkutan yang tidak efisien, atau memindahkan material, komponen, atau barang jadi ke dalam atau ke luar gudang atau antar proses.
4. Memproses secara berlebih atau memproses secara keliru. Melakukan langkah yang tidak diperlukan untuk memproses komponen. Melaksanakan pemrosesan yang tidak efisien karena alat yang butuk dan rancangan produk yang buruk, menyebabkan gerakan yang tidak perlu dan memproduksi barang cacat. Pemborosan terjadi ketika membuat produk yang memiliki kualitas lebih tinggi daripada yang diperlukan.
5. Persediaan berlebih. Kelebihan material, barang dalam proses, atau barang jadi menyebabkan *lead time* yang panjang, barang kadaluwarsa, barang rusak, peningkatan biaya pengangkutan dan penyimpanan, dan keterlambatan. Persediaan berlebih juga menyembunyikan masalah seperti ketidakseimbangan produksi, keterlambatan pengiriman dari pemasok, produk cacat, mesin rusak, dan waktu *set up* yang panjang.

6. Gerakan yang tidak perlu. Setiap gerakan karyawan yang mubazir saat melakukan pekerjaannya, seperti mencari, meraih, atau menumpuk komponen, alat dan lain sebagainya. Berjalan juga merupakan pemborosan.
7. Produk cacat Memproduksi komponen cacat atau yang memerlukan perbaikan. Perbaikan atau pengerjaan ulang, scrap, memproduksi barang pengganti, dan inspeksi beranti terhadap penanganan, waktu, dan upaya yang sia-sia.
8. Kreativitas karyawan yang tidak dimanfaatkan. Kehilangan waktu, gagasan, keterampilan, peningkatan, dan kesempatan belajar karena tidak melibatkan atau mendengarkan karyawan.

Dalam konstruksi limbah 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)[30]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap apapun yang tidak member nilai terhadap keinginan pelanggan merupakan limbah.



Gambar 2.2 Penyebab terjadinya Non-completion Pekerjaan

Sumber: Formoso, et al, 2002

### 2.3.2 Material waste

Penggunaan material dalam konstruksi, terutama beton dan besi, selalu dalam jumlah yang sangat besar. Penggunaan material ini secara efisien akan memengaruhi proyek secara keseluruhan. Limbah dalam industri konstruksi perlu diperhatikan bukan semata-mata karena aspek efisiensi saja, tetapi kekuatiran juga berkembang beberapa tahun terakhir mengenai efek merugikan dari limbah material bangunan pada lingkungan. Mengukur limbah merupakan cara yang efektif untuk menilai performa sistem produksi karena itu biasanya mengijinkan menuju area dari perbaikan potensial dan alasan utama identifikasi ketidakefektifan (Formoso, *et al.* 2002)[31].

Penelitian menunjukkan bahwa dalam industri konstruksi limbah material didominasi oleh baja dan semen. Tetapi sebenarnya terdapat banyak variasi limbah material di salah satu area di lokasi proyek. variasi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Limbah yang dihasilkan dalam konstruksi

Materials	Mean	Median	Coefficient of Variability	Coefficient of dispersion	Min	Max	Number of Site
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Steel reinforcement	10.3	10.6	39.5	32.5	4.0	17	12
Premixed Concrete	9.5	8.6	56.8	49.7	2.4	23.3	35
Cement	73.7	45.2	84.6	109.3	6.4	247	41
Sand	47.5	40.7	71.9	67.6	6.8	118	24
Crushed stone	31.3	37.1	61.7	48.4	8.7	56.1	5
Lime	48	32.8	78.3	100.5	6.4	247	11
Premixed mortar	59.8	32.6	116.0	143.2	5.3	207.4	8
Soil (mortar constituent)	182.2	173.9	30.2	35.0	133.9	247.1	4
Ceramic blocks	18	13.8	75.8	76.6	2.0	60.7	53
Concrete blocks	11.3	7.7	98.4	95.8	1.2	43.3	30
Normal bricks	52.2	78.0	74.2	45.7	4.2	82.6	5
Ceramic tiles	15.6	144	74.1	63.0	1.8	49.7	18
Electrical pipes	15.4	15.1	17.1	17.3	12.9	18.1	3
Electrical wires	25	26.7	42.6	40.3	13.9	40.3	3
Hydraulic and sewage pipes	19.9	14.8	84.4	71.8	7.6	56.5	7
Gypsum plaster	45.1	29.5	151.2	223.3	-13.9	119.7	3
Paints	15.3	14.6	43.0	44.6	8.2	23.7	4
Carpet	14.0	14.0	-	-	-	-	1

Sumber : Formoso, Soibelman, De Cesare & Isatto, 2002. Penelitian di Brazil tahun 1996-1998

### 2.3.3 Jumlah limbah material dalam konstruksi dan pengelolaannya

Limbah yang dihasilkan dalam proyek konstruksi akibat dari penggunaan material yang dibawa ke lokasi berkisar antara 10% - 20% (Formoso, *et al* 2002; Santosa, 2004)[32]. Adapun jumlah total limbah konstruksi yang dihasilkan pada suatu daerah akan dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Pembangunan ekonomi
2. Proyek-proyek khusus bersifat periodik
3. Bencana alam
4. Biaya pengangkutan dan pembuangan limbah
5. Peraturan mengenai daur ulang limbah
6. Ketersediaan fasilitas daur ulang

7. Seberapa jauh pasar material bekas dapat menyerap produk daur ulang.

Besarnya timbulan limbah konstruksi untuk beberapa negara maju dapat dilihat dalam table berikut:

Tabel 2.3 Jumlah Timbulan limbah di beberapa negara

Negara	Timbulan Limbah Konstruksi dan Perubahan dalam juta ton per tahun	Timbulan limbah konstruksi dan perubahan dalam juta ton pertahun
Denmark	1 9 (1989)	2.2 (1993 )
Germany	65 (1992)	44 (1989)
France	25 (1992)	
Netherlands	7.15 (1986 )	14 (1993 )
UK	45 (1992 )	
Canada		11.2 (1992 )
USA	25 (1986)	
Australia		14 (1997)
Japan		25.4 (1990)
Italy		34

Sumber : Budi santosa, 2004

Pengelolaan limbah konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang mencakup penghasilan, penanganan, pengumpulan, pengangkutan dan pengolahan limbah termasuk perencanaan dan pengorganisasian dari mulai limbah itu dihasilkan sampai tempat pembuangan atau digunakan kembali. Masing masing kegiatan dan pengelolaan limbah konstruksi tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

#### 1. Penghasil limbah

Merupakan kegiatan dimana material diidentifikasi sebagai barang yang tidak digunakan lagi dan akan dibuang.

## 2. Penanganan limbah

Penanganan limbah mencakup semua kegiatan, termasuk pemisahan limbah, sampai limbah tersebut dilafakkan dalam suatu wadah untuk pengumpulan.

## 3. Pengumpulan limbah

Pengumpulan limbah yang dimaksud tidak hanya pengambilan limbah dan material yang dapat dipakai kembali dari tempat dihasilkan, melainkan juga memindahkan limbah material ini menuju tempat yang ditentukan.

## 4. Pengangkutan limbah

Pengangkutan limbah merupakan kegiatan pemindahan limbah dari lokasi yang telah ditentukan menuju fasilitas pengelolaan dengan menggunakan kendaraan.

## 5. Pengelolaan limbah

Mencakup kegiatan berupa pengurangan berat dan volume dari limbah yang dihasilkan untuk kemudian dibuang, juga mencakup kegiatan pengelolaan material yang bisa digunakan kembali.

## 6. Kegiatan yang berhubungan langsung dengan limbah

Kegiatan yang berhubungan langsung dengan limbah ditempat kerja adalah meliputi: membersihkan tempat kerja, memilah-milah limbah yang dihasilkan dari tempat kerja, mengumpulkan limbah setelah pemilahan, membersihkan limbah dari bahan tercemar kemungkinan digunakan kembali, menyimpan limbah yang dapat dijual, dan membakar limbah dilokasi proyek.

## 7. Pengangkutan / pembuangan limbah keluar lokasi proyek.

Upaya pengelolaan limbah yang ke dua adalah mengangkut limbah ke luar lokasi proyek. Adapun kegiatan-kegiatannya adalah: membuang dengan cara membayar truk, menjual limbah dengan cara berkata, memberikan limbah dengan cumacuma pada pemulug, memberikan limbah pada pekerja, dan memberikan limbah pada pihak yang membutulikan.

## 8. Aspek manajemen pengelolaan limbah

Upaya selanjutnya adalah menugaskan mandor untuk merencanakan pengelolaan terhadap sampah, membuat rencana penanganan/pembuangan/pemakaian kembali di awal proyek, mewajibkan pekerja untuk mengawasi kegiatan yang berhubungan dengan limbah, mengalokasikan dana untuk pengelolaan limbah, memberikan persetujuan sebelum limbah diangkut keluar proyek, melakukan pendataan berapa banyak material yang menjadi limbah dan membicarakan pengolahan limbah dalam rapat mingguan atau bulanan.

### 2.4 Aplikasi lean construction untuk mengurangi limbah

#### 2.4.1 Last Planner System

Manajemen proyek memilih untuk mengimplementasikan elemen dari “*lean thinking*” dalam desain dan konstruksi dari fasilitasnya, khususnya termasuk pengukuran komponen dari metode Last Planner— dari *control produksi/* kontrol produksi (Ballard, 1999)[33]. Metode ini memiliki 5 (lima) prinsip dasar untuk mengatasi berbagai situasi dalam control produksi dalam konstruksi (Koskela , 2000)[34].

1. Pekerjaan (*assignment*) harus dikomunikasi sesuai dengan prasyarat
2. Realisasi dari pekerjaan terukur dan terkontrol
3. Sebab untuk yang tidak terelisasi diinvestigasi dan dihilangkan
4. Memelihara tugas penyangga yang diberitahukan kepada *crew*
5. Memandang kemuka rencana (dengan horizon waktu sekita 3-4 minggu), prasyarat dari pekerjaan selanjutnya secara aktif harus sudah siap.

Balard (2000)[35] juga menjelaskan bahwa kontrol proyek (*Project control*) sangat berbeda dengan control produksi (production control), dalam hal penyebab kegiatan sesuai dengan rencana dan merencanakan kembali jika pekerjaan tidak sesuai. *Control produksi* berarti bahwa produksi sebagai aliran material dan informasi antara spesialis yang bekerja sama, yang didedikasikan

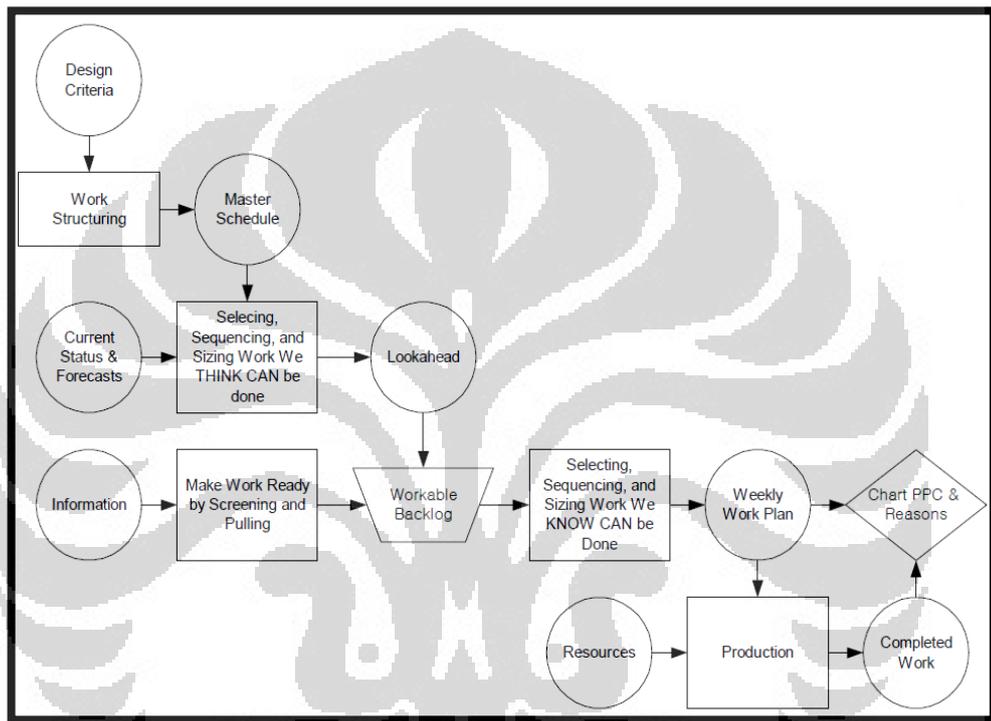
untuk generasi nilai bagi pelanggan dan stakeholder. Dalam teorinya, ada asumsi yang mendasar yang perlu diketahui:

1. Pemikiran dan praktik manajemen produksi industri konstruksi didominasi oleh model konversi, akibatnya nilai generasi dan konsep manajemen aliran dan teknik kurang berkembang.
2. Agar konsisten dengan ketiga model, konversi, aliran, dan nilai, manajemen produksi harus dipahami sebagai memiliki tujuan menciptakan nilai pelanggan dan meminimalkan limbah dalam waktu dan biaya. "Pelanggan nilai" dipahami tidak hanya mencakup kesesuaian untuk penggunaan fasilitas dianggap berkaitan dengan fungsi, tetapi juga berkaitan dengan semua kriteria lain yang pelanggan menempel nilai, misalnya, pengiriman proyek dalam satu waktu dan biaya yang memenuhi pasar pelanggan dan kebutuhan keuangan.
3. "Produksi" dipahami untuk mencakup merancang dan membuat. Sejarah perkembangan teori produksi dalam manufaktur telah salah menyarankan bahwa produksi sepenuhnya peduli dengan 'membuat'.
4. Manajemen produksi dipahami terdiri dari penentuan kriteria dan penataan kerja dalam tahap 'perencanaan', dan terdiri dari kontrol alur kerja dan kontrol unit produksi di 'eksekusi' atau 'kontrol' fase.

