

# PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PADA PROSES PRODUKSI PRACETAK DENGAN PENERAPAN METODE *LEAN CONSTRUCTION* UNTUK ELIMINASI WASTE

Yunita Dwi Setyastuti<sup>1</sup>, Sri Murni Dewi<sup>2</sup>, Agus Suharyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa / Program Magister / Teknik Sipil / Universitas Brawijaya

<sup>2,3</sup>Dosen / Teknik Sipil / Universitas Brawijaya

Korespondensi : [yunitadwis.30@gmail.com](mailto:yunitadwis.30@gmail.com)

## ABSTRACT

*PT. X is one of the largest precast concrete industry in Indonesia, where to realize the vision, they continue to develop products and improve productivity performance by trying to improve quality of service, production process, and delivery product to customer with minimal cost and on time. To reach that purpose, needed Lean Construction method to eliminate waste and identify activities that can affect the products value-added. Research begins with description of the company's condition using Value Stream Mapping. Waste was identified by questionnaires, then analyzed by selection of mapping tools on Value Stream Analysis Tools and analyzed the root cause for suggestion of improvement. The results showed that the most critical waste that affected productivity were defects (37.50%), unnecessary inventory (25%), and inappropriate processing (15%). Lead time required for overall of the process was 479.56 minutes and after improvement was reduced to 463.83 minutes by unification T.III / T.IV (fixing and tightening of the bolt plate) which reduced non-value added 15.73 minutes.*

**Keywords :** *Lean Construction, Value Stream Mapping, Value Stream Analysis Tools, Critical Waste, Lead Time, Unification Process.*

## 1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor ekonomi penting di Indonesia yang berkembang cukup pesat. Semakin berkembangnya industri konstruksi, menyebabkan meningkatnya daya saing untuk memenuhi permintaan pelanggan, sehingga muncul beberapa permasalahan yang membutuhkan solusi terbaik untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi.

Permasalahan yang sering terjadi adalah adanya kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah, atau disebut pemborosan (*waste*). Menurut Alarcon (1995) dan Koskela (1992), pemborosan didefinisikan sebagai semua aktifitas yang memerlukan biaya, waktu, sumber daya, atau persediaan, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak memberikan nilai tambah pada produk akhir. Pemborosan yang terjadi akan mempengaruhi tingkat produktivitas. Menurunnya produktivitas umumnya disebabkan oleh lima jenis kegiatan yang tidak produktif, seperti

menunggu, transportasi, proses lambat, pekerjaan tidak efektif, dan pekerjaan ulang.

PT. X merupakan salah satu industri beton pracetak terbesar di Indonesia, dimana untuk mewujudkan visinya, perusahaan terus mengembangkan produk dan meningkatkan kinerja produktivitasnya dengan berusaha meningkatkan kualitas dengan biaya minimal, serta tepat waktu, mulai dari pelayanan, proses produksi, hingga pengiriman produk ke pelanggan. Dalam upaya untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan suatu metode untuk mengetahui dan mengeliminasi aktivitas – aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, serta memperpendek kebutuhan waktu proses. Salah satu metodenya yaitu *Lean Construction*. Istilah ini pertama kali digagas oleh Koskela (1992) yang menyatakan bahwa aktivitas pada proses produksi yang menambah nilai akan menjadi lebih efisien, sedangkan aktivitas yang tidak menambah nilai perlu untuk dikurangi atau dihilangkan.

Penelitian ini akan dilakukan identifikasi dan eliminasi pemborosan yang terjadi pada proses produksi TP 050 – 060. Beberapa hal yang perlu dipahami pada penelitian ini adalah bagaimana alur proses produksinya, apa saja yang menyebabkan munculnya pemborosan, dan bagaimana usulan perbaikan yang tepat untuk meminimalkan atau menghilangkan pemborosan, sehingga produktivitas perusahaan dapat tercapai.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Waste (Pemborosan)

Menurut Shigeo Shingo (Hines & Taylor, 2000), ada tujuh macam kategori pemborosan, yaitu produksi berlebih, cacat, persediaan tidak perlu, ketidaktepatan proses, ketidakefektifan transportasi, menunggu, dan pergerakan tidak perlu. Tipe aktivitas dalam perusahaan dibagi menjadi tiga, yaitu aktivitas bernilai tambah (VA), aktivitas tidak bernilai tambah (NVA), dan aktivitas tidak bernilai tambah namun diperlukan (NNVA).

