



Analisa Penerapan *Lean Manufacturing* pada Sistem Produksi *Girders Boxing Fabrication Process* untuk Mengeliminasi *Waste* (Studi Kasus : Departemen Produksi Cranes PT. XYZ)

Manarul Hidayah¹, Hery Murnawan², Rony Prabowo³

^{1 2} Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl.Semolowaru No. 45, Menur Pumpungan, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, 60118

³ Teknik Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arief Rahman Hakim No. 100, Klampis Ngasem, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, 60117

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:

86 – 99

Tanggal penyerahan:

24 November 2023

Tanggal diterima:

29 April 2024

Tanggal terbit:

2 Mei 2024

EMAIL

¹ mnarul12@gmail.com

² herymurnawan@untagsby.ac.id

³ rony.prabowo@itats.ac.id

ABSTRACT

PT XYZ is a company engaged in manufacturing crane-related goods in Indonesia. The German-based company produces a wide range of cranes, one of the most popular being industrial cranes. The problem faced by the company is the number of wasted activities in the process of making cranes from girders in the boxing process, this results in the company not achieving the expected productivity standards.

To study the frequency of wasteful activities in the boxing girder manufacturing process, a lean approach to manufacturing is used, this approach is intended to reduce waste while providing a means of continuous improvement that will lead to efficiency in the process. The research findings show that the three largest categories of waste are over-order waste, inventory waste, and unnecessary movement waste.

Keywords : *Boxing, Cranes, Girders, Lean, Waste*

ABSTRAK

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur barang – barang terkait derek di Indonesia. Perusahaan yang bermarkas di Jerman ini memproduksi berbagai macam *cranes*, salah satu yang paling populer adalah derek industri. Permasalahan yang dihadapi pihak perusahaan adalah banyaknya aktivitas yang terbuang pada proses pembuatan *cranes* dari girder pada proses *boxing*, hal ini mengakibatkan perusahaan tidak mencapai standar produktivitas yang diharapkan. Untuk mempelajari frekuensi aktivitas pemborosan pada proses pembuatan *boxing girder* digunakan *lean approach* pada manufaktur, pendekatan ini dimaksudkan untuk mengurangi pemborosan sekaligus memberikan sarana perbaikan berkelanjutan yang akan berujung pada efisiensi dalam proses. Temuan penelitian menunjukkan bahwa tiga kategori pemborosan terbesar adalah pemborosan pesanan berlebih, pemborosan inventaris, dan pemborosan pergerakan yang tidak perlu.

Kata Kunci : *Boxing, Cranes, Girders, Lean, Waste*

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan pemasok dan penyedia layanan *material handling* pada *Industrial Cranes* berskala internasional. Perusahaan Jerman ini memproduksi *cranes* secara MTO (*make to order*). Cabang perusahaan yang berada di Indonesia fokus pada produksi dua jenis *industrial cranes* dengan tipe *single girders* dan *double girders*. Faktanya, desain *cranes* satu dengan yang lainnya akan sangat jauh berbeda walau dalam tipe sama, hal ini dapat terjadi karena *cranes* diciptakan dan dibuat layaknya sebuah fasilitas yang memiliki detail dan spesifikasi khusus yang ditentukan oleh kegunaan pada masing – masing *customer*[1].

PT. XYZ sebagai industri yang terus belajar dan berkembang yang tidak ragu mengadopsi budaya *lean* guna memberikan efisiensi, salah satunya pada proses fabrikasi *girder boxing*. Proses fabrikasi *girder boxing* pada pembuatan *overhead travelling cranes* merupakan proses krusial dan biasanya memakan waktu yang lama dibandingkan proses fabrikasi lainnya, proses inilah yang membedakan antara model satu dengan yang lain, sehingga realitas karakter dari produk itu sendiri (*customization*) yang memerlukan beberapa penyesuaian pengerjaan pada setiap jenis proyek. Fabrikasi *girders boxing* yaitu proses pembentukan struktur girder *cranes* dengan menyatukan beberapa komponen seperti *top plate*, *bottom plate*, *web plate*, *L profile/ stiffener*, *diaphragm plate* membentuk kotak sesuai dengan penamaannya “*Box*”[2].

Proses fabrikasi yang dikerjakan secara mandiri (*inhouse*), memiliki standardisasi waktu yang telah ditentukan yang diperuntukkan sebagai tolak ukur sebagai efisiensi progres pada proyek. Manfaat daripada yang telah disebutkan, adanya batasan (standardisasi waktu) tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi proses fabrikasi yang terdapat aktivitas pemborosan didalamnya. Tindakan observasi dilakukan guna membuktikan fenomena yang terjadi, dan hasil perhitungan waktu yang diambil pada salah satu (proyek amatan) yang ditunjukkan pada tabel di bawah:

Tabel 1. Hasil Komparasi Waktu Proses Pada Proyek Amatan Terhadap Standar Produktivitas Perusahaan

No.	Proses Fabrikasi	Standard Produktivitas Perusahaan	Proyek Amatan (C.T : SWL)
1.	<i>Buttwelding</i>	5 Hr/ Ton	1,56 Hr/Ton
2.	<i>Girders Boxing</i>	8 Hr/ Ton	8,38 Hr/Ton
3.	<i>Fillet Welding</i>	2 Hr/ Ton	0,86 Hr/Ton
4.	<i>Alignment</i>	16 Hr/ Ton	13,4 Hr/Ton

Sehingga bila ditarik kesimpulan (komparasi dengan waktu standar) maka fenomena tersebut benar adanya, dan selama proses observasi memperlihatkan penemuan kegiatan *waste* pada proses *girders boxing* yang akan ditampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Jenis Waste Pada Proyek Amatan

No.	Waste Type	Activity	Description	Duration (s)
1.	<i>Waiting</i>	Membuat/mencari solusi penahan (<i>holder</i>) saat pemasangan <i>L profile</i> pada <i>Web</i>	Kurangnya <i>tools</i> atau penyesuaian pada proyek	373
2.	<i>Waiting</i>	Tidak tersedianya <i>crane</i> pada area <i>boxing</i> untuk mengangkut WPG 1	<i>Cranes</i> digunakan untuk instalasi <i>end carriage cranes</i> pada <i>alignment</i>	12.600
3.	<i>Waiting</i>	Mengambil penahan (<i>holder</i>) saat girder di ubah posisinya (<i>rotate</i>)	Kurangnya <i>tools</i> atau penyesuaian pada proyek	437
4.	<i>Waiting</i>	Proses <i>fillet welding</i> dan pemasangan <i>stiffener</i> pada proses <i>boxing</i>	Penumpukan <i>inventory</i> pada FW dan ALG oleh proyek <i>cranes</i> lainnya (seharusnya dikerjakan di <i>fillet welding</i> dan <i>alignment</i>)	28.321
5.	<i>Waiting</i>	WIP <i>alignment</i> area penuh (terjadi penumpukan proyek <i>cranes</i>)	Proyek <i>cranes double girders</i> sedang proses <i>release end carriage from girders</i> pada <i>alignment</i> area	911
6.	<i>Motion</i>	Mengambil <i>Welding m/c</i>	Saat pemasangan <i>L profile Web</i> di <i>butt weld</i> area	729
7.	<i>Extra Processing</i>	Pengulangan proses <i>pressing</i> pada girder	Daya tekan <i>box jig m/c</i> kurang kuat pada beberapa momen	187
8.	<i>Extra Processing</i>	<i>Grinding</i> pada <i>butt joint</i> ulang untuk penempatan <i>L profile</i>	Miskomunikasi/ kurang teliti dalam <i>crosscheck</i> (seharusnya dilakukan oleh <i>butt weld</i>)	481