Tujuan utama dari *Last Planner* adalah menjauhkan pekerja dari ketidakpastian yang tidak dikontrol melalui identifikasi aktif terhadap hambatan (*constrain analysis*). Untuk itu dalam pelaksanaannya diperlukan metodologi yang tepat dalam implementasinya dalam proyek konstruksi. Satu poin kunci adalah bahwa desain harus direncanakan, dikelola dan dikontrol di sekitar aliran dari informasi, bukan menyelesaikan, jika solusi yang koordinatif dan efektif ditemukan. *Last Planner* membantu tim proyek mengkreasikan pandangan yang sistematis dan rencana kerja mingguan sebelum desain dimulai untuk menjejaki status pekerjaan yang sudah dipenuhi (Choo, *et al* 2004)[36].

Perencanaan yang lebih baik dengan mereduksi keterlambatan, melakukan pekerjaan dalam urutan pembangunan terbaik, menyesuaikan pekerja dengan pekerjaan yang tersedia, mengatur kegiatan-kegiatan

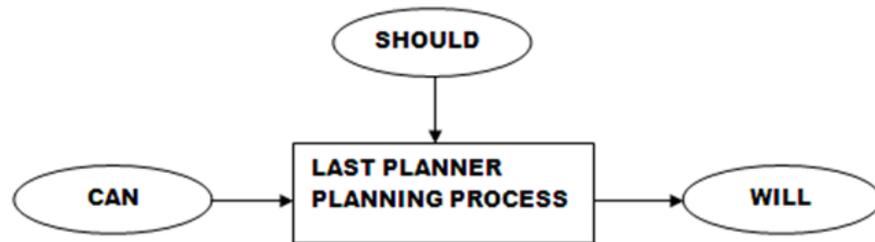
independen memiliki hubungan yang jelas dan sangat kuat untuk meningkatkan produktifitas (Ballard, 1994)<sup>37</sup>. Permasalahan dasar manajemen kualitas konstruksi ditujukan hanya pada sebagian ,walaupun penting, pengaturan limbah (*waste*), yang disebut cacat dan kegagalan untuk mempertimbangkan keinginan pelanggan.



Gambar 2.3 Last Planner System Metodology

Sumber: Ballard,2000

Hasil *last planner* biasanya dievaluasi dengan mempertanyakan adakah perbedaan antara “SHOULD” dan “CAN”. Pengiriman sumber daya yang tidak menentu seperti input informasi dan penyelesaian yang tak terprediksi dari prasyarat kerja menginvalidasi perkiraan persamaan dari “WILL” dengan “SHOULD”, dan dengan cepat menghasilkan penundaan perencanaan yang mengatur produksi actual.



Gambar 2.4 The formation of assignments in the Last Planner planning process.

Sumber: Ballard, 2000

Studi internasional menyoroti pentingnya analisis kuantitatif untuk mengevaluasi *The Last Planner*. Ballard (2000)[38] menunjukkan bahwa perlu untuk mengukur dan memahami manfaat dari keandalan rencana yang lebih besar untuk keselamatan, waktu yang berkualitas, dan biaya. Data utama yang dihasilkan melalui penerapan Last Planner System adalah usia Persen Rencana Tuntas (*Percent Planned Completed/ PPC*) dan penyebab tidak selesainya paket pekerjaan.

Ukuran keberhasilan tersebut dikenal dengan istilah PPC (*Percent Plan Complete*). PPC merupakan pengukuran yang mengambil bagian dalam representasi dari kontrol yang didukung oleh *Lean Construction*. Mengukur PPC adalah untuk mengarahkan pada diskusi dari akar permasalahan kegagalan untuk menyelesaikan tugas yang direncanakan dalam waktu tertentu. Hal ini berkaitan langsung pada isu-isu tentang kualitas gambar, keterampilan staf, bahan, kerjasama antara perdagangan dan sebagainya (Jensen, 2010)[39].

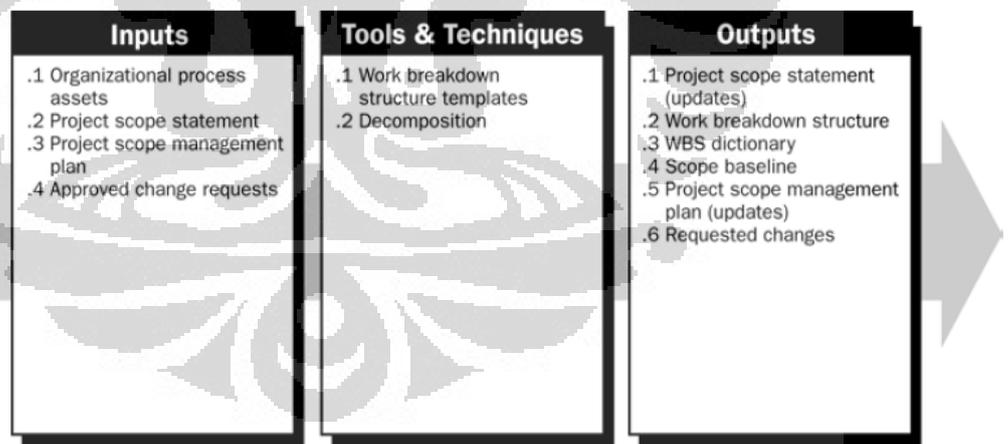
Sehingga dapat disimpulkan bahwa rencana mingguan dan ukuran PPC merupakan mekanisme kontrol keseluruhan dan nilai PPC mendukung aspirasi strategis dalam LPS untuk mengendalikan aliran kinerja konstruksi sebelum kinerja biaya (Bortolazza, Costa, & Formoso, 2005)[40]. LPS karena itu dapat dipahami sistem cybernetic yang terdiri dari seikat mekanisme kontrol, variasi mengelola dan ketidakpastian dalam berbagai interval waktu:

1. Kontrak dan jadwal induk dapat melakukan mekanisme umpan balik umum

2. Rencana Lihat-Menjelang dan fokus eksplisit pada mengendalikan tujuh prasyarat merupakan mekanisme feedforward
3. Rencana minggu dan ukuran PPC merupakan mekanisme kontrol bersamaan

#### 2.4.2 Work Breakdown Structure (WBS)

WBS adalah pemecahan proyek menjadi komponen-komponennya, dengan mengikuti pola struktur dan hirarki tertentu sampai menjadi paket-paket pekerjaan yang cukup terinci dan yang mudah dikelola (*Manageable*). Proyek dipecah menjadi beberapa sub proyek, yang dengan semakin rincinya informasi, sub proyek akan dipecah-pecah lagi menjadi komponen-komponen proyek yang lebih rinci, sampai akhirnya dapat dirumuskan paket-paket pekerjaan yang cukup terinci dan mudah dikelola. WBS biasanya merupakan diagram terstruktur berbentuk diagram pohon (*Tree structure diagram*).



Gambar 2.5 Membuat WBS: Inputs, Tools & Techniques and Outputs, PMBOK

3Ed

Sumber: PMBOK

Hasil dari WBS (*Work Breakdown Structure*) adalah scope/lingkup pekerjaan yang terperinci dalam bentuk bagan hierarki yang akan bermanfaat dalam berbagai kegiatan sebagai berikut :

- a. Memudahkan Sistem untuk memonitor kemajuan proyek berdasarkan pekerjaann, biaya dan tanggung jawab
- b. Membantu merencanakan jadwal dan anggaran.
- c. Mengintergrasikan pekerjaan dan orgainisasi yang tercermin pada setiap level ada individu yang bertanggung jawab melakukan pekerjaan/OBS (*Organization Breakdown Structure*)

Pemecahan proyek menjadi paket-paket pekerjaan sangat bermanfaat bagi perencana dalam mengembangkan network secara keseluruhan (*Project Network*). Hal tersebut dikarenakan akan jauh lebih mudah membuat network untuk suatu paket pekerjaan pada satu saat dan baru kemudian menggabungkan network-network paket pekerjaan tersebut menjadi network proyek secara keseluruhan. Kalau network untuk level proyek disebut network proyek, maka untuk paket pekerjaan biasanya disebut *sub network* proyek atau disingkat *subnet*.

Tujuan dari WBS adalah membagi proyek dalam bagian-bagian pekerjaan yang dikelola untuk memfasilitasi perencanaan dan pengendalian biaya, konten teknis. Penyelesaian suatu elemen pekerjaan harus dapat diukur dan diverifikasi oleh oknum indenpenden yang bertanggung jwab terhadap penyelesaian elemen tersebut. Karena WB( produk pekerjaan)dapat diverifikasi maka harus memberikan dasar yang kokoh untuk rencana teknis, biaya dan jadwal serta status proyek. WBS merupakan struktur yang berorientasi pada produk bukan struktur organisasi. Untuk mengembangkan dan mempertahankan WBS, perencana harus memiliki pemahaman yang jelas tentang tujuan proyek dan produk akhir atau pekerjaan akhir yang harus dilakukan.

Setiap elemen WBS menyediakan ringkasan poin logis untuk menilai prestasi teknis, dan untuk mengukur biaya dan kinerja jadwal. WBS membantu manajemen dalam mengukur biaya. WBS adalah alat yang membantu mengukur kinerja manajemen teknis dan jadwal sebagai serta biaya. Dengan

membagi total produk ke dalam berturut-turut lebih kecil, manajemen entitas dapat memastikan bahwa semua produk yang diperlukan diidentifikasi dari segi tujuan kinerja teknis.

Dari gambaran proyek secara utuh tersebut kemudian akan terjadi pembagian menurut hierarki yang makin lama makin terinci dengan lingkup yang juga mengecil, sedangkan kompleksitasnya makin berkurang sampai akhirnya dianggap cukup terinci tetapi masih dapat dikelola. Jadi suatu WBS terkecil harus memenuhi sifat – sifat berikut ini :

- Dapat dikelola sebagai satuan unit kerja
- Dapat diberi kode identifikasi, seperti kode akuntansi biaya
- Dapat direncanakan jadwal pelaksanaan dan anggarannya
- Mudah diukur kemajuan pelaksanaan serta pemakaian biayanya
- Dapat dikaji kualitas kerja dan hasil akhirnya
- Bila diintegrasikan dengan WBS yang lain akan menjadi lingkup proyek secara keseluruhan

Manajemen juga dapat memverifikasi bahwa semua pekerjaan diidentifikasi untuk WBS, dan kemudian dibebankan ke proyek, sebenarnya memberikan kontribusi terhadap tujuan proyek. Perencanaan kerja berdasarkan WBS elemen berfungsi sebagai dasar untuk memperkirakan kebutuhan sumber daya dan penjadwalan. Selanjutnya, tugas anggaran kinerja untuk dijadwalkan segmen kontrak bekerja menghasilkan rencana waktu yang bertahap terhadap kinerja aktual dapat dibandingkan. Ketika kinerja menyimpang dari rencana, tindakan korektif yang tepat dapat diambil. Identifikasi dampak potensial biaya dan jadwal perubahan teknis yang diusulkan adalah disederhanakan saat ini pendekatan pekerjaan secara terpadu maka perencanaan digunakan.

#### 2.4.3 Penjadwalan

Manajemen rencana penjadwalan merupakan komponen bagian dari manajemen rencana proyek yang digunakan dalam Estimasi Sumber Daya Kegiatan(PMBOK,2004)[42]. Estimasi jadwal sumber daya kegiatan termasuk penentuan sumber daya (orang, alat dan material) dan jumlah yang akan digunakan dan kapan sumber daya akan siap digunakan dalam proses kegiatan

proyek. penjadwalan merupakan aktifitas paling penting selama perencanaan konstruksi (*Preconstruction Stage*) dalam suatu proyek. Pemilik proyek (*Owner*) perlu mengetahui segala kemajuan yang ada jika ingin pelaksanaan proyek selesai tepat pada waktunya dan memastikan bahwa keuangan proyek harus tetap pada komitmen yang telah disepakati.

Callahan (1992)<sup>43</sup> menjelaskan bahwa penjadwalan dalam pelaksanaan proyek konstruksi memiliki fungsi yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan antara lain sebagai berikut:

1. Perkiraan waktu penyelesaian proyek
2. Indikator kemajuan desain suatu proyek
3. Penentu awal dan akhir suatu aktivitas
4. Pengontrol berbagai sumber daya proyek
5. Media evaluasi efek perubahan terhadap penyelesaian proyek dan biaya
6. Alat pengukur keterlambatan dan perpanjangan waktu
7. Indikator kemajuan suatu proyek
8. Rambu-rambu adanya tuntutan keterlambatan dan perpanjangan waktu

Pada awal proses implementasi, ada akan biaya tambahan untuk mengembangkan metodologi manajemen proyek dan membangun sistem pendukung untuk perencanaan, penjadwalan dan kontrol. Manajemen terus mencari teknik kontrol baru dan lebih baik untuk mengatasi kompleksitas, massa data, dan tenggat waktu yang ketat yang merupakan ciri khas dari banyak industri dan lingkungan mereka sangat kompetitif saat ini, serta mencari metode yang lebih baik untuk menyajikan data teknis dan biaya kepada pelanggan (Wiley, 2001)<sup>[44]</sup>. Teknik Penjadwalan yang umum digunakan ditunjukkan di bawah ini:

- Gantt atau bar chart
- Milestone grafik
- Jalur keseimbangan
- Jaringan:
  1. Evaluasi Program dan Teknik Review (PERT)

2. Diagram Panah Metode (ADM), kadang-kadang disebut Critical Path Method (CPM)
3. Precedence Diagram Method (PDM)
4. Evaluasi dan Teknik grafis Review (Gert)

Penjadwalan adalah mengenai peruntunan dan pemilihan waktu (Uher, 2003)[44]. Rangkaian hanya satu kali sehingga menghasilkan produk yang bersifat unik (tidak ada yang identik) yang ada adalah proyek sejenis. Suatu pekerjaan baik kecil maupun pekerjaan besar, terlebih dahulu diadakan pengkajian untuk memperoleh gambaran secara menyeluruh mengenai kebutuhan selama pelaksanaan pekerjaan. Dalam perencanaan jadwal pelaksanaan konstruksi dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut,

9. Tenaga kerja
10. Peralatan
11. Bahan bangunan
12. Sifat konstruksi bangunan
13. Cuaca
14. Hari libur
15. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan

Industri konstruksi merupakan hal yang sangat kompleks dan beresiko tinggi. Dilain hal juga banyak peserta yang terkait secara langsung atau tidak langsung didalam prosesnya. Sehingga merupakan hal yang wajar jika terjadi banyak masalah didalamnya. Merupakan hal yang sangat disayangkan bahwa hal ini sering terjadi tetapi penyebab dan pengaruhnya tidak mudah dimengerti seperti halnya keterlambatan jadwal (Semple, 1994). Mengembangkan kualitas penjadwalan proyek dan mempertahankannya merupakan investasi yang berharga.