### 2.2 Lean Construction

*Lean construction* merupakan suatu cara untuk mendesain sistem produksi yang dapat meminimalisasi pemborosan dari pemakaian material, waktu, dan usaha dalam rangka menghasilkan jumlah nilai yang maksimum (Koskela *et al.*, 2002). Mindset dalam *Lean* dikenal dengan slogan “*Going to Zero*”, yaitu tidak ada cacat, pekerjaan ulang, alat berhenti/ rusak, proses tidak efektif, sumber daya kurang, kecelakaan kerja, dan lainnya (Anwar, 2014)

### 2.3 Peta Aliran Nilai (Value Stream Mapping/ VSM)

VSM merupakan alat pemetaan yang digunakan untuk menyusun keadaan saat ini dari sebuah proses dengan cara mengidentifikasi aktivitas yang bernilai dan tidak bernilai tambah, sehingga mempermudah untuk mencari akar permasalahannya. Manfaat VSM adalah untuk membantu memperbaiki sebuah proses secara menyeluruh dan meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses produk. Ada 3 bagian utama dalam VSM, yaitu:

- Aliran informasi
- Aliran fisik/ proses produksi
- Jarak tempuh

## 2.4 Perangkat Analisa Aliran Nilai (Value Stream Analysis Tools/ VALSAT)

VALSAT merupakan suatu metodologi untuk membuat alur proses menjadi lebih efektif. Menurut Hines dan Rich (1997), ada 7 macam alat pemetaan yang paling umum digunakan yang dapat dilihat pada matriks VALSAT (Tabel 1). Ketujuh alat ini didasarkan atas upaya untuk mempresentasikan ketujuh jenis pemborosan, yaitu dengan memilih alat yang paling dominan untuk memetakan pemborosan tersebut.

**Tabel 1.** Matriks VALSAT

Waste/ Structure	Mapping Tools						
	Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure (a) Volume (b) Value
Overproduction	L	M		L	M	M	
Time Waiting	H	H	L		M	M	
Transport Inappropriate	H						L
Processing Unnecessary	H		M	L		L	
Inventory Unnecessary	M	H	M		H	M	L
Motion	H	L					
Product Defect	L			H			
Overall Structure	L	L	M	L	H	M	H
Origin of Tool	Industrial Engineering	Time compression/ Logistics	Operation Management	New Tool	System Dynamics	Efficient Consumer Response/ Logistics	New Tool

Catatan :

H → faktor pengali = 9

M → faktor pengali = 3

L → faktor pengali = 1

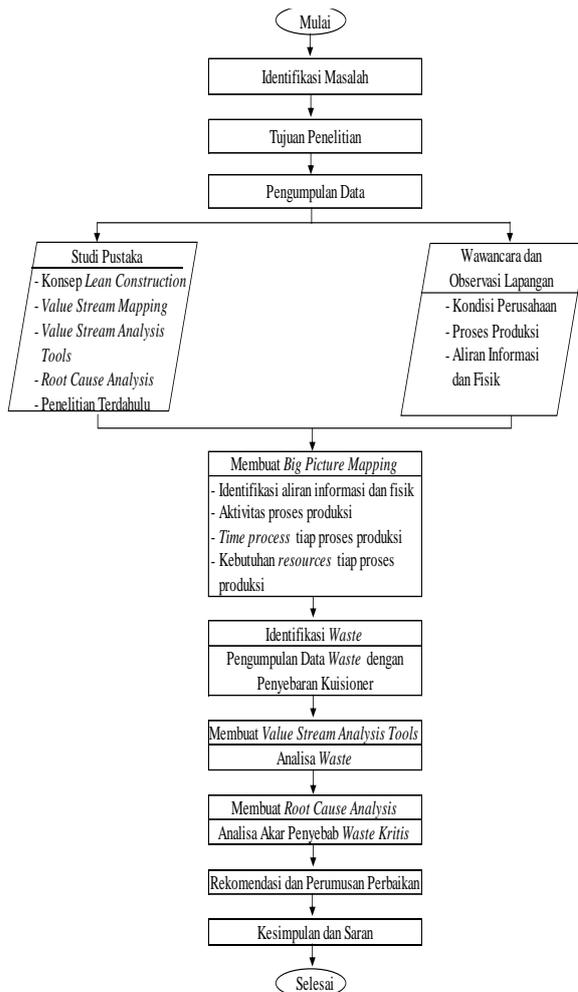
### 2.5 Root Cause Analysis (Analisa Akar Penyebab)

RCA adalah alat yang berfokus pada penemuan akar penyebab suatu masalah dengan tujuan untuk memperbaiki atau menghilangkan akar penyebab dari suatu masalah dan mencegah masalah muncul kembali. RCA didesain untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab yang berhubungan dengan 5 M, yaitu manusia, alat, material, metode, dan sistem manajemen, serta mengetahui masalah-masalah yang berhubungan dengan reliabilitas proses, ketersediaan, dan pemeliharaan.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Bagan Alur Penelitian