9.	<i>Extra Processing</i> g	Pengulangan proses <i>grinding</i> yang dilakukan oleh pekerja lainnya	Miskomunikasi (lain waktu akibat <i>switching</i> pekerja)	328
----	------------------------------	--	--	-----

Hasil yang didapatkan saat observasi lapangan dapat disimpulkan bahwa kondisi dimana sistem produksi secara *make to order* sangat mungkin terjadi *waste*, karena bagaimanapun *waste* sendiri terjadi tidak hanya satu faktor, melainkan banyak faktor. Manfaat *lean* sendiri dalam penerapannya (pada proses bisnis) tidak hanya semata – mata mengeliminasi *waste*, akan tetapi penggunaan *lean* pada perusahaan sangat dibutuhkan dalam perspektif *customer*[3]. *Customer* memandang *cranes* sebagai fasilitas dan alat investasi bisnis jangka panjang, disamping itu pengaruh citra merek yang begitu terkenal menjadikan dasar untuk menciptakan produk dengan *value* yang tinggi demi menjaga keautentikan *brand*, hal ini mungkin tidak dapat dicapai oleh khalayak umum karena pangsa pasar *cranes* yang begitu spesifik. Hal tersebut yang ingin dikedepankan dalam penelitian ini adalah tentang bagaimana penerapan *lean manufacturing* dalam sistem produksi *make to order* bekerja[4], dengan ini akan membantah bahwa *lean manufacturing* hanya bisa diterapkan pada sistem produksi massal, sehingga pokok permasalahan yang ingin disampaikan pada penelitian ini yaitu bagaimana mengeliminasi aktifitas dan akar penyebab pemborosan pada kegiatan proses fabrikasi serta bagaimana penerapan *lean manufacturing* pada sistem produksi untuk diketahui tindak lanjut dari mengetahui cara mengeliminasi aktifitas dan akar penyebab pemborosan pada kegiatan proses fabrikasi serta memberikan usulan penerapan *lean manufacturing*.

METODE

Analisa yang diperlukan untuk mengetahui apakah proses fabrikasi *girders boxing* terdapat aktivitas pemborosan adalah dengan[5]: 1) Peninjauan langsung ke *production area/ Go To See*; 2) Membuat *Current State Mapping*; 3) Menghitung waktu siklus proses; 4) Melakukan wawancara kepada operator proses untuk didapatkan data *Waste Assesment Model* dan *Waste Assesment Questionare* untuk dilakukan pembobotan; 5) Perhitungan VALSAT digunakan untuk menentukan *tools* yang digunakan dalam mengidentifikasi *waste* dari hasil pembobotan; 6) Melakukannya (*Process Activity Mapping*) sesuai *tolls* yang digunakan; 7) Analisis terjadinya pemborosan menggunakan analisis 5 mengapa; 8) Membuat *Future State Mapping*; 9) Memberikan usulan/rekomendasi perbaikan menggunakan diagram sebab akibat. Contoh pertanyaan kusioner yang digunakan untuk mendapatkan data yang diinginkan sebagai berikut:

Tabel 3. Kusioner *Waste Assesment Model*

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1.	Apakah jenis <i>waste</i> (i) mengakibatkan/ menghasilkan jenis <i>waste</i>(j)	a. Selalu	4
		b. Kadang - kadang	2
		c. Jarang	0
2.	Bagaimana hubungan antara i dan j	a. Jika i naik, maka j naik	2
		b. Jika i naik, j tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3.	Dampak j dikarenakan i	a. Tampak secara langsung jelas	4
		b. Butuh waktu untuk melihat	2
		c. Tidak terlihat	0
4.	Menghilangkan akibat i terhadap j dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>Engineering</i>	2
		b. Sederhana dan langsung	1
		c. Solusi instruksional	0
5.	Dampak j dikarenakan oleh i berpengaruh kepada	a. Kualitas produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead Time</i>	1
		d. Kualitas dalam produktivitas	2
		e. Kualitas dalam <i>lead time</i>	2
		f. Produktivitas dalam <i>lead time</i>	2
6.	Sebesar apa dampak i terhadap j akan meningkatkan <i>lead time</i>	g. Kualitas, produktivitas, dan <i>lead time</i>	4
		a. Sangat tinggi	4
		b. Sedang	2

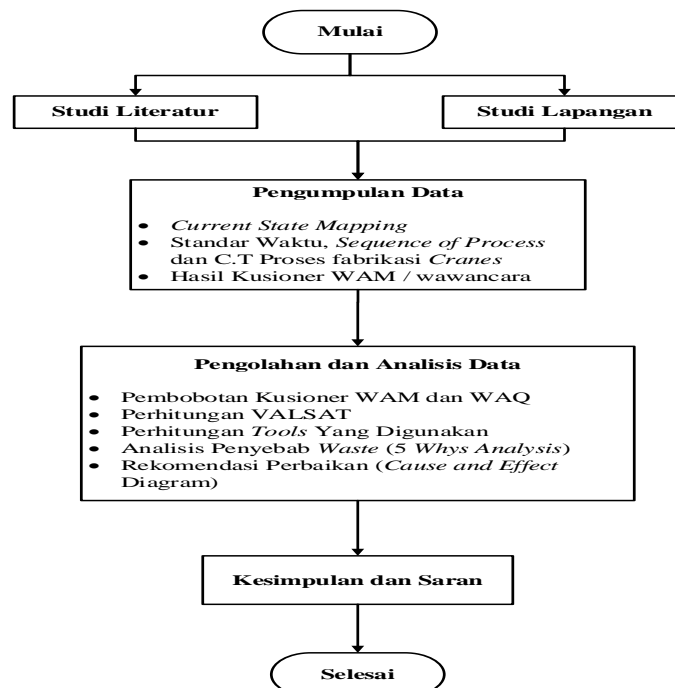
Data *Waste Assesment Model* pada tabel diatas akan menghasilkan luaran berupa *matrix value* yang akan dikonversi sesuai nilai untuk didapatkan persentase keterkaitan antar jenis pemborosan. Contoh untuk kusioner *Waste Assesment Questionare* sebagai berikut:

Tabel 4. Kusioner *Waste Assesment Questionare*

<i>Question Type</i>	<i>Question Number</i>	O	I	D	M	T	P	W
<i>To Motion</i>	1							
<i>From Motion</i>	2							
<i>From Defect</i>	3							
<i>From Motion</i>	4							
dst.	dst.							