Durasi proyek dan batas akhir penyelesaian proyek biasanya ditentukan oleh owner. Pihak yang ditunjuk sebagai pelaksana proyek, kontraktor, bertanggung jawab untuk membuat perencanaan yang detail dan penjadwalan kegiatan proyek juga berkewajiban untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan waktu yang ditentukan. Untuk itu kontraktor harus melakukan

penjadwalan secara spesifik dan sistematis mengingat bahwa banyaknya kegiatan yang akan dilakukan dan pihak yang akan terlibat dalam pelaksanaan proyek tersebut.

## 2.5 Kesimpulan

Industri konstruksi merupakan hal yang sangat kompleks dan beresiko tinggi. Perencanaan yang lebih baik dengan mereduksi keterlambatan, melakukan pekerjaan dalam urutan pembangunan terbaik, menyesuaikan pekerja dengan pekerjaan yang tersedia, mengatur kegiatan-kegiatan independen memiliki hubungan yang jelas dan sangat kuat untuk meningkatkan produktifitas. Konstruksi jembatan dengan sistem prepabrikasi telah dikembangkan karena memiliki beberapa keuntungan dari pada menggunakan konstruksi jembatan konvensional termasuk kecepatan ereksi dan meningkatkan kualitas karena pabrukasi dilakukan di *plant*. Lean Constructon sebagai konsep yang paling baik untuk digunakan dalam pelaksanaan proyek konstruksi jembatan. Dalam konsep lean tersebut elemen Last Planner Syste akan memastikan bahwa prencanaan yang dilakukan akan dilaksanakan sepenuhnya.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

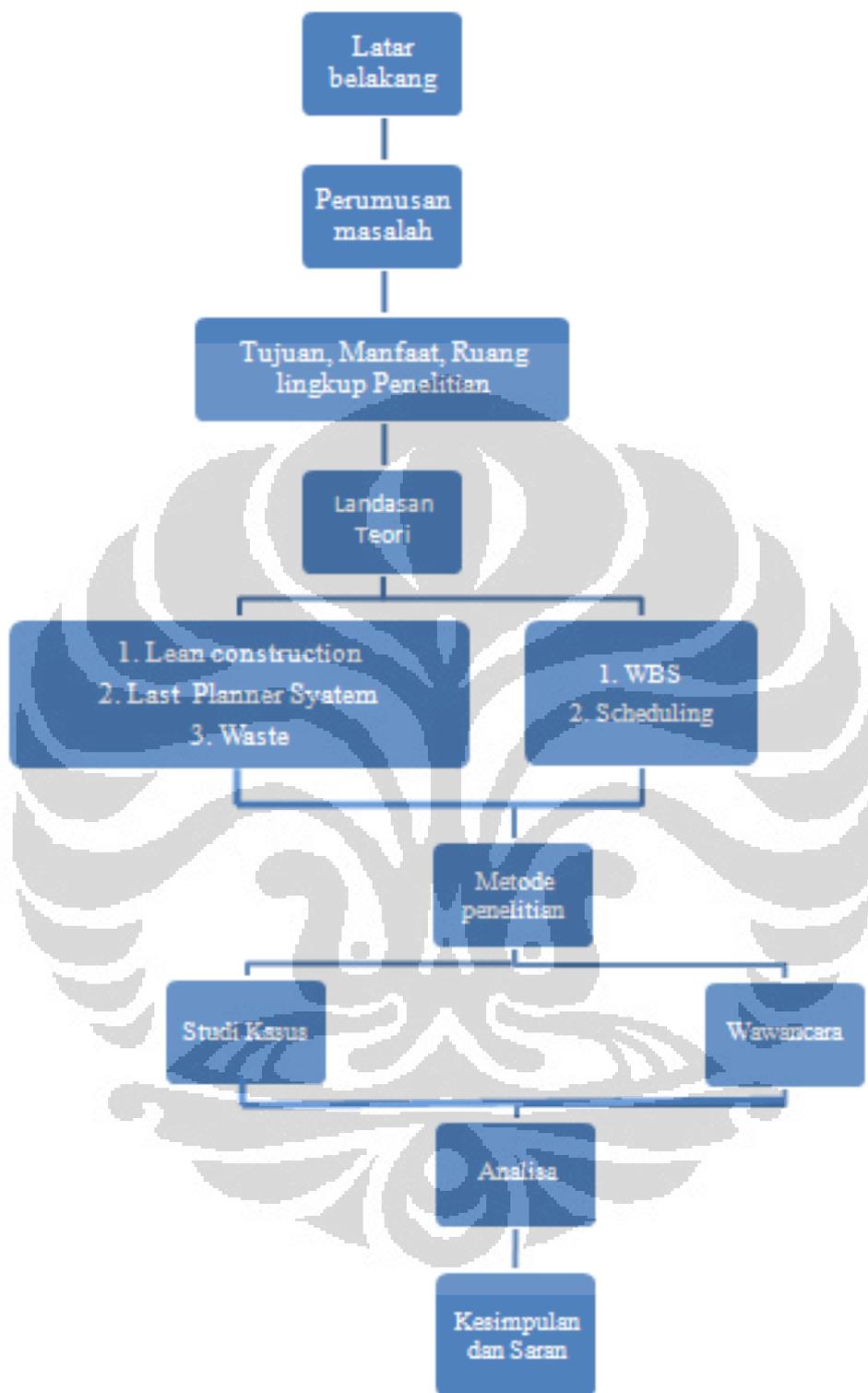
#### **3.1 Pendahuluan**

Seperti yang dijelaskan pada bab 2 bahwa pelaksanaan proyek harus sesuai dengan perencanaan yang ditetapkan berdasarkan pertimbangan *last planner system*. Produktifitas yang diukur berdasarkan aliran pekerjaan, untuk itu diperlukan pada bab ini akan dijelaskan metode penelitian yang sesuai untuk menjawab pertanyaan penelitian dan mencapai tujuan penelitian yaitu mengidentifikasi proses yang menghasilkan limbah (sumber limbah) pada perusahaan precast dan mengevaluasi jenis limbah yang dihasilkan dalam proyek konstruksi jembatan pada perusahaan precast dengan menggunakan teknik lean construction.

#### **3.2 Kerangka berpikir**

Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan deskripsi yang rinci tentang proses-proses yang menghasilkan limbah (sumber limbah) serta mengevaluasi jenis limbah yang dihasilkan dalam proyek konstruksi jembatan pada perusahaan precast dengan menggunakan teknik *lean construction*.

Atas dasar metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, maka dibuat suatu alur kerangka berpikir seperti yang digambarkan pada Gambar 3.1. Dimulai dari latar belakang dan merumuskan masalah berkaitan dengan tujuan dan manfaat penelitian hingga menentukan batasan penelitian ini. Sesuai dengan judul skripsi maka beberapa studi literatur tentang topik berikut menjadi penting yaitu: *Lean Construction*, *Last planner System*, dan *Waste* dimana ketiga hal tersebut sangat berkaitan dengan perencanaan. Sehingga studi literature juga mencakup tentang *Work Breakdown Structure* (WBS) dan Penjadwalan (*scheduling*). Sumber-sumber yang digunakan dapat berupa buku, jurnal, surat kabar, skripsi, tesis, disertasi maupun majalah. Semua sumber yang digunakan dicantumkan dalam daftar acuan dan daftar pustaka pada akhir tulisan ini.



Gambar 3.1 Kerangka berpikir

Sumber :Olahan Penulis

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi kasus. Penelitian ini akan mengadakan observasi langsung ke lapangan, melakukan dokumentasi berupa foto dan melakukan wawancara. Data-data lapangan baik kuantitatif maupun kualitatif akan digunakan dalam pembahasan penelitian ini. Analisa yang digunakan disesuaikan dengan pendekatan last planner system dengan menagacu pada pertanyaan penelitian. Sehingga analisa tersebut dapat menjawab pertanyaan penelitian dan penelitian ini dapat disimpulkan.

### 3.3 Metode penelitian

Untuk mendapatkan data-data tersebut maka sebelumnya harus ditentukan strategi penelitian yang akan digunakan. Tiga faktor yang mempengaruhi jenis strategi penelitian adalah jenis pertanyaan yang akan digunakan, kendali terhadap peristiwa yang diteliti dan focus terhadap peristiwa yang sedang berjalan atau baru diselesaikan (Yin, 1996). Dalam hal ini pertanyaan penelitian terkait dengan proses apa yang menghasilkan limbah dan bagaimana *lean construction* dapat mengurangi limbah, pelaksanaan observasi lapangan dan wawancara narasumber harus dilakukan karena peneliti tidak memiliki kendali terhadap peristiwa tetapi harus fokus pada apa yang terjadi selama penelitian ini berlangsung.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini mencakup semua isu-isu yang bersangkutan terhadap aplikasi *Lean Construction* dalam mengurangi limbah material selama proses konstruksi proyek jembatan dalam fase produksi di perusahaan precast. Dalam mencapai tujuan penelitian sebelumnya maka harus diperoleh data-data yang relevan dengan menggunakan suatu metode penelitian yang mengacu pada strategi penelitian yang disarankan oleh Yin (1996) seperti terlihat pada table dibawah ini.

Tabel 3.1 Strategy relevan untuk situasi berbeda dalam penelitian

Strategy	Jenis Pertanyaan Yang Digunakan	Kendali Terhadap Peristiwa Yang Diteliti	Faktor Terhadap Peristiwa Yang Sedang Berjalan/Baru Diselesaikan
Eksperimen	Bagaimana, Mengapa	Ya	Ya
Survey	Siapa, Apa, Dimana, Berapa Banyak, Berapa Besar	Tidak	Ya
Archival Analysis	Siapa, Apa, Dimana, Berapa Banyak, Berapa Besar	Tidak	Ya/Tidak
Sejarah	Bagaimana, Mengapa	Tidak	Tidak
Studi Kasus	Bagaimana, Mengapa	Tidak	Tidak

Sumber : Yin, 1996

### 3.4 Teknik pengumpulan data

Rencana penelitian akan dilakukan pada Plant Precast yang berada di daerah Jabodetabek. Data dari Plant Precast merupakan data paling sesuai dengan objek penelitian skripsi ini karena pada akhir analisis skripsi ini menggunakan pendekatan Last Planner System dimana pendekatan tersebut mengacu pada aliran proses produksi (*Production Flow Proses*). Tetapi data-data lain yang berhubungan dengan penelitian ini akan sangat membantu untuk analisa yang lebih dalam.

Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara-cara yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Dalam mengumpulkan data juga diperlukan instrumen pengumpulan data yaitu alat bantu yang dipilih yang digunakan peneliti dalam kegiatannya mengumpulkan data agar kegiatan tersebut menjadi sistematis. Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari dua jenis yaitu:

- a. Data primer, yaitu data-dat yang langsung diambil dari objek penelitian.

Data primer ini merupakan data pokok yang digunakan untuk analisis *Last Planner System*. Data primer pada penelitian ini adalah data teknis proyek berupa Rencana Kerja dan Syarat (RKS), Rencana Anggaran

Biaya dan gambar kerja dan laporan pelaksanaan proyek (harian/mingguan/bulanan).

- b. Data sekunder, yaitu data yang tidak diperoleh langsung dari objek penelitian.

Dalam penelitian ini data sekunder berupa data pendukung yang dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisis *Lean Construction*. Data sekunder terdiri daftar harga satuan dan analisa pekerjaan, data tenaga kerja, material dan alat konstruksi.

Selama melakukan penelitian ini maka peneliti akan membutuhkan peneliti untuk digunakan diantaranya;

1. Alat tulis, diperlukan selama melakukan pencatatan hasil pendataan
2. Kamera, mendokumentasikan gambar-gambar
3. *Recorder*, merekam hasil wawancara peneliti dengan narasumber
4. Komputer, alat yang digunakan untuk menginput data

Untuk pengumpulan data selama penelitian maka peneliti memutuskan untuk memelili metode sebagai berikut:

- a. Dokumentasi

Dokumentasi ditujukan untuk memperoleh data langsung dari tempat penelitian, meliputi gambar kerja, rencana anggaran biaya, rencana kerja dan syarat, buku-buku yang relevan, peraturan-peraturan, laporan kegiatan, foto-foto serta referensi lainnya yang relevan dengan penelitian ini.

- b. Wawancara

Wawancara, sebagai suatu proses tanya-jawab lisan, dimana dua orang atau lebih berhadap-hadapan secara fisik, yang satu dapat melihat muka yang lain dan mendengarakan dengan telinga sendiri suaranya, tampaknya merupakan alat pengumpulan informasi yang langsung

tentang beberapa jenis data. Metode ini dilakukan dengan melakukan Tanya-jawab sepihak yang dikerjakan dengan sistematis dan berlandaskan pada tujuan penelitian. Dalam wawancara selalu ada dua pihak dengan kedudukan berbeda. satu sebagai pencari informasi dan yang lain sebagai penyedia informasi.

Informasi diperoleh berdasarkan fakta maupun opini dengan melakukan wawancara secara personal melalui tiga metode berikut:

1. *Unstructured interview*: wawancara dilakukan tanpa ada struktur yang jelas. Artinya, pertanyaan yang diajukan bersifat umum dan diarahkan sendiri oleh pewawancara.
2. *Semi-structured interview*: menggunakan beberapa acuan topik umum sebagai pengarah selama wawancara berlangsung.
3. *Structured interview*: wawancara dengan struktur yang jelas. Dengan kata lain, wawancara dilakukan dengan menggunakan pertanyaan langsung kepada topik khusus yang diajukan.