Bagan alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Bagan alur penelitian

### 3.2 Identifikasi Awal

Tahap identifikasi awal merupakan tahap untuk mengetahui permasalahan yang menjadi objek penelitian. Observasi lapangan (awal) bertujuan untuk mengetahui kondisi nyata yang terjadi di pabrik, seperti sistem penjadwalan order, kondisi material, sistem kerja karyawan, alur produksi, dan permasalahan yang dihadapi, sehingga didapatkan rumusan masalah untuk dilakukan penelitian, yaitu :

1. Mengidentifikasi pemborosan selama proses yang mempengaruhi produktivitas.
2. Mengeliminasi pemborosan dengan pembuatan usulan perbaikan, sehingga produktivitas tercapai.

### 3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap pengumpulan dan pengolahan data dilakukan dengan observasi lapangan, wawancara langsung dengan pihak terkait, dan penyebaran kuisisioner. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Penggambaran peta aliran nilai (VSM) Penggambaran ini dilakukan untuk memahami kondisi pabrik, sehingga mempermudah pemahaman aliran proses dan keseluruhan aktivitas produksi. Data proses produksi dan waktu proses didapat melalui observasi lapangan dan wawancara. Langkah-langkah VSM adalah sebagai berikut :

- Mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam proses produksi.
- Mengetahui pencapaian akhir yang dihasilkan dari sistem produksi.
- Mengetahui tahapan-tahapan dalam proses produksi.

2. Penyebaran kuisisioner

Penyebaran kuisisioner dilakukan untuk identifikasi pemborosan yang ada di proses produksi yang diisi oleh para pelaku yang fokus pada produksi TP Ø50 – Ø60, antara lain manajer produksi, asisten manajer, dan koordinasi kepala jalur. Penyebaran kuisisioner menggunakan sistem *Waste Workshop*, yaitu aktivitas yang dilakukan untuk memperoleh data/ informasi yang berkaitan dengan pemborosan melalui penyebaran kuisisioner sekaligus wawancara terhadap responden.

3. Pembobotan tujuh pemborosan dan analisa VALSAT

Setelah data pemborosan didapatkan, selanjutnya dilakukan pembobotan untuk mengetahui pemborosan yang paling dominan terjadi sepanjang aliran proses. Kemudian, dilakukan pemilihan alat pemetaan yang dominan untuk analisa pemborosan dengan VALSAT.

4. Perbaikan proses dan eliminasi pemborosan

Setelah dilakukan analisa pemborosan, selanjutnya dilakukan identifikasi dan analisa akar penyebab dari pemborosan kritis dengan RCA. Kemudian, dilakukan langkah perbaikan untuk meminimasi pemborosan guna mencapai perbaikan yang sesuai dengan keinginan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Peta Aliran Nilai Saat Ini (*Current State Value Stream Mapping/ CSVSM*)

CSVSM merupakan konfigurasi aliran produk saat ini. Data didapat dari hasil wawancara langsung dengan pihak terkait

untuk mendapatkan data informasi dan total kebutuhan waktu pemesanan, serta observasi lapangan dengan mengamati dan mencatat waktu yang dibutuhkan pada tiap proses dengan bantuan *stopwatch* dan diambil dari hari yang berbeda-beda selama 14 hari, kemudian diambil rata-rata total dari masing-masing rata-rata per hari. CSVSM proses produksi TP Ø50 – Ø60 dapat dilihat pada **Gambar 2**.

#### 4.2 Identifikasi Pemborosan

Langkah selanjutnya setelah dilakukan pemetaan adalah identifikasi pemborosan dengan menyebarkan kuisioner yang diisi oleh responden yang terlibat langsung dalam proses produksi TP Ø50 – Ø60. Kuisioner ini diberikan pengertian pemborosan secara umum dan pengisian didampingi oleh peneliti, agar responden memahami maksud dari kuisioner tersebut. Hasil identifikasi pemborosan dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3** Hasil Identifikasi Waste

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan 3 skor rata-rata tertinggi, yaitu cacat (37,50%), persediaan tidak perlu (25,00%), dan ketidaktepatan proses (15,00%).