Data *Waste Assesment Questionare* pada tabel diatas akan menghasilkan output berupa *score value* yang digunakan untuk pembobotan dengan data *Waste Assesment Model* untuk diketahui peringkat daripada *waste* tersebut, hasil ini juga akan digunakan dalam perhitungan VALSAT untuk mentukan *tools* yang akan digunakan. Setelah *tools* didapat dan ditemukan permasalahannya, selanjutnya akan dilakukan pertemuan dengan pihak – pihak terkait (*process owner*, operator, GKM, dsb.) dengan mendiskusikan permasalahan dengan *brainstorming* kemudian hasilnya akan digunakan untuk merancang analisis 5 mengapa beserta diagram sebab akibat sebagai usulan perbaikan.

Berdasarkan hasil perolehan data, penelitian ini memiliki dua sudut pandang penilaian yaitu: 1) Penilaian *waste* dari sudut pengamatan langsung (oleh peneliti); 2) Penilaian *waste* dari sudut pandang internal perusahaan. Dua sudut pandang inilah yang akan dikaitkan antara temuan *waste* yang diperoleh saat observasi dengan *waste* yang diperoleh dari hasil wawancara/ kusioner[6]. Tahapan – tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.



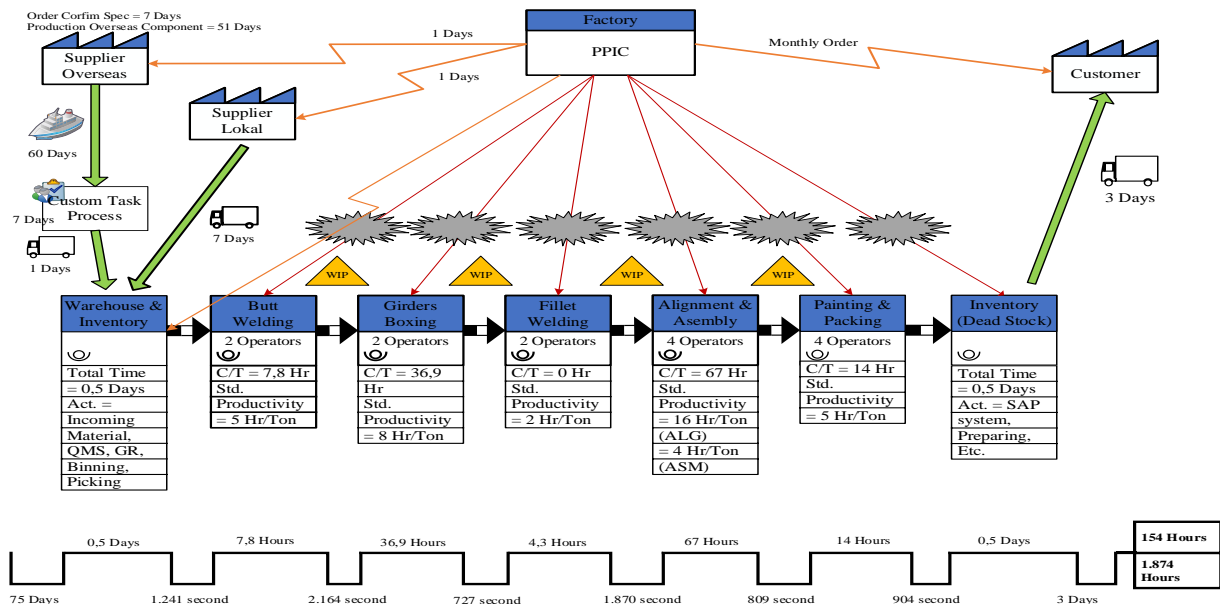
Gambar 2. *Flowchart* penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tindakan lanjutan dalam mengeksekusi kegiatan penelitian. Bagian ini menjelaskan hasil analisis dan pengolahan data yang didapatkan dari tahapan proses penelitian. Tahapan tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Membuat *Current State Mapping*

Penelitian yang menggunakan metode *lean manufacturing* adalah syarat mutlak untuk membuat *value stream mapping*, hal ini bertujuan sebagai penilaian dini seputar sistem yang berjalan di perusahaan yang mana sebagai petunjuk untuk melaksanakan tindakan *continuous improvement*[7]. Pembuatan *current state mapping* diperoleh dari hasil diskusi bersama *process owner (production manager)* yang mana ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. *Current state mapping* pada proses fabrikasi *cranes* pada proyek amatan

Berdasarkan pembuatan *current state mapping* diatas, bahwa total *value added* dari proses fabrikasi *cranes* dikalkulasi sebesar 154 Jam dari total *lead time* proses fabrikasi *cranes* sebesar 1.874 Jam.

2. Hasil Pembobotan *Waste Assesment Model (WAM)*

Hasil pada tabel dibawah ini merupakan hasil akhir dari skorring jawaban kusioner yang telah dilakukan konversi terhadap nilai *waste relationship matrix* dan dilakukan penjumlahan maka hasil yang diperoleh adalah nilai tingkat pengaruh dari *waste* yang ditulis dalam persentase yang ditunjukkan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil *Waste Matrix Value*

From/To	O	I	D	M	T	P	W	Skor	%
O	10	8	2	8	8	0	8	44	16,17
I	8	10	4	6	10	0	0	36	13,23
D	6	6	10	6	6	0	4	38	13,97
M	0	6	2	10	0	10	4	32	11,76
T	8	8	4	10	10	0	6	46	16,91
P	8	8	6	10	0	10	8	50	18,38
W	6	6	4	0	0	0	10	26	9,55
Skor	46	52	30	50	34	20	40	272	100%
%	16,91	19,11	11,02	18,38	12,50	7,35	14,70	100%	

Untuk mencapai peringkat *waste*, terdapat 8 tahapan dalam mengolah data hasil kusioner sebagai berikut[8]:

1. Menentukan *Ni* yaitu dengan mengelompokkan jumlah 68 pertanyaan kusioner berdasarkan kategori “*from*” dan “*to*”
2. Memasukkan nilai tiap pertanyaan sesuai dengan WAM yang telah dikonversikan pada *waste matrix value*