Fungsi wawancara pada dasarnya digolongkan menjadi 3 golongan utama :

1. Sebagai metode primer
2. Sebagai metode pelengkap
3. Sebagai kriterium

Pada penelitian ini wawancara berperan sebagai metode pelengkap karena digunakan sebagai alat untuk mencari informasi-informasi yang tidak dapat diperoleh dengan studi kasus yang dijelaskan pada subbab sebelumnya.

#### c. Observasi

Observasi merupakan kegiatan melakukan pengamatan secara langsung ke objek penelitian untuk melihat dari dekat kegiatan yang dilakukan. Observasi dilakukan pada tahap pengumpulan informasi. Dalam

penelitian ini akan dilakukan observasi ke perusahaan precast dimana objeknya adalah proses produksi di pabrik.

Pendekatan yang akan digunakan yaitu studi literatur, observasi lapangan, wawancara. Studi literatur dilakukan untuk mengetahui sumber-sumber dan penyebab terjadinya material limbah. Sedangkan observasi dan wawancara dilakukan untuk mendapatkan data-data primer dan lapangan. Responden yang jadi tujuan adalah responden yang representatif dengan tujuan penelitian seperti pemimpin proyek, manajer lapangan atau praktisi yang telah memiliki pengalaman dalam proyek serupa terkait dengan permasalahan penelitian ini.

### **3.5 Analisis data**

#### **3.5.1 Analisi data kualitatif**

Yaitu proses penelitian naturalistik yang bersifat siklus, bukan linier karena sifatnya yang siklus maka penelitian dilakukan secara berulang-ulang. Jumlah periode pengulangan akan tergantung pada tingkat kedalaman dan ketelitian yang dikehendaki, untuk itu makin lama penelitian akan makin terfokus pada masalah yang sebenarnya terjadi pada proyek. Penelitian kualitatif dapat dilakukan dalam beberapa periode. Proses setiap periode penelitian terdiri dari.

- Pertanyaan penelitian.
- Pengumpulan data.
- Mencatat data.
- Menganalisis data.
- Membuat laporan penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian kualitatif adalah data kualitatif, yaitu data secara sedemikian dapat disebut bukan berupa angka. Data kualitatif mempunyai ciri tidak bisa dilakukan operasi matematika seperti penambahan, pengurangan dan perkalian.

### 3.5.2 Analisis data kuantitatif

Penelitian kuantitatif didasarkan pada paradigma positivism yang bersifat *logico-hypotheo-verifikatif* dengan berlandaskan pada asumsi mengenai obyek empiris.

1. Asumsi pertama bahwa obyek dapat diklasifikasikan menurut sifat, jenis, struktur, bentuk, warna, dan sebagainya. Berdasarkan asumsi ini dapat dipilih variabel tertentu dari suatu obyek penelitian.
2. Asumsi kedua adalah determinisme atau hubungan sebab akibat. Asumsi ini menyatakan bahwa setiap gejala ada yang menyebabkan Berdasarkan asumsi pertama dan kedua dapat dipilih variabel yang diteliti, dan menghubungkan variable yang satu dengan yang lain.
3. Asumsi yang ketiga suatu gejala tidak akan mengalami perubahan dalam waktu tertentu, kalau gejala yang diteliti berubah, akan menyulitkan penelitian.

Berdasarkan asumsi diatas dan juga raetode ilmiah yang bersifat *logicc-hypothcco-verifikatif*, maka proses penelitian kuantitatif akan bersifat linier.

Pada dasarnya penelitian adalah untuk menjawab masalah Masalah merupakan penyimpangan dari apa yang seharusnya dengan apa yang terjadi sesungguhnya. Penelitian kuantitatif bertolak dari studi pendahuluan dari obyek yang diteliti untuk mendapatkan rumusan masalah.

Jawaban dari rumusan masalah yang sifatnya sementara dapat dicari dengan membaca referensi yang relevan dengan masalah. Selain ini penemuan penelitian sebelumnya yang relevan juga dapait digunakan untuk bahan memberikan jawaban sementara terhadap rumusan masalah atau hipotesis. Data yang digunakan biasanya data kuanitatif, yaitu data yang berupa angka dalam arti yang sebenarnya. Jadi operasi matematika bisa dilakukan pada data kuantitatif.

## BAB 4

### PELAKSANAAN PENELITIAN

#### 4.1 Deskripsi perusahaan

Sesuai dengan objek penelitian yang dijelaskan pada bab 3 maka pada penelitian skripsi ini dilakukan penelitian pada 2 perusahaan precast besar di Indonesia. Perusahaan pertama adalah perusahaan milik negara (BUMN) dan perusahaan kedua adalah milik swasta (BUMS). Perusahaan-perusahaan tersebut adalah perusahaan yang menyediakan produk-produk beton .

1. Beam Column slab System
2. Facade
3. Diaphragm wall, PC Pile
4. PC Slab
5. Girder

Balok girder pratekan adalah balok pracetak struktur yang digunakan sebagai elemen struktur atas jembatan untuk mendukung beban gravitasi dan beban hidup. Dibuat oleh monolite dan segmental yang terdiri dari beberapa komponen sebagian kecil selama fabrikasi di pabrik beton pracetak dan menyelesaikan menekankan di tempat situs sebelum pekerjaan ereksi.

##### 4.1.1 Deskripsi Perusahaan A

Perusahaan A adalah salah satu dari anak perusahaan yang telah berdiri sejak 11 Maret 1997, anak perusahaan ini merupakan perluasan salah satu perusahaan konstruksi di bidang industri beton pracetak. Perusahaan ini telah memulai konsentrasi pada industri beton pracetak di tahun 1977 dengan mengembangkan produk beton pracetak untuk teras perumahan. Sejak saat itu, Perusahaan A bertekad mempertahankan pengembangan produk tersebut untuk mengantisipasi adanya pengembangan perencanaan dan datangnya proyek-proyek infrastruktur lain.

Pengembangan produk tersebut telah menciptakan beberapa hasil seperti tiang beton untuk jalur pendistribusian energi dan bantalan beton pracetak serta produk lainnya seperti bantalan, bantalan rel kereta api, produk beton untuk jembatan, pipa, dinding penahan tanah dan bangunan gedung dan

perumahan yang diimplementasikan untuk berbagai macam proyek. Produk-produk ini dihasilkan pada waktu yang tepat dan diprediksikan akan menjadi produk pemimpin di pasaran

Perusahaan A juga melanjutkan pengembangan produk-produk infrastruktur dengan menambah jumlah pabrik di beberapa lokasi. Kini, perusahaan telah memiliki 7 pabrik di seluruh Indonesia, seperti di Sumatera Utara, Lampung, Bogor, Majalengka, Boyolali, Pasuruan dan Sulawesi Selatan. Didukung dengan kepemilikan pabrik sendiri, produk yang bervariasi seperti halnya manajemen yang profesional, Perusahaan A telah menjadi penghasil utama dan pemimpin dalam industri beton pracetak di Indonesia. Dalam hal konsistensi jaminan kualitas, Perusahaan telah melaksanakan “Quality Management System” yang selaras dengan ISO 9000.

Semakin berkembangnya Perseroan, semakin tinggi pula tingkat kepercayaan masyarakat terhadap kemampuan Perseroan. Hal ini tercermin dari keberhasilan Perusahaan A melakukan penawaran saham perdana (Initial Public Offering/IPO) pada tanggal 27 Oktober 2007 di Bursa Efek Indonesia (saat itu bernama Bursa Efek Jakarta). Pada IPO tersebut, perusahaan melepas 28,46 persen sahamnya ke publik, sehingga pemerintah Republik Indonesia memegang 68,42 persen saham, sedangkan sisanya dimiliki oleh masyarakat, termasuk karyawan, melalui Employee/Management Stock Option Program (E/MSOP), dan Employee Stock Allocation (ESA).

Produk-produk yang dihasilkan oleh perusahaan A adalah sebagai berikut:

1. Tiang Beton / PC Holes
2. Tiang Pancang / PC Piles
3. Produk Beton Jalan Rel / Railway Concrete
4. Produk Beton untuk jembatan / Bridge Concrete
5. Produk Beton Dinding Penahan Tanah / Retaining Wall Concrete
6. Produk beton Untuk Bangunan Air / Hydro Structure Concrete
7. Produk Beton Untuk Bangunan Gedung / Building and Housing Concrete
8. Produk Beton untuk Bangunan Maritim / Marine structure Concrete

9. Produk beton Lainnya seperti: Pagar Beton, Saluran beton Utilitas bawah tanah
10. Jasa seperti: Pengiriman produk beton, Pemasangan Produk beton, Jasa Engineering, Jasa Konstruksi.

#### 4.1.2 Deskripsi Perusahaan B

Perusahaan B adalah perusahaan yang menyediakan produk-produk beton. Adhimix mulai beroperasi sejak tahun 1986 dengan mengembangkan pasar readymix concrete di wilayah Jabotabek. Kami menetapkan beton readymix dan beton precast sebagai bisnis utama. Didukung oleh sumber daya yang potensial dan berkualitas serta pemahaman akan kebutuhan pasar yang kompetitif dan dinamis, serta sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, perusahaan ini meningkatkan diri menjadi perusahaan yang solid dengan 4 unit usaha antara lain beton readymix, Precast, Konstruksi dan properti sebagai komitmen pada pelanggan untuk menjadi mitra yang handal dalam melakukan inovasi dengan menghasilkan produk-produk berkualitas terbaik.

PT. XYZ semula adalah perusahaan milik swasta Belanda di tahun 1939, yang dinasionalisasi lewat Peraturan Pemerintah nomor 65 tahun 1961, yang tadinya bernama N.V. Architects, Ingenieurs-en Acmnemers-Bedrijf Associate Selle en De Bruijn, Reyerse en De Vries atau dikenal dengan nama N. V. Associate ini.

Pada tahun 1974 PT. XYZ menjadi Badan Usaha Milik Negara di bawah binaan Departemen Pekerjaan Umum. Kondisi ini mengakibatkan dibentuknya Cabang - Cabang PT. XYZ di daerah - daerah dengan kantor pusat di Jakarta. Salah satu divisi usaha ini adalah industri beton campuran siap pakai (Ready Mixed Concrete.) yang merupakan salah satu diversifikasi usaha PT. XYZ dan merupakan divisi yang pertama kali didirikan, pengelolaan dan kemampuannya sangat bersaing dengan perusahaan readymix concrete lainnya, Pada awal pendiriannya divisi ini hanya untuk memenuhi kebutuhan beton proyek - proyek yang dilaksanakan oleh PT. XYZ agar kualitas dan jalannya pekerjaan dapat terjamin.

Sebagai unit usaha, perusahaan B, yang keberadaannya langsung

dibawah PT. XYZ, sehingga visi dan misi yang digunakan Perusahaan B berpedoman kepada apa yang telah ditetapkan oleh PT. XYZ. Namun demikian, perumusan visi, misi dan sasaran divisi ini dilakukan secara khusus. Visi Perusahaan B dalam hal ini berupaya menjadi penyedia utama prasarana dan sarana dalam proyek - proyek pekerjaan sipil. Untuk mencapai visi yang telah ditetapkan itu maka misi yang diemban sebagai pemandu tindakan di masa depan adalah menyediakan produk yang dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan dapat menjamin kelangsungan bisnis guna memberikan

Perusahaan B terus mengembangkan pertumbuhan prospek bisnisnya dan memperluas daerah operasinya di masa mendatang dan dengan konsisten melakukan upaya terbaik di dalam membangun reputasinya sebagai perusahaan yang dapat dipercaya melalui sistem kendali mutu yang lengkap pada setiap proses produksi pekerjaan untuk menciptakan hasil yg maksimal secara professional, efektif dan efisien tanpa mengurangi kualitas. Kami percaya hubungan jangka panjang yang baik menjadi kunci dalam mengembangkan usaha ini.

#### **4.2 Pelaksanaan penelitian**

Penelitian ini diadakan pada bulan Februari hingga Mei tahun 2012. Sebelum langsung melihat produksi girder dilapangan terlebih dahulu mengadakan diskusi dengan kepala narasumber. Dalam diskusi tersebut penulis menjelaskan tentang tujuan dan objek penelitian pada skripsi ini. Berdasarkan keahlian dan pengalaman terhadap precast dan penjelasan yang kami diskusikan maka akhirnya peneliti diijinkan untuk melihat sistem produksi dan dapat memperoleh data yang ada dalam arsip mereka.