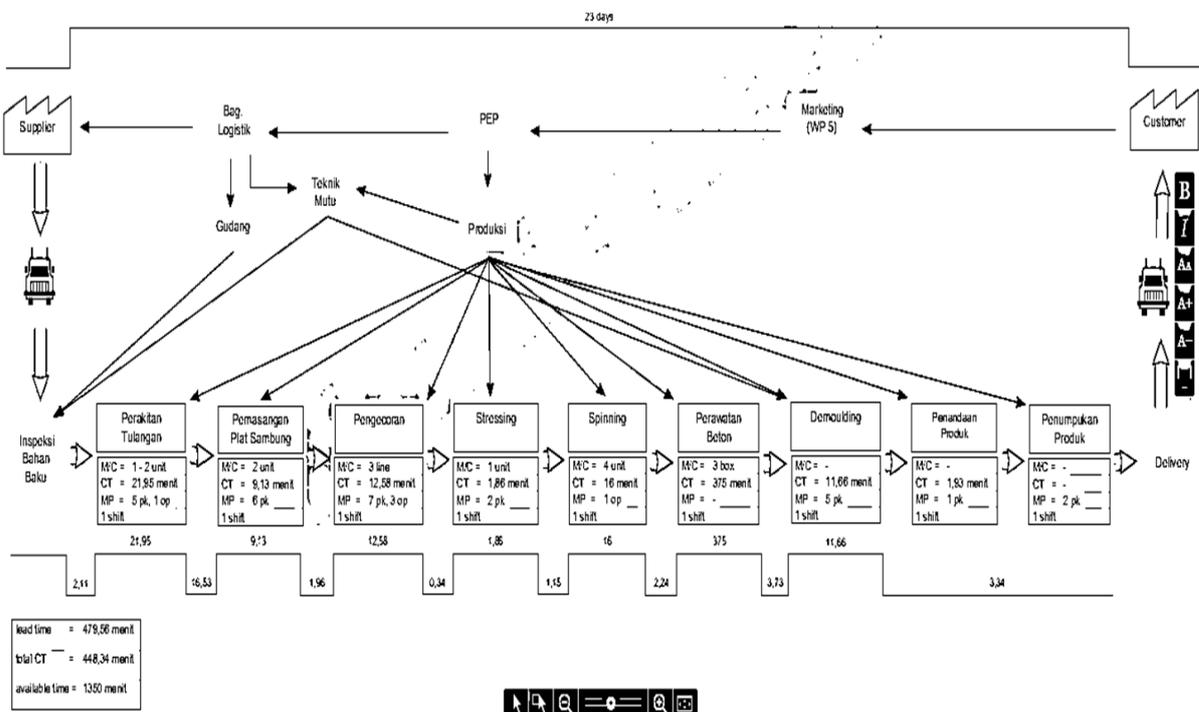
#### 4.3 Analisis VALSAT

Setelah mendapatkan skor dari masing-masing pemborosan, selanjutnya dilakukan pemilihan alat pemetaan yang efektif untuk analisis pemborosan secara detail dengan mengalikan skor rata-rata tiap pemborosan dengan matriks VALSAT. Peringkat hasil VALSAT dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Peringkat hasil VALSAT

No.	Mapping Tools	Total	Persentase	Akumulasi Persentase	Ranking
1	Process Activity Mapping	450,00	27,11	27,11	1
2	Supply Chain Response Matrix	317,50	19,13	46,23	3
3	Production Variety Funnel	130,00	7,83	54,07	5
4	Quality Filter Mapping	352,50	21,23	75,30	2
5	Demand Amplification Mapping	255,00	15,36	90,66	4
6	Decision Point Analysis	120,00	7,23	97,89	6
7	Physical Structure	35,00	2,11	100,00	7
<b>TOTAL</b>		<b>1660,00</b>	<b>100,00</b>		

Berdasarkan tabel diatas, dipilih 3 peringkat teratas VALSAT untuk analisis pemborosan yang terjadi, yaitu *Process Activity Mapping* (27,11%), *Quality Filter Mapping* (21,23%), dan *Supply Chain Response Matrix* (19,13%).



**Gambar 2.** Peta aliran nilai saat ini

### 4.3.1 Peta Proses Aktivitas (Process Activity Mapping/ PAM)

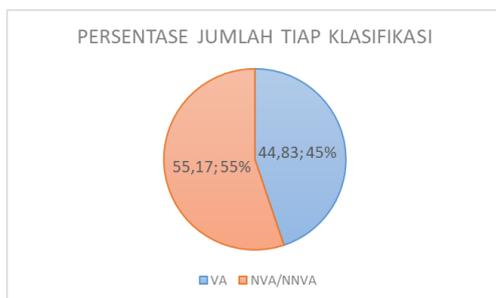
PAM merupakan alat untuk merekam seluruh aktivitas dari suatu sistem, serta mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, kemudian dilakukan penyederhanaan agar dapat mengurangi pemborosan. Berdasarkan pemetaan PAM diketahui jumlah aktivitas secara keseluruhan, sehingga didapat aktivitas yang bernilai dan tidak bernilai tambah. Serta, diketahui kebutuhan waktu yang dibutuhkan tiap aktivitas yang dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Gambar 4**.