3. Menghilangkan dari efek variasi jumlah pertanyaan untuk setiap jenis pertanyaan dengan membagi setiap bobot dalam satu baris (W_j) dengan jumlah pertanyaan yang telah dikelompokkan (N_i).
4. Menghitung jumlah skor dari (S_j) dan frekuensi (F_j) dari setiap kelompok jenis pemborosan dengan mengabaikan nilai nol. Berikut adalah penjabaran dan contoh perhitungan menggunakan rumus $S_j = \sum_{k=1}^k \frac{W_j}{N_i} \dots (1)$
5. Memasukkan hasil skor kusiner ($1 - 0,5 - 0$) ke dalam setiap bobot nilai di tabel dengan mengalikannya terhadap bobot awal berdasarkan WRM dan dibagi dengan bobot pertanyaan dibagi nilai N_i .
6. Menghitung total skor dan frekuensi untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* pada hasil perhitungan tiap *waste* yang sama/ terkait. Frekuensi (F_j) dihitung dengan mengabaikan nilai 0. Berikut contoh perhitungan menggunakan rumus $S_j = \sum_{k=1}^k X_k \times \frac{W_{j,k}}{N_i} \dots (2)$

Tabel 6. Hasil Kali Pembobotan Berdasarkan WRM

Hasil	Jumlah						
	O	I	D	M	T	P	W
Skor (Sj)	57,74	58,36	43,43	57,59	49,89	38,27	53,99
Frekuensi (Fj)	49	56	61	53	36	35	45

7. Menghitung indikator awal untuk tiap *waste* (Y_j). Perhitungannya menggunakan rumus $Y_j (Waste Type) = \frac{S_j}{S_j} \times \frac{F_j}{F_j} \dots (3)$
8. Menghitung nilai akhir *waste* faktor (Y_j final) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antara jenis *waste* (P_j) berdasarkan total perkalian antara “from” dan “to” tiap *waste* pada hasil presentase *waste matrix value*. Y_j final dapat dihasilkan dengan menggunakan rumus $Y_j \text{ final } (Waste Type) = Y_j \times P_j \dots (4)$

Setelah diketahui nilai Y_j final pada setiap *waste*, selanjutnya dilakukan perhitungan *final result* untuk menentukan rangking pada setiap *waste* dengan sistem rangking untuk menjelaskan *waste* yang paling tinggi (dominan) menggunakan rumus

$$Final Result (Waste Type) = \frac{Y_j \text{ final } waste}{Total Y_j \text{ final}} \times 100 \dots (5)$$

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Waste Assesment Model

Kategori	O	I	D	M	T	P	W
Skor (Yj)	1,330	1,090	1,390	1,151	1,057	1,200	1,054
Skor (Pj)	273,434	252,825	153,949	216,148	211,375	135,093	140,385
Skor (Yj Final)	334,328	438,523	192,99	161,921	151,022	69,766	60,466
Final Result	0,222	0,168	0,130	0,152	0,136	0,099	0,090
Nilai (%)	22,2 %	17 %	13,1 %	15,2 %	13,6 %	9,9 %	9,04 %
Rangking	1	2	5	3	4	6	7

Hasil yang ditunjukkan oleh tabel 7 adalah tingkatan pemborosan dominan yang terjadi pada lantai produksi.

3. Perhitungan Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Sebuah *tools* yang digunakan dalam proses *mapping* pada aktivitas proses fabrikasi *girders boxing*. Metode ini digunakan agar mendapatkan *tools* yang tepat dalam proses *mapping*, yang nantinya *tools* akan dipilih berdasarkan pada pemborosan di PT. XYZ kemudian dari hasil perkalian akan didapat total nilai yang kemudian akan di rangking untuk mendapatkan *tools* yang akan digunakan dan mengacu pada rangking tertinggi, menggunakan tujuh alat pemetaan baru yaitu: *Process Activity Mapping*, *Supply Chain Response Matrix*, *Production Variety Funnel*, *Quality Filter Mapping*, *Demand Amplification Mapping*, *Decision Point Analysis* dan *Physical Structure Mapping*[9].

Dengan dilakukannya metode ini untuk memperoleh *tools* yang tepat bertujuan agar mengidentifikasi dengan detail terkait dengan pemborosan yang terjadi pada keberlangsungan proses fabrikasi *cranes*. VALSAT diperoleh dari hasil dari rata – rata tiap *waste* dikali dengan nilai korelasi

antara *tools* dengan *waste* sehingga diperoleh skor untuk setiap *tools* pada VALSAT seperti yang ditunjukkan pada tabel 8 berikut:

Tabel 8. Hasil Perhitungan VALSAT

Jenis Waste	Rata - rata	VALSAT						
		PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PSM
O	0,222	0,222	0,666		0,222	0,666	0,666	
W	0,090	0,81	0,81	0,090	0,090	0,27	0,27	
T	0,136	1,224						0,136
P	0,099	0,891		0,297	0,27		0,099	
I	0,168	0,981	1,512	0,504		1,512	0,504	0,168
M	0,152	1,368	0,152					
D	0,130	0,130			1,17			
Total Bobot		5,626	3,14	0,891	1,752	2,448	1,539	0,304
Rangking		1	2	6	4	3	5	7

Setelah skor dikalkulasi maka akan terlihat hasil yang memiliki nilai yang paling besar adalah hasil yang dipilih untuk mengidentifikasi pemborosan pada proses fabrikasi *cranes*.

4. Process Activity Mapping (PAM)

Tools ini merupakan pemetaan pada proses fabrikasi *girders boxing*, selanjutnya dilakukan perhitungan pada data *process activity mapping* memiliki beberapa tahapan antara lain [10]:

1. Perhitungan persentase setiap kategori aktivitas pada *process activity mapping* menggunakan perhitungan rumus:
$$\text{Aktivitas} = \frac{\text{Jumlah Aktivitas Tersedia}}{\text{Jumlah Aktivitas Total}} \times 100\% \dots (6)$$

Tabel 9. Hasil Persentase Berdasarkan Jumlah Aktivitas Pada PAM

No.	Kategori Aktivitas	Jumlah Aktivitas Tersedia	Jumlah Aktivitas Total	Persentase (%)
1.	Operation	5	59	8,47%
2.	Transportation	9	59	15,25%
3.	Inspection	2	59	3,38%
4.	Storage and Transportation	1	59	1,69%
5.	Delay	9	59	15,25%
6.	Operation and Inspection	30	59	50,84%
7.	Transportation and Inspection	3	59	5,08%

Pada tabel 9 merupakan hasil rekapitulasi pengelompokan sesuai dengan kategori aktivitas yang berlangsung selama proses setelah dilakukan pemetaan aktivitas proses.

2. Perhitungan untuk mengetahui persentase pada setiap kategori aktivitas dengan mengalkulasi banyaknya waktu setiap kategori aktivitas pada *process activity mapping* menggunakan perhitungan rumus:
$$\text{Aktivitas} = \frac{\text{Jumlah Durasi Tersedia}}{\text{Jumlah Durasi Total}} \times 100\% \dots (7)$$

Tabel 10. Hasil Presentase Berdasarkan Durasi Aktivitas Pada PAM

No.	Kategori aktivitas	Durasi Aktivitas Tersedia (s)	Durasi Aktivitas Total (s)	Persentase (%)
1.	Operation	5.274	132.834	3,9 %
2.	Transportation	10.130	132.834	7,6 %
3.	Inspection	2.154	132.834	1,6 %
4.	Storage and Transportation	1.065	132.834	0,8 %
5.	Delay	44.367	132.834	33,4 %
6.	Operation and Inspection	66.884	132.834	50,35 %
7.	Transportation and Inspection	2.960	132.834	2,22 %

Pada tabel 10 merupakan hasil rekapitulasi pengelompokan sesuai dengan durasi aktivitas yang berlangsung selama proses setelah dilakukan pemetaan aktivitas proses.