Dalam beberapa pertemuan penulis mengadakan observasi lapangan untuk melihat pekerjaan-pekerjaan dilapangan, melakukan dokumentasi foto dan mengajukan pertanyaan-pertanyaan terkait dengan informasi yang berhubungan dengan system last planner. Semua metode tersebut sangat diperlukan dalam penelitian ini. Karena pertanyaan akan fokus terhadap

elemen jembatan dan produksi girder di pabrik maka nara sumber harus cukup representative dari pengetahuan dan pengalaman. Tabel berikut merupakan rekapitulasi nara sumber dalam penelitian ini.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Nara Sumber

No	Nama	Nama perusahaan	Jabatan	Pengalaman Kerja	Pendidikan
1	Heru Purnomo	Departemen Teknik Sipil UI	Dosen	30	S3
2	Sumadi Wijoyo	PT. Adhimix Precast	Kepala Bagian Produksi	21	S1
3	Muchtar Lutfi	PT. Adhimix Precast	Supervisor	10	D3
4	Verly Widiantoro	PT. Wika-Beton	Kepala bagian teknik & Mutu PBB bogr	15	S1

Sumber: Olahan Penulis

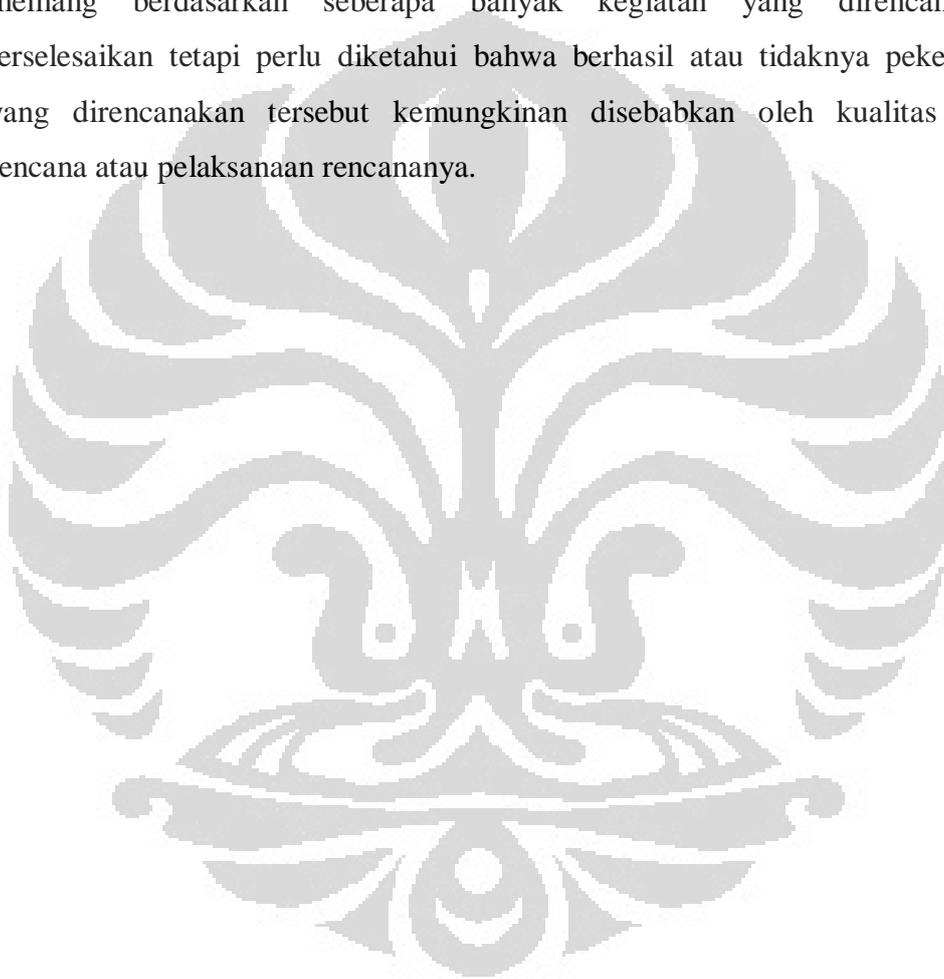
Observasi di lapangan pada kedua perusahaan ini dapat dilakukan dengan baik. Perolehan data spesifik proyek yang sedang ditangani hanya diberikan oleh perusahaan kedua (swasta). Data spesifik proyek tersebut nantinya akan digunakan untuk evaluasi rencana, kontrol desain dan produksi dilapangan. Wawancara digunakan untuk mengetahui terutama perencanaan yang dilakukan oleh masing-masing perusahaan dan *assessment* yang dilakukan terhadap proyek yang dilakukan. Dokumentasi foto dilakukan untuk menggambarkan kondisi setiap keadaan yang sedang diamati.

### 4.3 Evaluasi Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan studi kasus pada dua perusahaan precast tersebut memiliki banyak keterbatasan. Keterbatasan tersebut akan memengaruhi hasil penelitian. Masalah pertama adalah bahwa konsep *last planner system* tidak diimplementasikan dalam proyek mau perusahaan. Kedua, bahwa kekurangan data spesifik yang didapatkan dari perusahaan terkait proyek, misalnya master

schedule, laporan harian atau mingguan. Selanjutnya adalah perhitungan PPC (*Percent Plan Complete*).

Masalah-masalah diatas jelas saling terkait. Ketika suatu kebijakan sistem, *lean construction and last planner*, tidak diterapkan dalam suatu proyek maka akan sulit untuk mengadakan kontrol terhadap variabel-variabel lapangan. Sehingga ketersediaan data yang dibutuhkan menjadi sangat minim dan pengukuran keberhasilan proyek juga menjadi sulit. Pengukuran PPC memang berdasarkan seberapa banyak kegiatan yang direncanakan terselesaikan tetapi perlu diketahui bahwa berhasil atau tidaknya pekerjaan yang direncanakan tersebut kemungkinan disebabkan oleh kualitas dari rencana atau pelaksanaan rencananya.



## BAB 5

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisa Aliran Produksi

Proses desain merupakan penyempurnaan tahap tepat untuk spesifikasi dimana kebutuhan dan keinginan yang tidak jelas diubah menjadi persyaratan, kemudian melalui berbagai jumlah langkah, untuk desain yang detail. Secara bersamaan, ini adalah proses deteksi masalah dan pemecahan. Hasil disain akan menjadi patokan untuk kegiatan apa saja yang harus dilaksanakan.

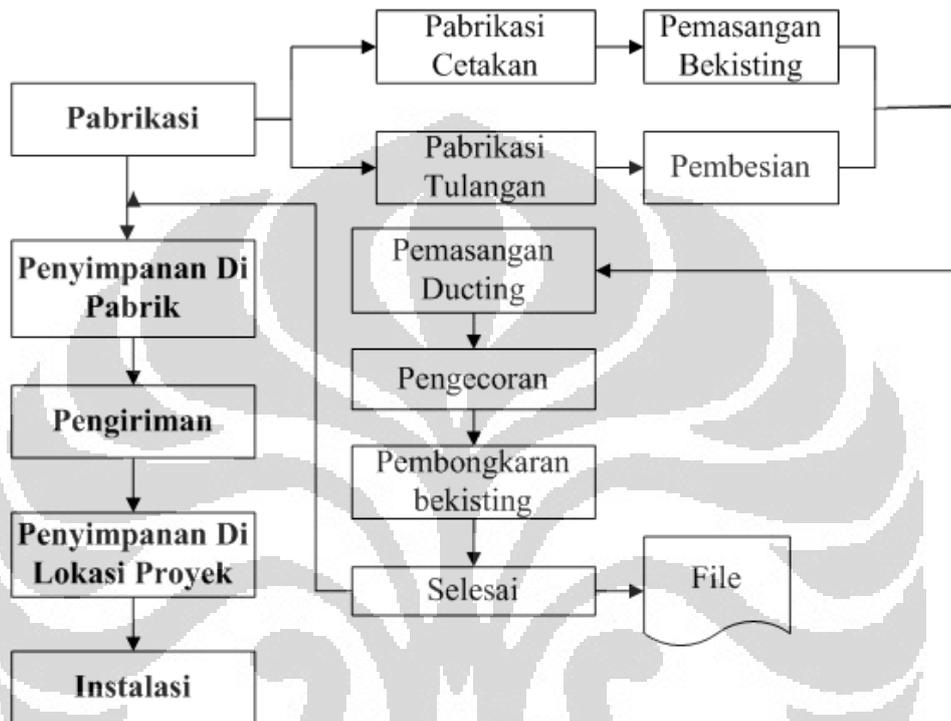
*Last Planner System* yang ditemukan oleh Ballard ketika menerapkan Lean Production untuk industri konstruksi merupakan sistem yang berfokus pada flow (*Flow View*). Selama pengembangan sistem ini tujuannya bergeser dari meningkatkan produktifitas menjadi peningkatan reliabilitas/keandalan dari aliran pekerjaan. Aliran pekerjaan dimulai dengan hasil disain yang lengkap. Selanjutnya pekerjaan akan ditentukan dari tujuan-tujuan dari desain tersebut. Sistem tarik atau *pull system* merupakan bagian penting dalam *Last Planner System*.

Hasil pengamatan oleh peneliti dalam dua perusahaan studi kasus ini walaupun secara tidak langsung perusahaan mengetahui tentang Lean Construction tetapi pada prakteknya telah melakukannya. Pada dasarnya konsep tersebut adalah melakukan perampingan pekerjaan sehingga proses tidak terlalu banyak dan menghabiskan waktu, biaya dan tenaga dalam jumlah yang besar. Dalam studi ini pekerjaan ataupun kegiatan yang akan dilakukn dalam produksi girder sama untuk setiap pemesanan. Perbedaan berada spesifikasi, jumlah dan waktu pemesanan yang dilakukan oleh klien.

Gambaran umum proses produksi untuk PCI GIRDER di Plant Precast tergambar dalam Diagram alir produksi sebagai gambar 5.1. Tiap-tiap bagian dari proses produksi memiliki urutan metode yang sama sebagai berikut:

1. Pemesian
2. Pemasangan ducting
3. Pemasangan bekisting

4. Pengecoran
5. Pembongkaran bekisting
6. Perawatan



Gambar 5.1 Diagram Alir Produksi Girder

Sumber : Olahan Penulis

Diagram diatas menjelaskan tentang pekerjaan yang dilakukan oleh perusahaan sebagai penghasil precast. Menurut kepala bagian produksi Perusahaan B bahwa skop pekerjaan yang dilakukan meliputi pabrikasi, penyimpanan di pabrik sebelum produk dikirim ke lokasi proyek, pengiriman produk dan pemnyimpanan di lokasi proyek apabila tidak langsung langsung dilakukan instalasi dan selanjutnya adalah instalasi. Dengan selesainya pekerjaan instalasi maka pekerjaan dianggap selesai. Untuk membuktikan produk sesuai dengan permintaan klien maka selama dibutuhkan sekitar 180 hari masa pemeliharaan untuk produk yang terpasang.

### 5.1.2 Tahap persiapan

Tahapan persiapan produksi PCI girder adalah sebagai berikut:

1. Persiapan produksi umum
  - a. Persiapan bahan
  - b. Persiapan alat
  - c. Persiapan tenaga kerja
  - d. Gambar dan metode kerja
  - e. Mix design beton
  
2. Persiapan pembesian
  - a. Potong – bengkok besi
  - b. Stel rangkai besi
  - c. Pasang Support Ducting
  - d. Setting pembesian diatas meja cetakan



Gambar 5.2 Perangkaian tulangan U-girder

3. Persiapan cetakan
  - a. Setting separator dan pemasangan casting
  - b. Setting cetakan per panjang segmen
  - c. Menambala celah yang terjadi pada saat menyambung segmen-segmen cetakan untuk mrncegahnya keluarnya air semen
  - d. Pembersihan dan *oiling* cetakan



Gambar 5.3 Pemasangan cetakan PC-U girder

4. Pengecoran
  - a. Pengecoran dilakukan dengan menggunakan *truck mixer* dan penuangan dilakukan dengan alat bantu *crane*
  - b. Pemadatan dilakukan dengan 2 jenis vibrator, eksternal dan internal vibrator
  - c. Pengecoran dilakukan *layer by layer*



Gambar 5.4 Pengecoran

## 5. *Curing*

- a. Perawatan beton dilakukan dengan terpal atau karung yang dibasahi agar tidak terjadi retak dengan menggunakan *curing compound*
- b. Untuk percepatan produksi bisa digunakan dengan sistem *steam curing*



Gambar 5.5 Proses Curing

6. Buka cetakan / demoulding

Bisa dilakukan apabila umur beton minimal telah mencapai 150kg/cm<sup>2</sup>



Gambar 5.6 Demoulding PC-U girder

7. *Stripping ke stockyard*

Dilakukan dengan alat bantu *crane* dan pada saat di lokasi stock yard harus diberi pengganjal apada lokasi yang tepat



Gambar 5.7 Pengangkutan ke stok area

#### 8. Labeling

Pada girder diberikan kode produksi untuk memudahkan pengecekan, *delivery* dan *install girder di site*.



Gambar 5.8 Pemberian Label

### 5.1.3 Peralatan produksi

#### 1. Cetakan/ acuan

Cetakan terbuat dari bahan baja kedap air dan tidak bocor yang dilengkapi dengan sistem pengaku, dengan menggunakan adjustable brace and tie rod sehingga tidak akan terjadi perubahan bentuk (*deformasi*) saat pelaksanaan pengecoran.

Cetakan yang tersedia untuk produksi 2 set adalah sejumlah

- 1 set cetakan untuk girder setinggi 2,1 m
- 1 set cetakan untuk girder setinggi 1,7 m

#### 2. Separator cetakan

Dalam proses produksi girder segmental terdiri dari tahapan produksi segmen ganjil dan segmen genap, sehingga diperlukan separator cetakan. Separator cetakan terbuat dari bahan baja kedap air dan tidak bocor baik untuk separator tepi maupun tengah serta tidak terjadi perubahan bentuk (*deformasi*) saat pelaksanaan pengecoran. Separator cetakan yang tersedia untuk produksi sejumlah 2 set untuk tiap cetakan dinding.

#### 3. Meja cetakan

Meja cetakan terbuat dari bahan baja dan beton datar, rata dan lurus sehingga tidak akan terjadi penurunan meja cetakan saat pelaksanaan pengecoran.

### 5.1.4 Tahapan produksi girder segmental

#### 5.1.4.1 Produksi segmen ganjil

1. Pengukuran dan penandaan ukuran segmen-segmen di meja. Setting segmen ganjil pada meja cetakan
2. Setting rangkaian besi ke meja cetakan dengan bantuan mobile crane
3. Pemasangan ducting dan pengecekan koordinat tendon
4. Penutupan separator dan cetakan dinding. Pengecekan dimensi meliputi: panjang, lebar, kelurusan dan ketegakan cetakan. Agar tidak terjadi

perubahan bentuk (deformasi) cetakan dilengkapi dengan pengaku/*adjustable brace* dan *tie rod*

5. Pengecoran
6. *Covering and curing*

#### 5.1.4.2 Produksi segmen genap

1. Pembongkaran cetakan dinding, separator segmen ganjil dan setting untuk segmen genap
2. Setting pembesian untuk segmen genap
  1. Penutupan cetakan untuk segmen genap
  2. Pengecoran untuk segmen genap
  3. Pemindahan girder dari meja cetakan setelah kekuatan beton mencapai 150 kg/cm<sup>2</sup>

#### 5.1.5 Metode pengecoran

1. Pengecekan kadar air agregat kasar dan halus
2. Pembuatan job formula beton
3. Batching/penimbangan material sesuai dengan job mix
4. Mixing/pencampuran material yang ditimbang
5. Penuangan ke truck mixer dan pengiriman ke lokasi pengecoran
6. Mixing di truck mixer
7. Check slump dan yield beton segar
8. Pembongkaran dengan lata bantu bucket dan mobile crane
9. Pengecoran dilakukan berlapis, Pada lapisan pertama vibrator yang digunakan adalah vibrator eksternal yang ditempel di dinding cetakan. Lapisan kedua dan ketiga pematatannya menggunakan vibrator internal
10. Perawatan beton dengan menggunakan curing compound dilakukan setelah cetakan dibuka.