**Tabel 3.** Jumlah aktivitas dan kebutuhan waktu

Jenis Aktivitas	O	T	I	S	D
Jumlah Aktivitas	13	12	0	2	2
Persentase	44,83	41,38	0,00	6,90	6,90
Waktu (menit)	450,09	13,13	0,00	3,52	12,82
Persentase	93,86	2,74	0,00	0,73	2,67
VA	44,83				
NVA/NNVA	55,17				

Ket:

O = Operation    T = Transportation    I = Inspection  
S = Storage    D = Delay

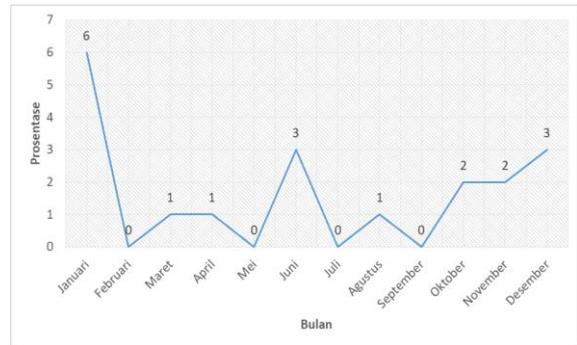


**Gambar 4.** Persentase jumlah aktivitas

Berdasarkan tabel diatas, didapat jumlah aktivitas bernilai tambah sebanyak 13 dengan kebutuhan waktu sebesar 450,09 menit, sedangkan jumlah aktivitas tidak bernilai tambah sebanyak 16 dengan kebutuhan waktu sebesar 29,47 menit. Ringkasan analisa PAM dapat dilihat pada **Tabel 4**.

### 4.3.2 Peta Cacat Kualitas (Quality Filter Mapping/ QFM)

QFM merupakan alat untuk mengidentifikasi adanya masalah cacat kualitas yang terjadi sepanjang rantai pasokan. Pada penelitian ini, cacat yang digambarkan hanya cacat kualitas pada produk yang ditemukan pada saat proses inspeksi setelah produk jadi. Berikut grafik QFM produk cacat dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Grafik QFM produk cacat

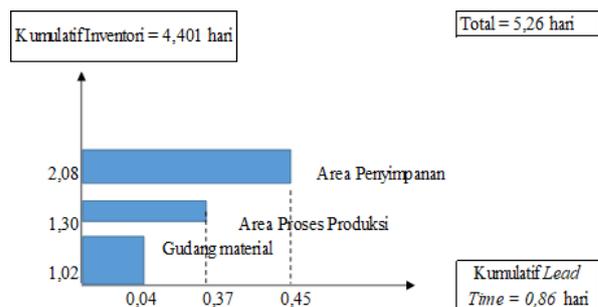
Berdasarkan grafik QFM didapat cacat produk terbesar terjadi pada bulan Januari dengan persentase sebesar 31,58%. Penyebab cacat produk rata-rata terjadi karena kurang maksimalnya pemerataan adukan beton dan air semen keluar melalui bibir cetakan yang disebabkan oleh kurang ketelitian pekerja dan alat kurang efektif dalam pengoperasiannya, sehingga menyebabkan ketika produk sudah jadi, terjadi burik dan keropos di sebagian badan beton.

### 4.3.3 Matriks Rantai Pasokan (Supply Chain Response Matrix/ SCRM)

SCRM merupakan alat pemetaan yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi jumlah persediaan yang dibutuhkan dan kebutuhan waktu yang tersedia. Data yang digunakan dalam pembuatan SCRM adalah data kedatangan dan kebutuhan material bahan baku per hari, data hasil produk jadi per hari, dan data pengiriman produk per hari. Berikut perhitungan SCRM yang dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Gambar 6**.

**Tabel 5.** Perhitungan SCRM

No.	Item	Lead Time	Days Physical Stock	Kumulatif Lead Time	Kumulatif Days Physical Stock
1	Area penerimaan material	0,04	1,019	0,04	1,019
2	Area proses produksi	0,33	0,278	0,37	1,298
3	Area penyimpanan produk jadi	0,08	0,786	0,45	2,083
TOTAL				0,86	4,401