3. Mengelompokkan aktivitas berdasarkan tipe/ jenis aktivitas (VA/NVA/NNVA) pada *process activity mapping*.

Tabel 11. Durasi Tiap Tipe Aktivitas Berdasarkan PAM

No.	Tipe Aktivitas	Jumlah aktivitas	Durasi aktivitas tersedia (s)	Durasi aktivitas total (s)	Persentase (%)
1.	<i>Value Added</i>	41	75.672	132.834	57 %
2.	<i>Non Value Added</i>	9	44.367	132.834	33,4 %
3.	<i>Necessary Non Value Added</i>	9	12.795	132.834	9,6 %
	Total	59	132.834	132.834	100%

Pada tabel 11 merupakan hasil rekapitulasi pengelompokan sesuai dengan tipe aktivitas yang berlangsung selama proses setelah dilakukan pemetaan aktivitas proses. Proses menentukan tipe aktivitas ini dilakukan pembahasan lanjut dengan *process owner/ production manager* berdasarkan pengamatan langsung.

5. Analisis Terjadinya Waste

Pada proses fabrikasi *girders boxing* dalam pembuatan *cranes* di PT. XYZ didapati pada aktivitas proses terjadi pemborosan, bagian ini akan dilakukan analisa pada aktivitas pemborosan guna mempermudah / memberi rekomendasi untuk proses perbaikan[11]. Hasil perhitungan *waste* didapatkan melalui *waste assesment model* yang menyatakan *waste* dengan persentase peringkat tiga terbesar/ dominan (*Over Order – Inventory – Motion*) dan *waste* tersebut memiliki hubungan dengan *waste* dari hasil temuan observasi sebanyak tiga jenis *waste* (*Waiting, Motion* dan *Extra Processing*) yang masing – masing dipaparkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 12. Analisis 5 mengapa pada *waste over order*

Problem	Faktor Penyebab Over Order Pada Proses Girders Boxing
Why 1	Proses <i>boxing</i> berpotensi terhenti sementara karena proyek <i>cranes</i> (yang telah melaksanakan <i>boxing</i>) tidak dapat berlanjut ke proses selanjutnya sebab terdapat proyek <i>cranes</i> sebelumnya yang menghalangi WIP (parkir)
Why 2	Penumpukan proyek <i>cranes</i> pada WIP <i>fillet welding – WIP girders boxing (bottle neck)</i>
Why 3	Proyek <i>cranes</i> saling menunggu giliran untuk masuk ke proses <i>alignment</i>
Why 4	<i>Space inventory</i> dan jumlah tenaga kerja dinilai kurang (dalam kondisi demikian)
Why 5	Adanya pemesanan <i>cranes</i> dalam jumlah banyak oleh satu <i>customer</i> dengan spesifikasi dan dimensi yang hampir identik

Pada tabel 12 diatas menjelaskan bahwa terjadi dikarenakan adanya dampak yang ditimbulkan terjadinya *over order* yaitu girder yang terparkir (berhari – hari) di area pergerakan operator yang dinilai mengganggu mobilitas dalam beraktivitas atau melakukan pemindahan barang.

Tabel 13. Analisis 5 mengapa pada *waste inventory*

Problem	Faktor Penyebab Inventory Pada Proses Girders Boxing
Why 1	<i>Layout/ area</i> kurang luas pada proses yang memiliki durasi pengerjaan yang lama dan lokasinya yang saling berdekatan
Why 2	Bila terdapat proyek <i>cranes double girders</i> (dengan dimensi besar) yang sedang <i>alignment</i> , akan berujung pada pemakaian sementara oleh area proses <i>fillet welding</i>
Why 3	<i>Cranes</i> yang selesai melaksanakan proses <i>boxing</i> , dipaksa menunggu atau melaksanakan <i>fillet welding</i> pada area <i>boxing</i>
Why 4	Proses <i>boxing</i> tidak dapat berlanjut pada plat yang sudah masuk di WIP <i>girders boxing</i>
Why 5	WIP <i>girders boxing</i> penuh, dan memaksa proses <i>buttwelding</i> untuk berhenti sampai proyek <i>double girders</i> pada proses <i>alignment</i> telah selesai

Pada tabel 13 diatas menjelaskan bahwa akibat dari *over order* dan rantai produksi dinilai kurang leluasa sehingga *inventory* tidak dapat mengalir dan berdampak pada berjalannya proses produksi.

Tabel 14. Analisis 5 mengapa pada *waste motion*

Problem	Faktor Penyebab Motion Pada Proses Girders Boxing
Why 1	Pemrosesan memakan waktu yang relatif lama
Why 2	Jarak proses <i>boxing</i> ke <i>storage</i> relatif jauh
Why 3	Operator melakukan gerakan (pengambilan barang atau alat dari <i>storage</i>) yang berpotensi menciptakan <i>non value added activity</i>
Why 4	Bila alat telah selesai digunakan wajib dikembalikan, bila barang selesai digunakan dan menyisakan wajib pula dikembalikan ke tempat asal
Why 5	Pengaruh budaya dan kebiasaan yang berlaku (aturan)

Pada tabel 14 diatas menjelaskan bahwa *waste* yang kemunculannya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan/ momen, dimana keberadaannya tidak akan jauh dari keterkaitan dengan *waste* yang menyebabkannya. akan tetapi aktivitas ini relatif lama pada beberapa momen memiliki intensitas yang tidak menentu (tergantung proyek *cranes* yang dikerjakan). Kondisi tersebut dinilai tidak efisien dalam segi waktu maupun mobilitas pekerja, ditambah dengan faktor jarak *storage* ke *boxing* area dengan resiko/ faktor lain yang tidak dapat diprediksi.

