

Penggunaan Metode VALSAT dan WAM untuk Mereduksi Limbah Pada Pabrik Timah di Pasuruan

Sri Rahayu, Pram Eliyah Yuliana, Kelvin
Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya
E-mail: rahayu@stts.edu, pram@stts.edu, kelvin@stts.edu

Abstrak—PT. XYZ merupakan pabrik penghasil *lead alloy* dengan menggunakan bahan baku berupa aki bekas. Produksi dilakukan melalui 3 proses yaitu, proses *battery breaker*, proses *furnace*, proses *refining*. Penelitian ini akan mengamati proses produksi secara menyeluruh untuk mengetahui pemborosan yang terjadi. Metode yang diterapkan adalah *Waste Assessment Model* (WAM) dan metode *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT).

Hasil dari pengamatan ini menemukan rata-rata tingkat pelayanan sebesar 87% yang berarti tingkat efektifitas pelayanan masih kurang karena masih dibawah 100% sehingga masih dapat dilakukan perbaikan. Dan untuk memperbaiki tingkat pelayanan, maka perusahaan dapat menggunakan metode WAM yaitu dengan melakukan analisis atau pengamatan terhadap pemborosan yang terjadi terlebih dahulu.

Usulan perbaikan yang direkomendasikan meliputi pengeliminasian pemborosan pada *battery breaker* untuk permasalahan pengeringan menggunakan energi matahari dapat digantikan dengan menggunakan mesin filter press dan untuk permasalahan pengumpulan hasil *crushing* dari aki bekas dapat diganti dengan langsung meletakkan hasil *crushing* pada wadah supaya dapat lebih cepat. Sedangkan pada proses *refining* dapat dilakukan penambahan jumlah operator dan untuk permasalahan produk menunggu sesuai lot untuk di kemas dapat dilakukan penambahan kapasitas mesin untuk menghindari penyimpanan berlebih.

Kata Kunci— *Battery Breaker, Furnace, Lead Alloy, VALSAT dan WAM*

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, proses produksi yang berjalan lancar merupakan hal yang sangat penting. Perusahaan harus memperhatikan sistem input, proses dan output yang ada. Bila mulai dari input produksinya lancar, masuk ke proses juga lancar, maka output produksi akan dapat memenuhi kebutuhan konsumen dengan lancar pula. Apalagi juga banyak persaingan yang terjadi. Oleh karena itu perusahaan perlu melakukan upaya agar sistem yang ada berjalan dengan efisien. Misalnya pada input produksi, perusahaan harus mengetahui permintaan konsumen terhadap produk ini seperti apa, kemudian bisa menentukan bahan

baku produksi yang tepat. Melakukan pemesanan bahan baku secara tepat juga. Kemudian pada proses produksi perusahaan juga harus tahu metode yang tepat dalam melakukan pemrosesan bahan baku tersebut, penggunaan mesin produksi dengan baik sehingga bisa menghasilkan output berupa produk yang baik sesuai dengan harapan konsumen. Penggunaan metode dan mesin yang tepat bisa mengurangi *waste* (limbah/pemborosan) yang terjadi. *Waste* dapat berupa *defect, inventory, overproduction, transportation, waiting, motion, dan process*.

Obyek penelitian ini merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi timah hitam batangan yang diolah dari aki bekas. Perusahaan ini memproduksi *lead* dan *lead alloy*. Alur produksi secara sederhana pada perusahaan ini dibagi menjadi 3 tahapan yaitu *battery breaker, furnace, dan refining*. Proses *battery breaker* setiap harinya rata-rata memproduksi 100 ton bahan baku yang dibagi dalam 2 shift.

Berdasarkan hasil pengamatan, ditemukan adanya permasalahan pada *cycle time*, dan pada perusahaan ini *cycle time* per prosesnya cukup lama, hal ini menyebabkan *output* produksi tidak maksimal. Maka, untuk mengatasi permasalahan tersebut metode yang dapat digunakan adalah VALSAT (*Value Stream Analysis Tools*) dan WAM (*Waste Assessment Model*). VALSAT sendiri merupakan metode pendekatan yang digunakan melalui proses pembobotan *waste* dalam bentuk matrik yang selanjutnya digunakan untuk memilih *tool* [1]. Sedangkan untuk mengidentifikasi jenis *waste* dilakukan dengan metode *Waste Assessment Model*, dimana WAM ini adalah sebuah model yang digunakan untuk menyederhanakan proses identifikasi masalah yang disebabkan *waste* serta mencari cara untuk mengeliminasi *waste* [2].

Penelitian ini memiliki tujuan untuk identifikasi jenis *waste* (pemborosan) yang timbul pada proses produksi timah. Melakukan identifikasi penyebab munculnya *waste* dan kemudian memberikan solusi perbaikan untuk mengurangi *cycle time* pada keseluruhan proses yang terjadi pada perusahaan ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini menggunakan metode VALSAT (*Value*

Stream Analysis Tools) dan WAM (Waste Assessment Model).

A. Waste

Pemborosan (*waste*) adalah aktivitas yang tidak menghasilkan nilai tambah. Hal ini memiliki arti bahwa aktivitas yang hanya menyerap sumber daya yang digunakan, namun tidak memberikan value lebih konsumen [3]. Prinsip dari pendekatan metode *lean* adalah proses mengurangi atau mengeliminasi pemborosan (*waste*). Untuk menghilangkan *waste*, maka perlu untuk mengetahui jenis *waste*. terdapat 7 jenis *waste*, yaitu [4]:

1. *Overproduction*
Waste yang timbul karena *overproduction*.
2. *Defect*
Waste yang timbul karena kecacatan dalam produksi.
3. *Unnecessary Inventory*
Waste karena menyimpan produk atau bahan baku yang tidak diperlukan.
4. *Inappropriate Processing*
Waste yang timbul karena kesalahan prosedur pengerjaan produk.
5. *Excessive Transportation*
Waste yang terjadi karena proses waktu kerja yang berlebih.
6. *Waiting*
Waste yang terjadi karena proses waktu kerja yang tidak efisien.
7. *Unnecessary Motion*
Waste yang timbul karena gerakan kerja yang tidak efektif.