#### 5.1.6 Analisis

Sesuai dengan hasil observasi yang ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar 5.1 sudah menjelaskan pekerjaan-pekerjaan apa saja yang harus

dilakukan. Setiap item pekerjaan dilaksanakan oleh tenaga yang ahli dibidang. *Enginner*, Pelaksana Produksi, *Quality Control*, Teknisi Laboratorium akan melaksanakan tugas sesuai dengan tahapan-tahapan pekerjaan yang direncanakan.

Berdasarkan aliran diagram tersebut dan wawancara dengan narasumber dilapangan, diketahui bahwa dalam proses pabrikasi besi merupakan sumber limbah besi. Proses tersebut lebih jelasnya terdapat pada saat pemotongan besi. Pemotongan besi dimulai saat “bestat” yaitu proses rekapitulasi ukuran, bentuk dan desain dari potongan besi yang diinginkan. Dari hasil ini pekerja akan memotong besi utuh dengan panjang tertentu, misalnya 18 m, menjadi beberapa potongan dengan ukuran berbeda. Sisa pemotongan besi tersebut yang tidak dapat digunakan lagi bahkan untuk produk lain maka akan menjadi limbah. Peran pekerja sangat perlu diperhatikan dalam pekerjaan ini. Walaupun tulangan akan mengalami deformasi setelah penarikan */stressing* dan bagian itu akan juga menjadi limbah, tetapi dapat dilakuakn tindakan efisiensi pada saat proses *bestat*.

Selanjutnya untuk masalah limbah beton dihasilkan pada pengecoran. Penilaian terhadap limbah ini sangat sulit untuk dijelaskan. Pada proses ini dimulai dengan pencampuran material agregat, air dan semen pada mesin mixer selanjutnya campuran beton dipindahkan ke bucket ataupun truck mixer untuk dibawa ke meja kerja. Kemudian dilakukan pengecoran pada bekisting yang tersedia. Kegiatan tersebut dilakukan hingga bekisting penuh dengan beton segar. Untuk proses ini sangat dimungkin tidak dihasilkannya limbah. Pada akhitanya truck mixer atau bucket concrete yang digunakan akan dicuci, untuk membersihkan beton segar yang melekat. Sehingga dari proses keseluruhan pengecoran limbah yang dihasilakn adalah akibat pencucian yang jumlahnya tidak pernah dihitung oleh pabrik tetapi menurut perkiraan limbah tersebut tidak melebihi 3% volume.

Limbah lainnya adalah dihasilkan pada pembongkaran bekisting. Pada proses ini produk yang dihasilkan mengalami *crack*. Retakan yang terjadi harus menjadi limbah dan jumlah dibandingkan dengan ukuran produk girder sangat kecil. Tetapi jika retakan yang terjadi yang mengakibatkan kualitas

beton tidak layak digunakan secara teknis maka produk tersebut semuanya menjadi limbah.

## 5.2 Analisa Produksi

Proses manajemen konstruksi merupakan proses di mana desain rinci berubah menjadi konstruksi/fabrikasi dan rencana ke dalam hari-hari koordinasi dan pengendalian proses di lokasi atau di pabrik. Aliran material dan informasi dalam produksi girder dikerjakan dalam beberapa tim dimana setiap tim melakukan pekerjaan secara spasial. Masing-masing tim saling terkait untuk menghasilkan produk yang diinginkan oleh pelanggan. Untuk itu perlu kerja sama tim yang baik dan juga kejelasan informasi dan komunikasi untuk menghindari konflik yang berakibat kepada tidak selesainya pekerjaan.

### 5.2.1 Perencanaan Pekerjaan (*Planing*)

Perencanaan dilakukan sedetail mungkin hingga mendekati pekerjaan sebenarnya. Dalam membuat perencanaan harus bekerja sama dengan orang yang akan melaksanakan pekerjaan tersebut. Hambatan –hambatan dalam proyek perlu didiskusikan bersama dan diselesaikan bersama. Perencanaan pekerjaan ini tidak terbatas pada bagian teknis, tetapi juga semua aspek yang terlibat langsung atau tidak langsung didalam proyek.

Dalam perencanaan pelaksanaan proyek maka pekerjaan dibagi secara terstruktur menjadi *Work Breakdown Structure*. *Milestone-milestone* dapat dibagi berdasarkan pembagian kegiatan dalam WBS. Dari penentuan milestone tersebut maka dapat dilakukan strategi-strategi pelaksanaan proyek. Berdasarkan pengalaman dan keahlian dalam pelaksanaan proyek maka jadwal proyek (*master Schedule*) dapat disusun.

Semua pekerjaan yang berada di pabrik dapat dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi yang dijelaskan di proyek terutama masalah waktu yang disepakati. Tidak ada permasalahan yang berarti yang menyebabkan kedua belah pihak untuk duduk membicarakan akibat perbedaan persepsi. Keberhasilan pekerjaan ini dikarenakan antara pihak pabrik dan pihak klien memiliki persepsi yang sama terhadap barang yang di pesan oleh klien.

Proses produksi di pabrik sangat bergantung pada surat perintah produksi yang menjelaskan semua informasi yang disepakati dalam kontrak yaitu biaya, kualitas dan waktu pelaksanaan terkait pesanan dari klien. Apabila bagian produksi mengalami kesulitan akibat kurangnya informasi dari klien maka pihak pabrik akan segera membahas hal tersebut sehingga tidak terjadi perbedaan persepsi antara klien dengan pihak adhimix.

### 5.2.2 Pengukuran PPC

Tidak ada masalah yang berarti sehingga kegiatan yang dilaksanakan selalu diselesaikan dengan tepat waktu. Dengan begitu maka sesuai dengan *Last Planner System* maka PPC untuk semua kegiatan yang dilakukan adalah 100%. Hal ini tidak terlalu mengejutkan karena pada dasarnya pabrikasi precast merupakan industri manufaktur bukan bagian dari konstruksi. semuanya sudah tersistem dengan baik sehingga jika produktivitasnya kecil maka hal tersebut yang harus dipertanyakan. Tetapi jika hal peranan perusahaan precast berbeda, misalnya, sebagai subcontractor yang menjadi penyedia dan penginstal girder kemungkinan terjadinya kegiatan yang direncanakan tidak selesai memiliki peluang. Dimana di kegiatan proyek yang sangat padat dan dipenuhi oleh pekerja.

Tabel 5.1 PPC

Task Item	Week I	Week II	Week III	Week IV
Planned	3	3	6	6
Completed	3	3	6	6
PPC	100%	100%	100%	100%

Sumber : Olahan Penulis

Menurut pengalaman biasanya yang menjadi penyebab utama pekerjaan tidak selesai adalah peralatan (*Equipment*). Peralatan sangat besar potensinya menjadi penyebab tidak selesainya pekerjaan terutama crane selama melakukan pengangkatan dan pengangkutan girder di lokasi proyek. masalah berikutnya yang menjadi penyebab tidak selesainya proyek adalah

masalah cuaca yang tidak menentu dilokasi proyek. hal ini benar-benar diluar kendali dari setiap orang. Kecuali semua kegiatan yang dilakukan di pabrik, masalah cuaca terutama hujan tidak akan menghentikan pekrjaan di pabrik.

Tabel 5.2 Alasan kegagalan Rencana

No	Reason for Noncompletion	Description
1	Client	controlled
2	Engineering	controlled
3	Material	controlled
4	Equipment	controlled
5	Craft	controlled
6	Pre-Requisite	controlled
7	Subcontractor	controlled
8	Plan	controlled
9	Weather	controlled
10	Other	controlled

Sumber : Olahan Penulis

Sulit untuk menentukan faktor-faktor yang mendukung keberhasilan dalam pekerjaan produk yang dikerjakan. Karena data yang didapatkan dari studi kasus ini merupakan data pekrjaan yang sudah selesai. Untuk itu, peneliti melakukan wawancara terkait dengan faktor-faktor yang mempengaruhi selesai dan tidak selesainya pekerjaan yang direncanakan. Berdasarkan pengalaman kepala produksi dan supervisor produksi perusahaan A maka didapatkan hasil seperti tabel diatas.

### 5.3 Analisa Limbah

Konseptualisasi proses desain dan konstruksi sebagai aliran informasi dan bahan sesuai untuk mengurangi limbah dengan meminimalkan informasi

waktu atau bahan menghabiskan menunggu untuk digunakan, waktu yang dihabiskan informasi memeriksa atau bahan untuk kesesuaian terhadap persyaratan, waktu yang dihabiskan informasi pengerjaan ulang atau bahan untuk mencapai kesesuaian dan waktu yang dihabiskan untuk pemindahan. Kenyataan bahwa PPC mencapai nilai 100% menggambarkan bahwa untuk mencapai produk yang diinginkan maka pekerjaan tersebut dikerjakan oleh orang yang tepat, waktu yang tepat dan melakukan hal-hal yang direncanakan.

Selama pelaksanaan proses produksi girder limbah (*waste*) yang dominan adalah: 1. Beton 2. Besi

### 5.3.1 Beton

Proses produksi hampir tidak menghasilkan limbah. Dalam perhitungan mix design, bagian teknis memberikan toleransi volume hingga 2% atau dengan kata lain untuk 1 m<sup>3</sup> maka volume lebih yang dapat ditoleransi adalah 20 liter beton basah. Tetapi bagian produksi mensyaratkan untuk toleransi di pabrik lebih kecil yaitu 1% sehingga untuk 1 m<sup>3</sup> campuran beton maka dapat ditoleransi 10 liter saja. Karena dimensi girder dalam ukuran besar maka secara langsung volumenya juga besar dengan demikian persentase yang kecil juga menghasilkan limbah yang perlu diperhatikan.

Limbah dalam proses produksi memang kecil. Kecuali sisa-sisa pencucian *truck mixer*. Limbah ini sangat sulit untuk diketahui seberapa besar jumlahnya. Berdasarkan pengalaman produksi limbah yang dihasilkan tidak melebihi 3% dari total volume penggunaan campuran beton. Perhitungan ini berdasarkan asumsi bahwa toleransi 2% tidak digunakan dan limbah hasil pencucian mixer dan retakan yang terjadi serta kemungkinan agregat mengandung lumpur tidak sesuai ketentuan. Tetapi limbah ini tidak sekedar dibuang karena dapat digunakan sebagai *kensh*, untuk bahan bataco dan timbunan untuk rumah maupun jalan.

Secara teknis memang kualitas dari limbah ini tidak sama, tetapi penggunaan kembali limbah ini, misalnya untuk bataco, memberikan nilai ekonomis. Selain itu juga dengan penggunaan kembali limbah ini maka jumlah

limbah yang dibuang ke TPA akan berkurang sehingga pencemaran terhadap lingkungan juga berkurang.

Untuk mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan dari proses produksi precast ini, selain penggunaan kembali, diperlukan peningkatan kualitas produksi yang lebih besar. Merencanakan pekerjaan dengan baik, melaksanakan pekerjaan sesuai dengan rencana harus didukung juga dengan kualitas tenaga kerja dan peralatan yang lebih baik. Peningkatan produksi dari tenaga kerja dapat dilakukan dengan mengadakan pelatihan terhadap sesuai dengan fokus pekerjaan masing-masing dan untuk peralatan diperlukan pemeliharaan yang teratur.

### 5.3.2 Besi

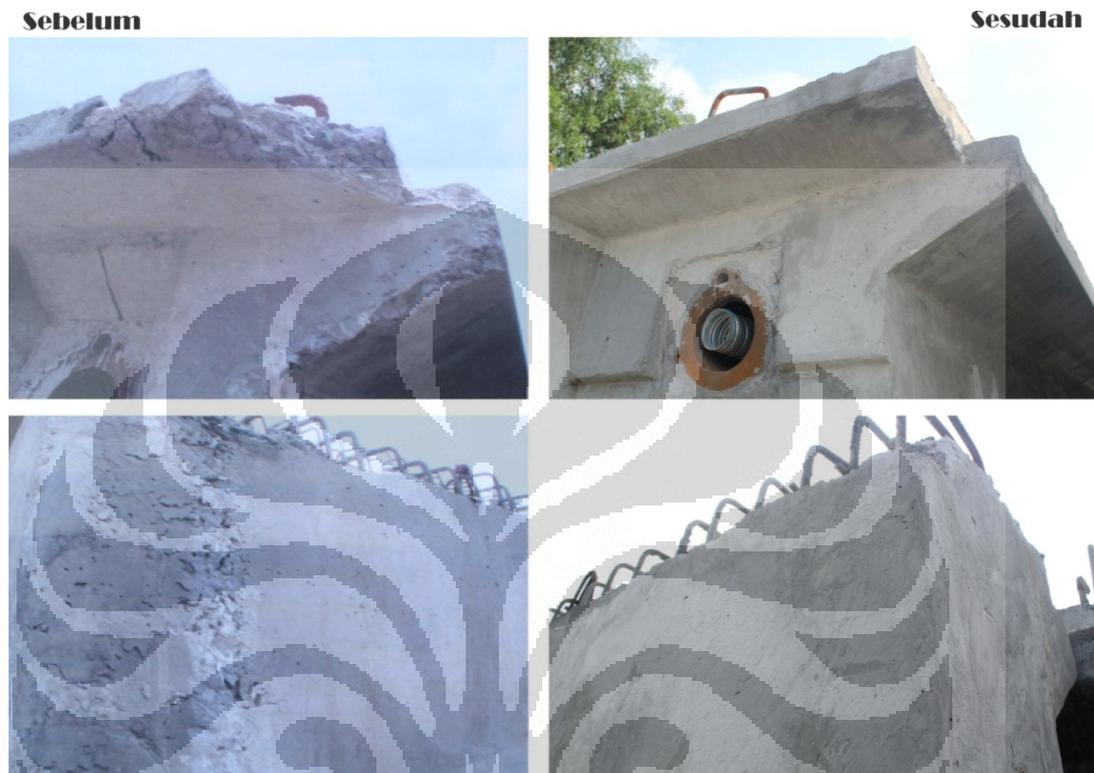
Penggunaan material ini dalam jumlah besar sebagai tulangan setiap produk yang ditawarkan. Sehingga pekerjaan pembesian tidak terfokus pada satu produk saja. pengukuran besi sangat penting untuk hal ini. Limbah yang dihasilkan proses produksi hanya 1 % pada umumnya. Limbah ini seperti dijelaskan pada penjelasan gambar 5.1 bahwa limbah besi dihasilkan pada proses pabrikasi besi. Proses ini dimulai dengan “bestat” yaitu proses pentuan dimensi dan bentuk dari besi yang akan dirangkai sebagai tulangan.