Tabel 15. Analisis 5 mengapa pada *waste waiting*

Problem	Faktor Penyebab Waiting Pada Proses Girders Boxing
Why 1	Produktivitas (<i>man hours</i>) meningkat pada proses <i>girders boxing</i>
Why 2	Melakukan pekerjaan tambahan pada proses <i>girders boxing</i> berupa <i>butt welding</i> pada <i>top</i> dan <i>bottom</i> plat girder, <i>fillet welding</i> , dan aktivitas pemasangan <i>stiffener</i> yang mana adalah tugas dari <i>alignment</i>
Why 3	Proyek pada <i>girders boxing</i> tidak dapat dipindah (keterbatasan <i>material handling</i>)
Why 4	<i>Cranes</i> 1 dan 2 digunakan pada aktivitas <i>alignment</i> pada proyek <i>cranes double girders</i> , sementara <i>cranes</i> ke 3 tidak dapat ke area <i>boxing</i> karena <i>runway</i> terhalang oleh <i>cranes</i> 2
Why 5	Durasi pengerjaan proyek pada proses <i>boxing</i> berlangsung lama sehingga tidak sempat mempersiapkan <i>cranes</i> untuk pemindahan/ kasus lain untuk mengatur inventori pada WIP

Pada tabel 15 diatas menjelaskan bahwa *waiting* adalah dampak dari *over order*, *waiting* dapat terjadi akibat *inventory* dan *motion*. Pada saat observasi, jenis *waste* ini yang intensitas kemunculannya yang cukup sering.

Tabel 16. Analisis 5 mengapa pada *waste extra processing*

Problem	Faktor Penyebab Extra Processing Pada Proses Girders Boxing
Why 1	Permukaan <i>web plate</i> yang saling bertemu/bersinggungan dengan <i>diapharm</i> tidak dapat menyatu rata setelah di <i>tack weld</i> (<i>buckling</i>)
Why 2	Terjadi pengulangan proses yang sama pada satu momen
Why 3	Kurang handal pada daya tekan mesin <i>boxing jig</i>
Why 4	Komponen yang berhubungan dengan masalah perlu dilakukan perbaikan atau bahkan dilakukan <i>upgrade</i>
Why 5	Agar tidak terjadi hal pemborosan serupa di masa depan (pada proyek <i>cranes</i> selanjutnya)

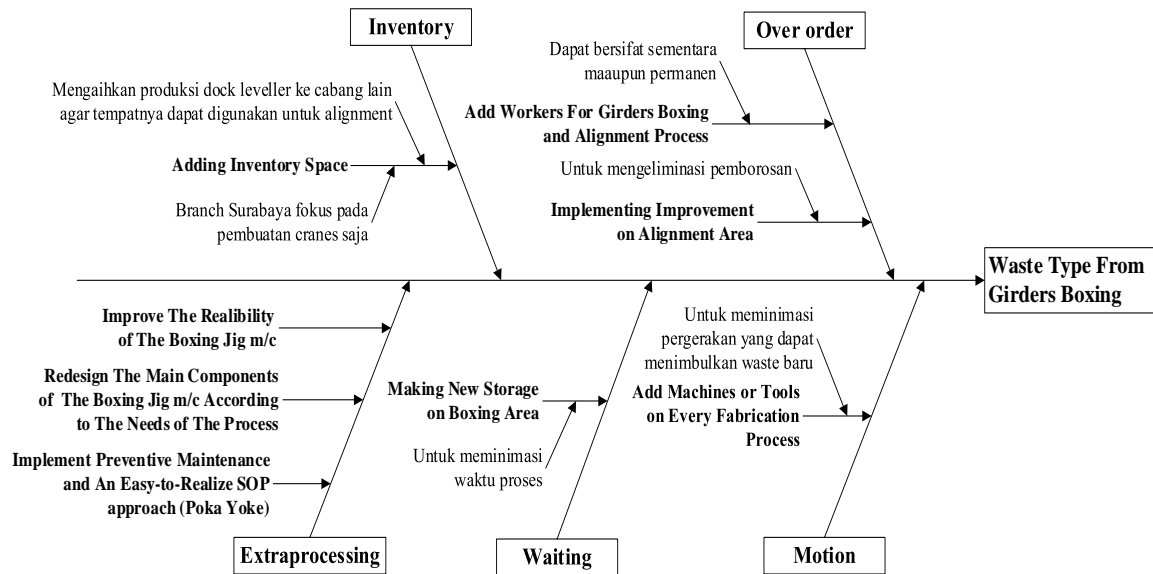
Pada tabel 16 diatas menjelaskan bahwa *extra processing* disebabkan oleh satu dan lain hal yaitu dari keandalan mesin produksi. Masalah inilah yang disinyalir membawa dampak tambahan dari keterkaitan antar *waste* yang lain.

6. Rekomendasi Perbaikan (*Cause and Effect Diagram*)

Pada Konsep diagram sebab – akibat mengilhami dan memperkuat pemikiran tentang penyebab potensial atau aktual, dan juga memfasilitasi pemeriksaan lebih dalam terhadap penyebab terjadinya *waste*. Karena gagasan apa pun dapat menjadi bagian dari analisis diagram sebab – akibat, analisis ini memfasilitasi konsensus/kesepakatan mengenai sebab – sebabnya. Hal ini dapat membantu dalam

memusatkan perhatian pada prosedur terjadinya suatu masalah dan memungkinkan pemanfaatan informasi yang diungkapkan oleh kejadian yang dilaporkan secara konstruktif[12].

Diagram sebab akibat menampilkan secara visual berbagai penyebab suatu masalah dan memudahkan identifikasi ide mengenai penyebab masalah yang dapat dengan cepat dikategorikan ke dalam tema untuk dianalisis atau dikumpulkan data lebih lanjut oleh perusahaan[13]. Diagram sebab – akibat akan dijabarkan sesuai dengan *waste* dan masing – masing ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. Usulan perbaikan *over order*

Hasil dari gambar 4 diatas merupakan sebuah *concern* dari *rootcause* yang diperoleh pada masing – masing pemborosan yang diperoleh dari analisis 5 mengapa yang dilakukan. Pertimbangan ini diambil berdasarkan hasil dari pengamatan, hasil perhitungan berdasarkan *waste assessment model – waste assessment quetionare*, proses *mapping* pada proses fabrikasi, dan masukan dari para operator terkait.

Ringkasan dari hasil yang didapat setelah dilakukannya pembobotan, perhitungan, maupun analisis dari penelitian yang kemudian akan dijabarkan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan, hal ini bertujuan untuk menunjukkan komparasi pada hasil dari sebelum dilakukannya *improvement/ lean* dan hasil sesudah dilakukannya *improvement/ lean*[14]. Hasil yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Penentuan rangking pemborosan dengan metode *waste assesment model* dipilih hasil tiga besar yaitu peringkat 1 *overorder*, peringkat 2 *inventory*, peringkat 3 *motion*.
2. Penentuan *tools* VALSAT yang sesuai digunakan untuk upaya dalam mengeliminasi *waste* yang terjadi pada proses fabrikasi *girders boxing* adalah *process activity mapping* dengan skor sebesar 4.335 poin.
3. Efektivitas pada *process activity mapping* dengan hilangnya aktivitas *non value added/ aktivitas pemborosan* pada proses fabrikasi *girders boxing* setelah dilakukan perbaikan yang dipaparkan pada masing – masing tabel berikut:

Tabel 15. Hasil Komparasi Sebelum dan Setelah Perbaikan Pada Jumlah Aktivitas Proses Fabrikasi *Girders Boxing*