**Gambar 6.** Grafik SCRM

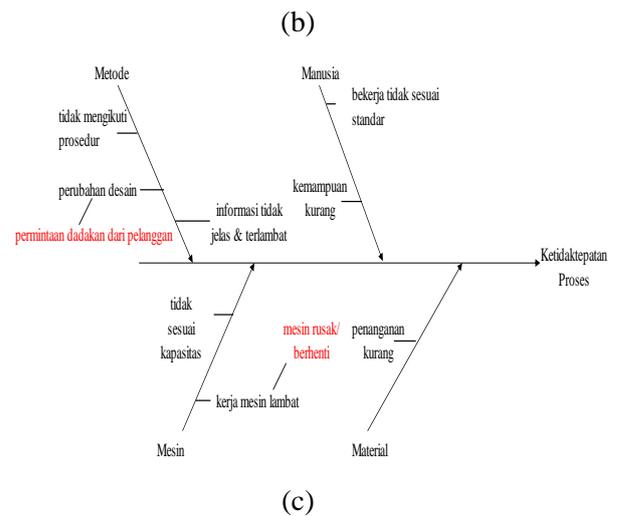
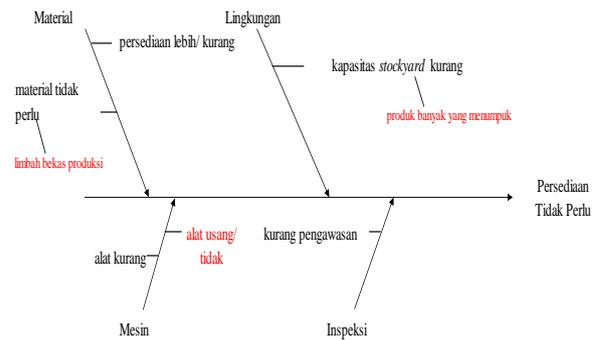
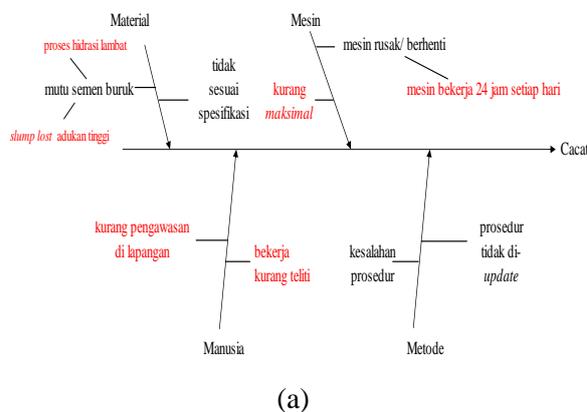
**Tabel 4.** Ringkasan analisa PAM

No.	Jenis Aktivitas	PAM (Jumlah/ Waktu)	Analisa
1	Operation	13 <b>44,83%</b> 450,09 menit <b>93,86%</b>	Aktivitas operasi merupakan aktivitas yang bernilai tambah, sehingga perlu dijaga konsistensi prosesnya. Aktivitas operasi ini memakan waktu selama 450,09 menit (93,86%). Aktivitas terlama adalah pada proses perawatan beton yaitu selama 375 menit.
2	Transportation	12 <b>41,38%</b> 13,13 menit <b>2,74%</b>	Jumlah aktivitas transportasi yang digunakan cukup banyak, yakni 12 (41,38%). Hal ini dikarenakan tiap perpindahan proses, diperlukan proses <i>handling</i> , baik dengan jarak relatif pendek maupun panjang. Perbaikan untuk efisiensi waktu transportasi tidak berdampak signifikan, dikarenakan waktu yang dibutuhkan hanya $\pm 2,7\%$ dari total waktu.
3	Inspection	0 <b>0%</b> 0 menit <b>0%</b>	Inspeksi merupakan aktivitas <i>added value</i> . Namun dalam proses ini, inspeksi dilakukan diluar alur proses, yaitu ketika bahan baku datang dari <i>supplier</i> dan ketika produk sudah jadi (masa <i>curing</i> di <i>stockyard</i> ) dan siap untuk dikirim, sehingga jumlah aktivitas dianggap 0%.
4	Storage	2 <b>6,90%</b> 3,52 menit <b>0,73%</b>	Penyimpanan merupakan aktivitas dengan jumlah waktu yang dibutuhkan hanya $\pm 0,7\%$ , sehingga perubahannya tidak berdampak signifikan terhadap keseluruhan alur proses.
5	Delay	2 <b>6,90%</b> 12,82 menit <b>2,67%</b>	Delay merupakan aktivitas <i>non-value added</i> dengan jumlah 2 (6,90%). Hal ini terjadi karena adanya perbedaan <i>cycle time</i> antar proses. Perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi <i>delay</i> adalah dengan melakukan keseimbangan proses.

Berdasarkan grafik SCRM didapatkan jumlah kebutuhan waktu kumulatif sebesar 0,86 hari dengan persediaan kumulatif sebesar 3,79 hari, sehingga total waktu dalam rantai pasokan adalah sebesar 4,65 hari.