Penentuan dimensi dan bentuk rangkaian ini biasanya dalam pencacatan manual atau dengan menggunakan Microsoft Excel. Penggunaan besi dalam beberapa produk menyebabkan ukuran yang diinginkan juga beragam sehingga untuk menghindari kesalahan pemotongan dan optimalisasi penggunaan besi diperlukan pendataan yang lebih canggih. Apabila dimungkinkan dengan menggunakan program berbasis computer yang tidak bisa mencakup pendataan stock besi dan pemotongan sesuai dengan ketentuan.

## 5.4 Temuan

Jam kerja yang dihabiskan untuk pengerjaan ulang untuk memperbaiki karya asli tidak memuaskan mewakili waktu ekstra diambil dari jam kerja potensial. Jam kerja yang berkaitan dengan kegiatan tersebut harus

dipotong dari jam kerja potensial untuk mendapatkan hasil kerja yang sebenarnya produktif

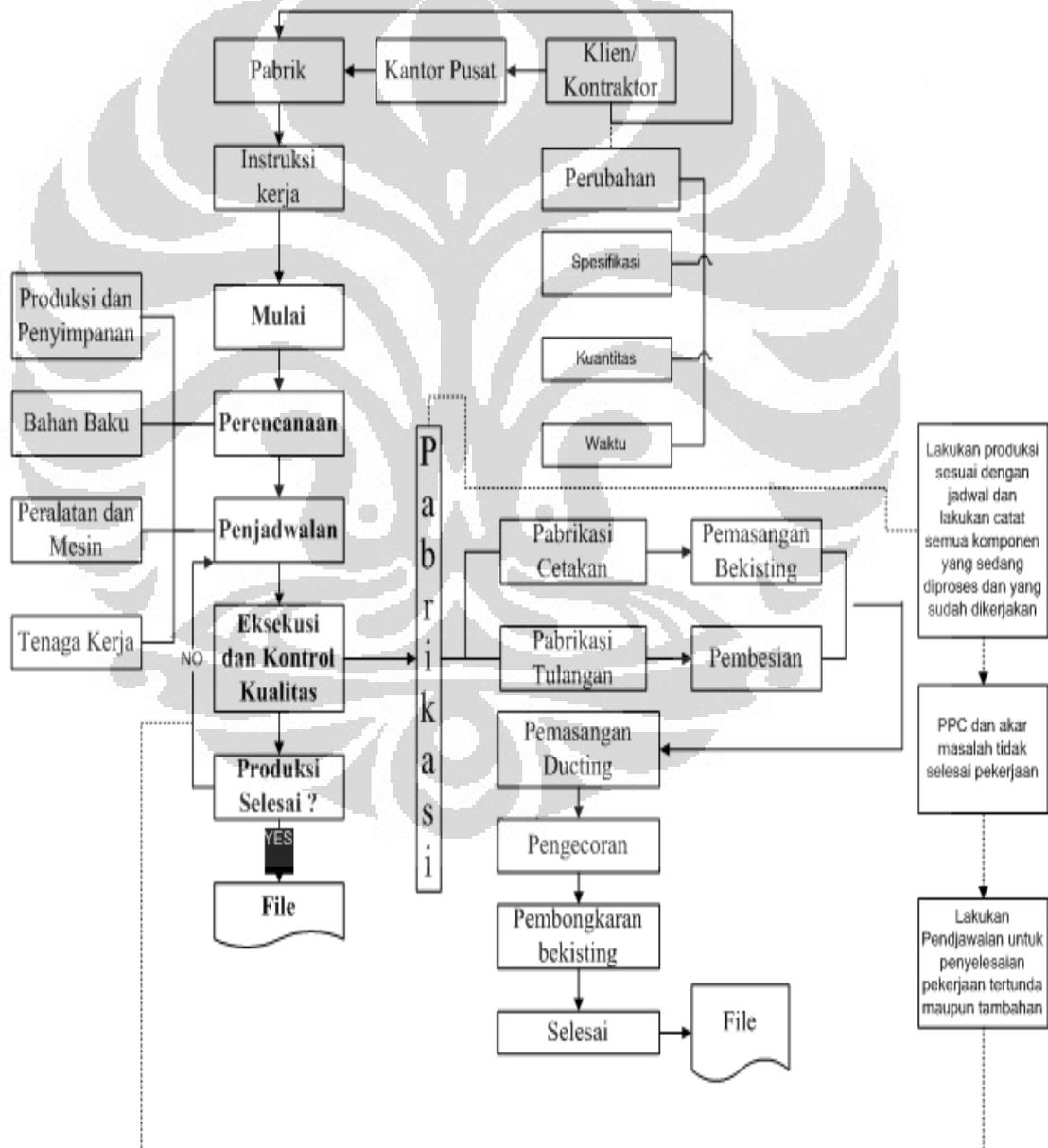


Gambar 5.9 Contoh Defect dan masih bisa diperbaiki

Sumber: Data lapangan olahan penulis

Setelah melakukan semua proses sesuai dengan prosedur dan semua syarat teknis dilaksanakan kemungkinan terjadinya cacat terhadap hasil juga masih ada. Seperti yang terdapat gambar hasil yang ditemukan terjadinya gambar berikut. Jika produk tersebut dipertahankan maka klien tidak akan menerima sehingga harus diadakan pekerjaan perbaikan untuk mendapatkan produk sesuai dengan keinginan klien. Setiap cacat yang ada harus diperbaiki sesuai dengan ketentuan teknis yang disyaratkan dalam kontrak. Bagian teknis harus memeriksa terlebih dahulu apakah spesifikasi tersebut masih layak digunakan untuk demi keselamatan penggunaan.

Berdasarkan hasil studi kasus ini memang ditemukan bahwa limbah yang dihasilkan dalam produksi precast girder di pabrik cukup kecil dalam persentase. Karena konsep lean merupakan konsep untuk menambah nilai dan mengurangi limbah maka lean dapat dinyatakan berhasil untuk bidang konstruksi meskipun dibutuhkan banyak perbaikan diberbagai aspek. Selain itu Last Planner system juga menuntuk untuk hasil produksi yang baik sehingga dalam hal ini peneliti memeberikan suatu scenario produksi untuk peningkatan produktivitas dari pekerjaan di pabrik sebagai berikut:



Gambar 5.10 Diagram alir Produksi precast baru

## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari dua pelaksanaan studi kasus di pabrik precast diketahui bahwa dengan menggunakan konsep *Lean Construction* maka limbah dalam pelaksanaan proyek konstruksi dapat dikurangi. Penelitian dilakukan pada dua perusahaan precast berbeda. Perusahaan tersebut adalah perusahaan yang menyediakan produk-produk beton precast. Pelayanan terhadap pelanggan dilakukan dengan menyediakan produk precast antara lain :

1. Beam Column slab System
2. Facade
3. Diaphragm wall, PC Pile
4. PC Slab
5. Girder

Balok girder pratekan adalah balok pracetak struktur yang digunakan sebagai elemen struktur atas jembatan untuk mendukung beban gravitasi dan beban hidup. Dibuat oleh monolite dan segmental yang terdiri dari beberapa komponen sebagian kecil selama fabrikasi di pabrik beton pracetak dan menyelesaikan menekankan di tempat situs sebelum pekerjaan ereksi. Dari data dan pembahasan yang dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan ;

1. Selama proses produksi girder pekerjaan yang menghasilkan limbah seperti dibahas pada halaman 55-64 adalah sebagai berikut
  - a. Proses Fabrikasi besi pada pemotongan besi
  - b. Pengecoran pada pencucian *truck mixer* atau *concrete bucket*
  - c. Pembongkaran bekisting
2. Sistem *lean construction* yang diterapkan pada proyek konstruksi jembatan seperti dijelaskan dalam pembahasan halaman 55-64 memberikan hasil sebagai berikut:

- a. Jumlah material limbah yang dihasilkan selama proses produksi Girder precast adalah 3% dari volume direncanakan dan 1 % dari total berat rencana.
- b. Perbaikan produksi dan penurunan timbulnya limbah beton dan besi dapat dilakukan dengan memberikan pelatihan untuk meningkatkan kualitas tenaga kerja, pemeliharaan peralatan dan penggunaan program berbasis komputer.

## 6.2 Saran

Selama penelitian ini banyak hal yang menjadi kendala untuk menadapat data yang lebih akurat, maka dari itu penulis memberikan beberapa saran:

1. Untuk peneliti selanjutnya yang ingin melakukan penelitian yang sama sebaiknya melakukan studi kasus pada proyek yang sedang berlangsung sehingga kontrol terhadap perencanaan dan pelaksanaan bisa dilakukan oleh peneliti
2. Konsep *Lean Construction* dan *Last Planner System* sebaiknya diadakan simulasi dulu sebelum melakukan penilaian dan analisa.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Duncan ,William R.,(1996). a guide to the Project Management body of knowledge. USA: PMI
- [2] Gouet , Michael C., Haas ,Carl T., & Goodrum, Paul M.(2011). Activity Analysis for Direct-Work Rate Improvement in Construction. *Journal Of Construction Engineering And Management*, ASCE, pp 1117-1124
- [3] Nugroho, P. S.,(2012). Peningkatan Produktivitas Konstruksi Melalui Pemilihan Metode Konstruksi. *Dinamika Rekayasa* Vol. 8,pp 25-30
- [4] Rizt, George J.,(1994). *Total Construction Management Project*. Mc-graw Hill Companies
- [5] Ekanayake, L. L.; Ofory, George,(2000, August). *Construction Material Waste Source Evaluation*. Paper Presented At Proceedings: Strategies for a Sustainable Built Environment, Pretoria
- [6] Alwi, S.; Hampson, K. and Mohamed, S. (2002, November) . Waste in the Indonesian Construction Project. Paper Presented at *Proceedings of the 1st International Conferences of CIB W107 – Creating a Sustainable Construction Industry in Developing Countries*, South Africa
- [7] Derek Osborn: "Introduction to Building" Mitchell 's Building Series, 1995
- [8] Koskela, L. (1992). *Application of The New Production Philosophy to The Construction Industry*. *CIFE Technical Report Nu. 72*, CIFE, Standford University.
- [9] Polat, Gul and Ballard, Glenn , (2004). *Waste In Turkish Construction: Need For Lean Construction Techniques*
- [10] Chagnon , Nathalie and Lounis , Zoubi. (2006, August). *Field Performance Of Prestressed Concrete Bridge Girders Protected By Cathodic Protection And Concrete Surface Treatment*. This Paper presented at 7th International Conference on Short and Medium Span Bridges, Montreal
- [11] Henry, M. and Kato, Y.(2012) .*Perspectives on Sustainable Practice and Materials in the Japanese Concrete Industry*. *Journal Of Materials In Civil Engineering* © ASCE / March 2012 / 275-288
- [12] Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi beton*. Yogyakarta: Andi

- [13] Kementerian Permukiman Dan Prasarana Wilayah .( 2003). *Konstruksi Indonesia*. Jakarta: Penulis
- [14] Barric. D.S. dan Paulson. B.C.," *Managemen Konstruksi Profesional* ". Terjemahan Sudinarto. Erfangga, 1995,HaL8-10
- [15] Lounis, Z., Mirza, M. S., & Cohn, M. Z.(1997). *Segmental And Conventional Precast Prestressed Concrete I-Bridge Girders*
- [16] Bell , C., Shield Carol K. French ,Catherine.(2006, September). *Application of Precast Decks and Other Elements to Bridge Structures Final Report*. This Paper presented for Department of Civil Engineering University of Minnesota
- [17] Nurjannah, S.A.(2011, Oktober). *Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak Sebagai Alternatif Pada Teknologi Konstruksi Indonesia Yang Mendukung Efisiensi Energi Serta Ramah Lingkungan*. Prosiding Seminar Nasional Avoer Ke-3 Palembang
- [18] Howell, Gregory A. (1999). *What Is Lean Construction-1999. Proceedings IGLC-7 26-28 July 1999, University of California, Berkeley, CA, USA*
- [19] Pettersen, Jostein. (2008). *Defining Lean Production: Some conceptual and practical issues*. Division of Quality Technology and Management & Helix VINN Excellence Centre Linköping University, Sweden
- [20] Pinch, Lauren.(2005,November). *Industry Trims ItsWaistline With Emerging Project Management Method*. *Construction Executive* pp. 34-37
- [21] Koskela, L. (1992). *Application of The New Production Philosophy to The Construction Industry. CIFE Technical Report Nu. 72*, CIFE, Standford University.
- [22] Koskela, L. (1992). *Application of The New Production Philosophy to The Construction Industry. CIFE Technical Report Nu. 72*, CIFE, Standford University.
- [23] Koskela, L. (1992). *Application of The New Production Philosophy to The Construction Industry. CIFE Technical Report Nu. 72*, CIFE, Standford University.