Kategori Aktivitas	Before	After	Nilai efisiensi	
	Jumlah aktivitas	Jumlah aktivitas	Jumlah	Persentase (%)
<i>Operation</i>	5	5	0	1,53%
<i>Transportation</i>	9	9	0	2,75%
<i>Inspection</i>	2	2	0	0,62%

<i>Storage – Transportation</i>	1	1	0	0,31%
<i>Delay</i>	9	0	9	0%
<i>Operation – Inspection</i>	30	30	0	9,16%
<i>Transportation – Inspection</i>	3	3	0	0,92%
Total	59	50	9	15,29%

Hasil pada tabel 15 menunjukkan klasifikasi kategori pada *Process Activity Mapping* (PAM) perbandingan sebelum dan sesudah dilakukannya perbaikan dengan menghilangkan aktifitas *delay* (*non value added activity*). Pertimbangan ini didasari karena tidak adanya dampak positif (pada kategori *delay*), hasil persentase diatas didapatkan dari gap antara $\frac{\text{Jumlah aktivitas (before)}}{\text{Total aktivitas (before)}} \times 100\% \dots (8)$ dengan $\frac{\text{Jumlah aktivitas (after)}}{\text{Total aktivitas (after)}} \times 100\% \dots (9)$

Tabel 16. Hasil Komparasi Sebelum dan Setelah Perbaikan Pada Kategori Aktivitas Proses Fabrikasi *Girders Boxing*

Kategori Aktivitas	Before	After	Nilai efisiensi	
	Durasi tersedia (s)	Durasi tersedia (s)	Waktu (s)	Persentase (%)
<i>Operation</i>	5.274	5.274	0	2,10%
<i>Transportation</i>	10.130	10.130	0	3,80%
<i>Inspection</i>	2.154	2.154	0	0,80%
<i>Storage – Transportation</i>	1.065	1.065	0	0,40%
<i>Delay</i>	44.367	0	44.367	0%
<i>Operation – Inspection</i>	66.884	66.884	0	25,40%
<i>Transportation – Inspection</i>	2.960	2.960	0	1,10%
Total	132.834	88.467	44.367	33,6%

Hasil pada tabel 16 menunjukkan hasil perbandingan durasi aktivitas pada *Process Activity Mapping* (PAM) dengan menghilangkan aktifitas *delay* (*non value added activity*). Hasil persentase diatas didapatkan dari gap antara $\frac{\text{Durasi (before)}}{\text{Total durasi (before)}} \times 100\% \dots (10)$ dengan $\frac{\text{Durasi (after)}}{\text{Total durasi (after)}} \times 100\% \dots (11)$

Tabel 17. Hasil Komparasi Sebelum dan Setelah Perbaikan Pada Tipe Aktivitas Proses Fabrikasi *Girders Boxing*

Tipe aktivitas	Jumlah aktivitas Before	Jumlah aktivitas After	Durasi aktivitas (s)		Nilai efisiensi	
			Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan	Waktu (s)	Persentase (%)
VA	41	41	75.672	75.672	0	28,50%
NVA	9	0	44.367	0	44.367	0%
NNVA	9	9	12.795	12.795	0	4,90%
Total	59	50	132.834	88.467	44.367	33,4%

Hasil pada tabel 17 menjelaskan banyaknya durasi waktu yang dapat diefisiensi setelah menghilangkan aktifitas *delay* (*non value added activity*) sebesar 44.367 detik dengan efisiensi waktu sebesar 33,4%. Hasil persentase diatas didapatkan dari gap antara $\frac{\text{Durasi aktivitas (before)}}{\text{Total durasi (before)}} \times 100\% \dots (12)$ dengan $\frac{\text{Durasi aktivitas (after)}}{\text{Total durasi (after)}} \times 100\% \dots (13)$

- Meningkatnya efisiensi pada Proses Fabrikasi *Girders Boxing* sehingga berdampak pada target produktivitas perusahaan dapat tercapai, hal tersebut dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 18. Hasil Komparasi Sebelum dan Setelah Perbaikan Pada Proses Fabrikasi *Girders Boxing* pada proyek amatan

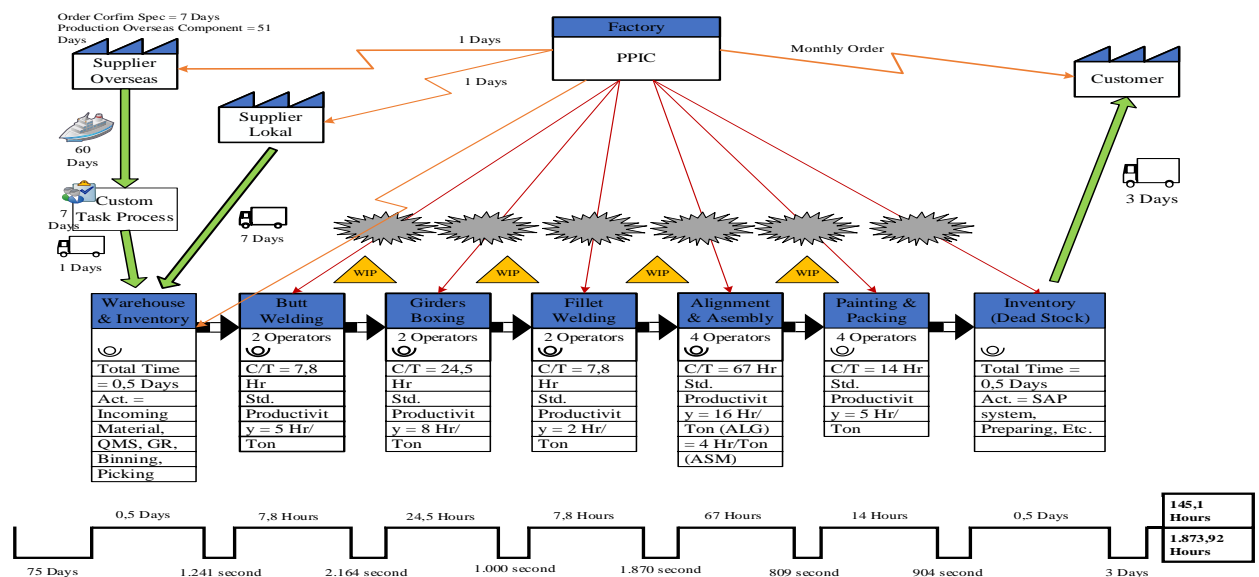
Nama Proyek	SWL (Ton)	Durasi aktivitas (Hours)		Standard Productivity (Hours/ Ton)		Nilai Efisiensi	
		Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan	Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan	Durasi aktivitas (Hours)	Standard Productivity (Hours/Ton)
EKKE Cranes	4,4 Ton	36,9 Hours	24,5 Hours	8,38 Hours/Ton	5,56 Hours/Ton	12,4 Hours	2,82 Hours/Ton

Hasil pada tabel 18 menampilkan perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan yang menghasilkan nilai efisiensi sebesar 12,4 Hours. Hasil tersebut dibarengi pula dengan nilai efisiensi standar produktivitas sebesar 2,82 hours/ton dengan perhitungan rumus $Std. productivity = \frac{Total\ cycle\ time}{SWL\ (tonase)} \dots\dots(14)$

Setelah dilakukan penelitian ini maka dapat diperoleh hasil bahwa pendekatan *lean manufacturing* bekerja tidak hanya pada sistem produksi secara massal melainkan dapat pula diterapkan pada sistem produksi secara *make to order*. Hasil ini perusahaan dapat mengaplikasikannya pada proyek *cranes* yang memiliki jenis, dimensi, model dan tonase yang relatif sama dengan proyek amatan (penelitian) atau perusahaan dapat pula mengembangkan langkah tersebut pada seluruh jenis produk perusahaan di masa mendatang jika dibutuhkan.