**4.4 Analisis Akar Penyebab (RCA) dengan Diagram Tulang Ikan**

Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk analisis akar penyebab adalah diagram tulang ikan. Identifikasi masalah utama untuk dicari akar penyebab didasarkan pada pemborosan kritis dari hasil identifikasi pemborosan yang dapat dilihat pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Analisa akar penyebab dengan fishbone diagram

Pada **Gambar 7.a** menunjukkan bahwa faktor-faktor penyebab cacat antara lain material, manusia, mesin, dan metode, dengan akar penyebab dominan dari tiap faktor yaitu (a.1) mutu semen kurang baik, (a.2) kurang pengawasan di lapangan dan karyawan kurang teliti dalam bekerja, (a.3) mesin rusak/ berhenti dan bekerja kurang maksimal.

Pada **Gambar 7.b** menunjukkan bahwa faktor-faktor penyebab persediaan tidak perlu antara lain material, mesin, lingkungan, dan inspeksi, dengan akar penyebab dominan dari tiap faktor yaitu (b.1) terdapat beberapa material tidak perlu di sekitar area kerja, (b.2) terdapat alat usang/ tidak terpakai di sekitar area kerja karena beberapa pesanan produk tidak menggunakan alat tersebut, (b.3) kapasitas *stockyard* tidak mencukupi karena banyaknya produk menumpuk.

Pada **Gambar 7.c** menunjukkan bahwa faktor-faktor penyebab ketidaktepatan proses antara lain metode, mesin, manusia, dan material, dengan akar penyebab dominan dari tiap faktor yaitu (c.1) terjadi perubahan desain karena permintaan dadakan dari pelanggan dan (c.2) kerja mesin lambat.

#### 4.5 Rekomendasi Perbaikan

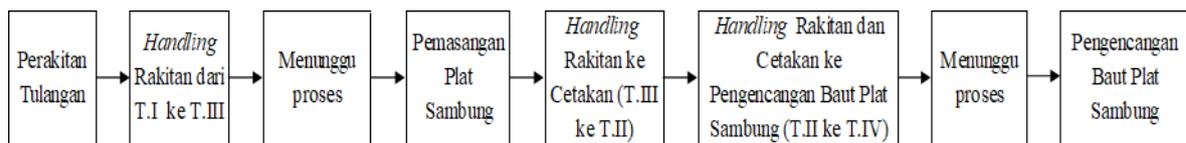
Tujuan pembuatan usulan rekomendasi perbaikan adalah untuk mengeliminasi pemborosan yang ada dengan memberikan beberapa saran. Bisa dikatakan bahwa pemberian usulan rekomendasi perbaikan ini

digunakan supaya pemborosan tidak terjadi lagi dikemudian hari.

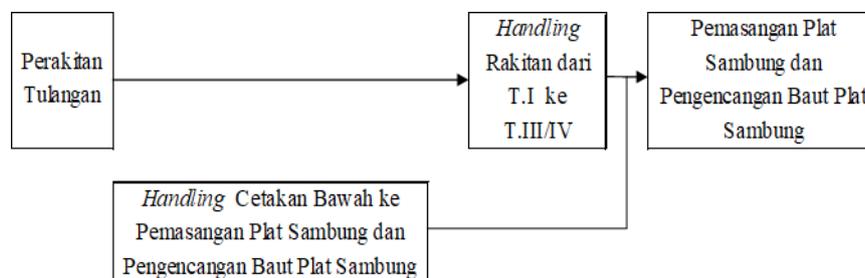
##### 4.5.1 Penggabungan Proses T.III dan T.IV (Pemasangan Plat Sambung dan Pengencangan Baut Plat Sambung)

Dari analisis CSVSM dan PAM, ditemukan ketidaktepatan proses, yaitu adanya kegiatan menunggu untuk proses pemasangan plat sambung dan pengencangan baut plat sambung selama 11 menit (total waktu 2 proses). Tujuan penggabungan proses T.III dan T.IV adalah untuk efisiensi waktu dan alur proses. Berikut alur sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Pada **Gambar 8.a**, total waktu yang dibutuhkan adalah 49,71 menit dengan kebutuhan waktu untuk perpindahan komponen dari T.I ke T.III, T.III ke T.II, dan T.II ke T.IV dengan menggunakan *hoist* selama 3,71 menit, serta aktivitas menunggu untuk pemasangan plat sambung dan pengencangan baut plat sambung selama 12,82 menit. Pada **Gambar 8.b**, terjadi pengurangan waktu sebanyak 13,62 menit, dengan dilakukan pengurangan proses (dari T.I ke T.III dan dari T.III ke T.II) dan menghilangkan aktivitas menunggu, serta penambahan 1 alat pengencangan Mur Rod Simultan dan pemerataan sumber daya manusia pada lokasi di T.III-T.IV, sehingga didapatkan total waktu menjadi 33,98 menit.