- [24] Nugroho, P. S.,(2012). Peningkatan Produktivitas Konstruksi Melalui Pemilihan Metode Konstruksi. *Dinamika Rekayasa* Vol. 8,pp 25-30
- [25] Howell, Gregory A. (1999). *What Is Lean Construction-1999. Proceedings IGLC-726-28 July 1999, University of California, Berkeley, CA, USA*
- [26] Koskela, L. (1992). *Application of The New Production Philosophy to The Construction Industry. CIFE Technical Report Nu. 72, CIFE, Standford University.*
- [27] Pinch, Lauren.(2005,November). *Industry Trims ItsWaistline With Emerging Project Management Method.* *Construction Executive* pp. 34-37
- [28] Koskela, L. (1992). *Application of The New Production Philosophy to The Construction Industry. CIFE Technical Report Nu. 72, CIFE, Standford University.*
- [29] Likker, Jeffrey. (2003). *The Toyota Way.* USA: Mc'Graw Hill.
- [30] Polat, Gul and Ballard, Glenn , (2004). *Waste In Turkish Construction: Need For Lean Construction Techniques*
- [31] Formoso, et al. (2002, Juli/Agustus) . *Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention.* *Journal Of Construction Engineering And Management*
- [32] Santosa, Budi. (2004). *Pengelolaan Limbah Konstruksi pada Proyek Perumahan.* TesisManajemen Konstruksi, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [33] Ballard, Glenn. (1999). *Improving Work Flow Reliability. Proceedings IGLC-7, University of California, Berkeley, CA, USA*
- [34] Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction.* Disertation for the degree of doctor of technology, Helsinki University Of Technology, Finland.
- [35] Ballard, H.G. (2000). *The Last Planner System Of Production Control.* Thesis for thedegree of DOCTOR OF PHILOSOPHY. Faculty of Engineering of The University of Birmingham
- [36] Choo , Hyun Jeong et al. (2004). *DePlan: a tool for integrated design management.* ScienceDirect: *Automation in Construction* 13 (2004) 313–326

- [37] Ballard , Glenn. (1994). *The Last Planner*. Lean Construction Institute's
- [38] Ballard, H.G. (2000). *The Last Planner System Of Production Control*. Thesis for the degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY. Faculty of Engineering of The University of Birmingham
- [39] Jensen, Kenneth Brinch. (2010). *Identifying the Last Planner System : Lean management in the construction industry 1<sup>st</sup> Edition*. PhD Series 25: PhD School LIMAC PhD programme in Technologies of Managing Department of Operations Management Copenhagen Business School
- [40] Bortolazza, R. C.; Costa, D. B.& Formoso, C. T.(2005). *A QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE LAST PLANNER SYSTEM IN BRAZIL*. Proceedings IGLC-13, July 2005, Sydney, Australia
- [41] *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: Third Edition*. (2004). PMI
- [42] Wiley, et al (2001). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling Seventh Edition*. USA: Jhon Wiley & Son, inc.
- [43] Callahan, M. T.(1992). *Construction Project Scheduling*. Singapore: McGraw-Hill
- [44] Uher, Thomas E. (2003). *Programming And Scheduling Techniques*. Sydney :UNSW

## DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, S., Hampson, K., & Mohamed, S. (2002). *Waste in the Indonesian Construction Project*. 1st International Conferences of CIB W107 – Creating a Sustainable Construction Industry in Developing Countries.
- Ballard, G. (1999). *Improving Work Flow Reliability*. IGLC-7.
- Ballard, G. (1994). *The Last Planner*. Lean Construction Institute's .
- Ballard, G., & G, H. (1998). *What Kind Of Production Is Construction?* Proceedings IGLC '98.
- Bell, C., Shield, C. K., & French, C. (2006). *Application of Precast Decks and Other Elements to Bridge Structures Final Report*. Minnesota: Department of Civil Engineering University of Minnesota.
- Bortolazza, R. C., Costa, D. B., & Formoso, C. T. (2005). *A Quantitative Analysis Of The Implementation Of The Last Planner System In Brazil*. Proceedings IGLC-13. Sydney, Australia: IGLC.
- Budi, W. I. (2011). *Identifikasi Faktor-faktor Penyebab Keterlamabatan Waktu Konstruksi Yang Dianalisa dengan Konsep Lean Construction*. Depok: Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Callahan, M. T. (1992). *Construction Project Scheduling* . Singapore: McGraw-Hill.
- Chagnon, N., & Lounis, Z. (2006). *Field Performance Of Prestressed Concrete Bridge Girders Protected By Cathodic Protection And Concrete Surface Treatment*. 7th International Conference on Short and Medium Span.
- Choo, H. J. (2004). *DePlan: a tool for integrated design management*. Automation in Construction 13 .
- Duncan, W. R. (1996). *A Guide to The Project Management Body of Knowledge*. USA: PMI.
- Ekanayake, L. L., & Ofory, G. (2000). *Construction Material Waste Source Evaluation*. Strategies for a Sustainable Built Environment. Pretoria.
- Formoso, Soibelman, Cesare, D., & Isatto. (2002). *Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention*. Journal Of Construction Engineering And Management .

Gouet, M. C., Haas, C. T., & Goodrum, P. (2011). *Activity Analysis for Direct-Work Rate Improvement in Construction*. Journal Of Construction Engineering And Management, ASCE , 1117-1124.

Gunawan. (2006). *Optimasi Manajemen Material Guna Meminimalisasi Limbah Konstruksi dalam Multiple Project*. Depok: Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Henry, M., & Kato, Y. ( 2012 ). *Perspectives on Sustainable Practice and Materials in the Japanese Concrete Industry*. Journal Of Materials In Civil Engineering © ASCE , 275-288.

Howell, G. A. (1999). *What Is Lean Construction-1999*. IGLC-7.

Jensen, K. B. (2010). *Identifying the Last Planner System : Lean management in the construction industry 1st Edition*. PhD Series 25: PhD School LIMAC PhD programme in Technologies of Managing Department of Operations Management Copenhagen Busine.

Kementrian Permukiman Dan Prasarana Wilayah . (2003). *Konstruksi Indonesia*. Jakarta.

Koskela, L. (1992). *Application of The New Production Philosophy to The Construction Industry*. Standford University: CIFE Technical Report Nu. 72, CIFE.

Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Finland: Helsinki University Of Technology.

Lounis, Z., Mirza, M. S., & Cohn, M. Z. (1997). *Segmental And Conventional Precast Prestressed Concrete I-Bridge Girders*.

Mulyono, T. (2004). *Teknologi beton*. Yogyakarta: Andi.

Nugroho, P. S. (2012). *Peningkatan Produktivitas Konstruksi Melalui Pemilihan Metode Konstruksi*. . Dinamika Rekayasa Vol. 8 , 25-30.

Nurjannah, S. (2011). *Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak Sebagai Alternatif Pada Teknologi Konstruksi Indonesia Yang Mendukung Efisiensi Energi Serta Ramah Lingkungan*. Seminar Nasional Avoer Ke-3 Palembang.

Paulson, B. C., & Barric, D. S. (1995). " *Managemen Konstruksi Profesional* ". *Terjemahan Sudinarto*. Erlangga.

Pettersen, J. (2008). *Defining Lean Production: Some conceptual and practical*.

Pinch, L. (2005). *Industry Trims ItsWaistline With Emerging Project Management Method*. Construction Executive , 34-37.

Polat, G., & Ballard, G. (2004). *Waste In Turkish Construction: Need For Lean Construction Techniques*.

Rizt, G. J. (1994). *Total Construction Management Project*. Mc-graw Hill Companies.

Santosa, B. (2004). *Pengelolaan Limbah Konstruksi pada Proyek Perumahan*. Depok: Tesis Manajemen Konstruksi Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia.

Tunafiah, H. (2003). *Pengaruh Tingkat Pemahaman Pracetak Terhadap Kinerja Waktu Pada tahap Pekerjaan Struktur Atas Bangunan Gedung di Indonesia*. Depok: Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Uher, T. E. (2003). *Programming And Scheduling Techniques*. Sydney : UNSW .

Wiley. (2001). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling Seventh Edition*. . USA: Jhon Wiley & Son, inc.



# Lampiran

**Lampiran 1. Dokumentasi foto lapangan**



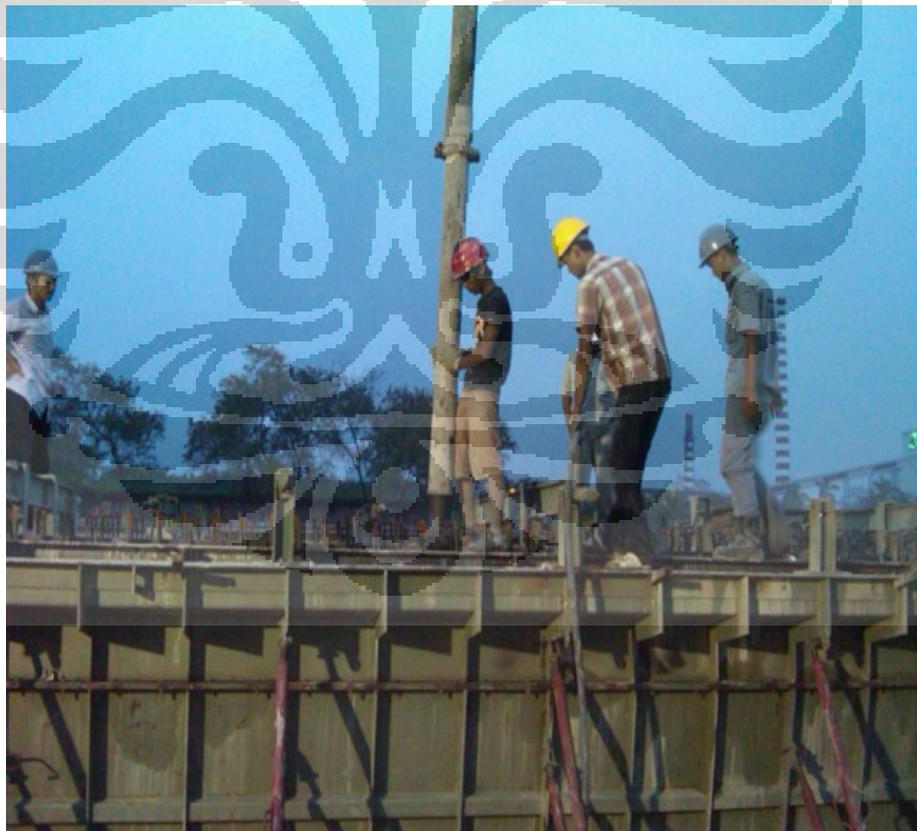
Gambar 6.1 Pembersihan cetakan



Gambar 6.2 Pabrikasi Tulangan



Gambar 6.3 Pengecekan Slump



Gambar 6.4 Pengecoran



Gambar 6.5 Pengecekan Kualitas



Gambar 6.6 Pengiriman PC-U Girder



Gambar 6.7 Delivery Stressing Installation PC-U Girder



Gambar 6.8 Limbah Besi



Gambar 6.9 Limbah Beton



Gambar 6.10 Limbah Campuran Beton Segar

**Lampiran 2: Daftar Pertanyaan**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS APLIKASI LEAN CONSTRUCTION UNTUK  
MENGURANGI LIMBAH PADA PROYEK KONSTRUKSI  
JEMBATAN**

**DAFTAR PERTANYAAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK**

**MEI 2012**

1. Apa peran Perusahaan anda dalam proyek “Jembatan Griya Nusantara Bogor”

Jelaskan!

Untuk proyek ini Adhimix berperan sebagai suplier

2. Dalam keterlibatan di proyek tersebut apa saja yang menjadi tugas Perusahaan anda?
3. Apakah jadwal proyek atau “Master Schedule Proyek” menjadi patokan pekerjaan Perusahaan anda? Jelaskan!
4. Dari pekerjaan yang anda rencanakan apa saja adakah pekerjaan yang tidak selesai? Jelaskan!
5. Apa alasan pekerjaan tersebut tidak selesai ?

No	Reason for Noncompletion	Description
1	Client	
2	Engineering	
3	Material	
4	Equipment	
5	Man Power	
6	Pre-Requisite	
7	Subcontractor	
8	Plan	
9	Weather	
10	Other	

6. Dari proses produksi yang dilaksanakan di pabrik:
  - a) Pembesian

- b) Pemasangan ducting
- c) Pemasangan bekisting
- d) Pengecoran
- e) Pembongkaran bekisting
- f) Perawatan

Pekerjaan manakah yang menjadi sumber limbah beton dan besi?

7. Adakah bentuk kegiatan yang diadakan untuk mengurangi jumlah limbah tersebut?



### Lampiran 3: Form Data Narasumber

#### DATA NARA SUMBER

1. Nama :
2. Jenis Kelamin :
3. Umur :
4. Nama Perusahaan :
5. Jabatan :
6. Pengalan Kerja : (tahun)
7. Pendidikan Terakhir : SLTA/D3/S1/S2/S3/ (coret yang tidak perlu)
8. Tanda tangan



Lampiran 5: Kapasitas Produksi

# KAPASITAS PRODUKSI

## PC I GIRDER ; POST-TENSIONED

### 1 CYCLE TIME PRODUKSI

No	Uraian pekerjaan	Durasi (jam)	Waktu Pelaksanaan (jam ke ....)															Hari ke	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	2	3
	<i>PRODUKSI segmen ganjil 1 line</i>																		
1	Pembersihan cetakan	1.00	■																
2	Pelumasan cetakan (oiling)	1.00	■																
3	Fabrikasi tulangan	2.00	■	■															
4	Pemasangan separator	1.00		■															
5	Setting tulangan di meja cetakan	2.00		■	■														
8	Penguncian dinding cetakan	0.50				■													
9	Pengecoran	1.50					■	■											
10	Pemadatan dgn vibrator internal	0.50						■											
11	Beton Setting	8.00							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12	Buka cetakan	1.00																■	
	<i>PRODUKSI segmen genap pada line dan cycle time yang sama</i>	15.00																■	■
	<i>PRODUKSI segmen ganjil pada line kedua dgn cycle time yang sama</i>	15.00																■	■
14	Demoulding	2.00																	■