7. Future State Mapping

Pembuatan *future state mapping* ini dimaksudkan sebagai pemetaan visual dari hasil setelah dilakukan perbaikan[15], hal ini untuk mengetahui berapa banyak peningkatan yang berhasil dilakukan pada proses fabrikasi *cranes* seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 9. Future state mapping pada proses fabrikasi *cranes* pada proyek amatan

Berdasarkan pembuatan *current state mapping* diatas, bahwa total *value added* dari proses fabrikasi *cranes* didapat sebesar 145,1 Jam dari total *lead time* proses fabrikasi *cranes* sebesar 1.873,92 Jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, maka disimpulkan bahwa penerapan *lean manufacturing* dapat dilakukan dengan cara:

1. Mengetahui adanya *waste* pada proses pembuatan *box girder* di PT. XYZ dicapai dengan dua cara yaitu: 1) Menggunakan metode *Waste Assessment Model*; 2) Observasi Lapangan (Pengamatan langsung terhadap proses).
2. Mengetahui penyebab terjadinya *waste* pada girder proses *boxing* di PT. XYZ menggunakan Analisis 5 Mengapa untuk setiap aktivitas pemborosan pada proses *cranes*.
3. Agar *lean manufacturing* pada proses fabrikasi *girders boxing* dapat bersifat *sustain*, maka dilakukannya perbaikan berupa usulan perbaikan dengan pembuatan *Cause And Effect Diagram* pada setiap aktivitas *waste*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Widhianti and . Alfian Ady Saputra, “Analisa Kekuatan Dan Getaran Overhead Crane 10 Ton Double Girder Dengan Bentangan 17 Meter Proses Material Handling,” *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. Vol. 12 No, no. <https://journal.univpancasila.ac.id/index.php/teknobiz/issue/view/259>, 2022, doi: <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v12i2.3616>.
- [2] D. Patel, H., Upadhyay, D., & Patel, “Design Optimization of Box Girder in Gantry Cranes using Finite Element Analysis Software,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. Volume 07, no. Issue 08, p. p-ISSN: 2395 – 0072, 2020.
- [3] M. Rosyidah, *Lean Manufacturing: Langkah Pengurangan Pemborosan Dalam Produksi*. yogyakarta: deepublish, 2022.
- [4] R. Hermawan, “PENGOPTIMALAN PRODUKSI PRODUK PADA PERUSAHAAN CV. SANDY PERSADA DI KOTA BANJAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE LARGEST CANDIDATE RULES,” *J. Media Teknol.*, vol. Vol. 06 No, 2019.
- [5] A. Naziihah, J. Arifin, and B. Nugraha, “Identifikasi Waste Menggunakan Waste Assessment Model (WAM) di Warehouse Raw Material PT. XYZ,” *J. Media Tek. Sist. Ind. Univ. Suryakencana*, vol. Vol. 6 (no, p. hal. 30 – 40, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.unsur.ac.id/JMTSI>
- [6] Prabowo. R, “INTEGRATION OF LEAN AND GREEN MANUFACTURING TO SUSTAINABILITY IMPROVING AT PT. TEXTILE JAYA GEMILANG,” *Tibuana J. Appl. Ind. Eng. PGRI Adi Buana*, vol. Vol. 2, No, pp. 14–25, 2019.
- [7] S. Aisyah, “Perencanaan Lean Manufacturing Untuk Mengurangi Pemborosan Menggunakan Metode Value Stream Mapping Pada PT Y Indonesia,” *urnal Optimasi Tek. Ind.*, vol. Vol. 02 No, pp. 56–59, 2020.
- [8] F. Jufrijal, “IDENTIFIKASI WASTE CRUDE PALM OIL DENGAN MENGGUNAKAN WASTE ASSESSMENT MODEL,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. Vol 8 No 1, pp. 43–53, 2022.
- [9] et al Nelfiyanti, “Penerapan Value Stream Mapping Tools dalam Meminimasi Pemborosan Proses Packing Part Disc di Line Servis,” *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. Vol. 1, No, 2023.
- [10] Muchammad Bashori, E. Ismiyah, and D. Andesta, “Analisis Waste Pada Proses Produksi Decking dengan Pendekatan Lean Manufacturing di PT. Cahaya Niaga Persada,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. Volume 7, p. hal. 1643-1652, 2023.
- [11] Irhamni and T. M. A. Pandria, “Analisis Penyebab Low Level Raw Water Menggunakan 5 – Why Analysis dan Fishbone di WTP PT. PLN UPK Nagan Raya,” *J. Serambi Eng. Vol. VII, No.3, Juli 2022*, vol. Volume VII, 2022, doi: <https://doi.org/10.32672/jse.v7i3.4413>.
- [12] L. Sri and Muhammad Yushiy Zahrowain Zaenal Muttaqien, “Penerapan Metode Rca Untuk Menentukan Akar Penyebab Waste Pada Proses Pencucian Reaktor Dan Blending Tank Di Departemen Produksi 2,” *J. Ind. Manuf.*, vol. Vol. 9, No, pp. 009–016, 2024.
- [13] Novitasari Eviyanti, “ANALISIS FISHBONE DIAGRAM UNTUK MENGEVALUASI PEMBUATAN PERALATAN ALUMINIUM STUDI KASUS PADA SP ALUMINIUM

-
- YOGYAKARTA,” *JAAKFE UNTAN (Jurnal Audit dan Akunt. Fak. Ekon. Univ. Tanjungpura)*, vol. Vol. 10 No, 2021.
- [14] M. K. R.Dinesh, V.R.Sathish Kumar, “Capacity Enhancement through Value Stream Mapping and Line Balancing Technique in Compressor Assembly Line,” *nternational J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. Volume-8, no. Issue-10, 2019.
- [15] and N. U. H. A. Krisna, “PERANCANGAN LEAN MANUFACTURING DALAM PROSES PACKING TV LED 32” (STUDI KASUS : PT XYZ),” *Ind. Eng. Online J.*, vol. Vol. 12, n, 2023.