(a)



(b)

**Gambar 8.** Alur proses sebelum dan sesudah perbaikan

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Aktifitas – aktifitas dominan yang tidak memberikan nilai tambah yang dapat mempengaruhi peningkatan produktivitas yaitu cacat (37,50%), persediaan tidak perlu (25%), dan ketidaktepatan proses (15%).
2. Cara perbaikan untuk mengurangi pemborosan yang terjadi adalah :
  - a. Penggabungan proses di T.III dan T.IV (pemasangan dan pengencangan baut plat sambung) dapat mengurangi waktu *non-value added* sebesar 15,73 menit, sehingga total waktu keseluruhan proses dari 479,56 menit berkurang menjadi 463,83 menit.
  - b. Rekomendasi perbaikan untuk cacat yaitu dilakukan (a.1) inspeksi dan uji trial material terlebih dahulu, (a.2) inspeksi langsung di lapangan untuk mengetahui proses kerja di lapangan, apakah sesuai prosedur atau tidak, serta (a.3) perawatan dan kontrol mesin secara berkala setiap 1 bulan, jika mesin rusak parah, maka perlu diganti baru.
  - c. Rekomendasi perbaikan untuk persediaan tidak perlu yaitu (b.1) limbah material segera dibuang agar tidak terjadi penumpukan sisa material di area kerja karena hal itu akan mengganggu pergerakan proses kerja, (b.2) alat yang tidak terpakai harus segera dipindahkan agar tidak mengganggu pergerakan proses produksi di area kerja, dan (b.3) dilakukan konfirmasi setelah produk siap untuk didistribusikan dan dilakukan toleransi batas tenggang  $\pm 10$  hari. Jika produk tidak diambil lebih dari batas waktu toleransi, maka produk tetap harus dikirim.
  - d. Rekomendasi perbaikan untuk ketidaktepatan proses yaitu (c.1) desain dibuat diluar siklus produksi, sehingga tidak memengaruhi jalannya produksi desain awal dan (c.2) dilakukan perawatan dan kontrol mesin secara berkala setiap 1 bulan, jika mesin rusak parah, maka perlu diganti baru.

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian, saran yang dapat disampaikan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pertimbangan kembali dalam mengefisiensikan waktu proses selain penggabungan proses pemasangan plat sambung, seperti perubahan sistem uap pada perawatan beton dari suhu rendah menjadi suhu tinggi atau menggunakan sistem perawatan hidrotermal, yaitu memanaskan cetakan untuk beton pracetak selama 4 jam pada suhu 65°C, atau menggunakan sinar inframerah selama 2-4 jam pada suhu 90°C. Hal ini dilakukan supaya target produksi per hari dapat tercapai.
2. Dalam menentukan rekomendasi perbaikan, perlu diperhatikan tentang dampak, biaya, dan risiko, sehingga diketahui seberapa besar pengaruh perbaikan terhadap eliminasi pemborosan.
3. Diharapkan untuk kegiatan penelitian selanjutnya, perlu dilakukan evaluasi rekomendasi perbaikan setelah dilakukan pembuatan usulan perbaikan. Tujuannya untuk menguji apakah usulan tersebut berhasil atau perlu dilakukan perbaikan kembali.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anwar, Riyantono. 2014. *Belajar Lean*. Jakarta: Manajemen Operation.
- [2] Hines, P. and Rich, N. 1997. *The Seven Value Stream Mapping Tools*. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17 No.1, pp. 46-64
- [3] Hines, P. and Taylor, D. 2000. *Going Lean*. Lean Enterprise Research Center Cardiff Business School, USA.
- [4] Koskela, L. 1992. *Application of The New Production Philosophy to Construction*. Stanford University, CIFE Technical Report #72.
- [5] Koskela, L., et al. 2002. *The Foundation of Lean Construction*. In: Best R., and Valence, G. D., eds. Design and Construction: Building in Value, Butterworth-Heinemann. 211-255.
- [6] Vorley, Geoff. 2008. *Mini Guide to Root Cause Analysis*. Guildford Surrey United Kingdom: Quality Management & Training.
- [7] Yudakusumah, Teguh. 2012. *Aplikasi Lean Construction untuk Meningkatkan Efisien Waktu Pada Proses Produksi di Industri Precast*. Universitas Indonesia: Tesis.