B. Value Stream Analysis Tools

Value stream analysis tools adalah *tools* untuk memetakan *waste* secara terperinci pada aliran *value*, dimana yang fokus pada *value adding process* dan *nonvalue adding process* [5].

Mapping tools yang digunakan untuk memetakan *waste* pada penelitian ini yaitu:

a. Process Activity Mapping

Process Activity Mapping merupakan proses pemetaan semua aktivitas mulai dari operasi, transportasi, delay, inspeksi dan storage. Selanjutnya, dikelompokkan pada tiap aktivitas berdasarkan *value adding activities*, *necessary non value adding activities*, dan *non value adding activities*. Pemetaan ini dilakukan untuk mengetahui aliran proses yang terjadi, baik itu identifikasi adanya pemborosan, yang kemudian bisa melakukan pengaturan proses produksi, sehingga proses lebih efisien, serta melakukan perbaikan aliran proses sehingga bisa memberikan penambahan nilai.

Jenis aktivitas pada *process activity mapping*, sebagai berikut:

1. Value Adding Activity
2. NonValue Adding Activity
3. Necessary NonValue Adding Activity

b. Supply Chain Response Matrix

Supply Chain Response Matrix adalah grafik untuk menunjukkan hubungan antara persediaan dengan waktu tunggu pemesanan barang. Berdasarkan grafik tersebut akan dapat diketahui terjadi peningkatan atau penurunan jumlah persediaan serta waktu distribusi untuk setiap area[6]. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki atau menjaga tingkat pelayanan

pada setiap jalur distribusi dengan biaya yang efisien.

C. Waste Assesment Model

Terdapat dua cara untuk melakukan identifikasi terhadap *waste*, yaitu [7]:

1. *Waste Relationship Matrix* (WRM) untuk mengetahui hubungan pemborosan yang ada.
2. *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) untuk melakukan penilaian jenis pemborosannya.

a. Waste Relationship Matrix

Waste Relationship Matrix dipakai untuk mengukur kekuatan hubungan antar *waste* dengan menggunakan matriks. Adapun langkah *pembuatannya* sebagai berikut[8]:

1. Analisa WRM

Analisa ini dibuat dengan cara membuat kuesioner. Kuesioner ini berkaitan dengan *waste* yang ada kemudian memberikan bobot sehingga nanti bisa diketahui hubungan antar *waste*. Dari 186 kuesioner, diperoleh hasil adanya 31 hubungan antar *waste*.

2. Menghitung total skor hubungan antar *waste* dengan bobotnya.
3. Menentukan tingkat kekuatan hubungan antar *waste* berdasarkan skor yang sudah dihitung sebelumnya.
4. Mengalikan Total Skor dengan simbol yang ada.
5. Menjadikan simbol yang ada ke angka seperti berikut

- a. Simbol A = 10
- b. Simbol E = 8
- c. Simbol I = 6
- d. Simbol O = 4
- e. Simbol U = 2
- f. Simbol X = 0

Langkah terakhir adalah menghitung total nilai/skor dari baris dan kolom yang ada pada tabel WRM sehingga diketahui persentase pengaruh suatu pemborosan terhadap pemborosan yang ada.

b. Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Definisi WAQ adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui pemborosan pada area produksi [9]. WAQ terdiri dari 68 pertanyaan dalam menentukan pemborosan. Pada setiap pertanyaan dapat memrepresentasikan kegiatan, keadaan, dan perilaku yang mengakibatkan terjadinya suatu pemborosan. Beberapa pertanyaan diawali dengan kata "*from*" yang artinya adalah suatu pemborosan yang ada dapat memicu terjadinya pemborosan lainnya, dan ada beberapa pertanyaan yang diawali dengan kata "*to*" yang artinya adalah suatu pemborosan terjadi karena adanya pemborosan lainnya. Untuk jawaban sudah disediakan 3 pilihan dengan bobot masing-masing yaitu

- Bobot 1 jika jawaban adalah "Ya"
- Bobot 0.5 jika jawaban adalah "Sedang"
- Bobot 0 jika jawaban adalah "Tidak"

Langkah-langkah dalam membuat WAQ [10]:

1. Mengelompokkan dan menghitung pertanyaan dari kolom "From" dan "To" dari tiap jenis pemborosan.
2. Memasukkan nilai bobot dari hasil WRM dalam setiap

pertanyaannya.

- Menghitung nilai Ni dengan membagi nilai bobot WRM yang sudah dimasukkan dengan jumlah pertanyaannya. Persamaan 2.1 digunakan untuk menghitung jumlah skor. Hasil frekuensi (Fj) bersumber dari munculnya nilai pada setiap waste dengan mengabaikan nilai 0 (nol).

$$S_j = \sum_{k=1}^K \frac{W_{jk}}{N_i} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- Sj: nilai bobot hubungan pemborosan
- K: rentang nilai antara 1 sampai 68
- W: waste
- j: tipe waste
- Ni: jumlah Pertanyaan

- Menginputkan nilai rata-rata pada tabel bobot setelah mengetahui nilai Ni. Dan mengalikan bobot hasil WRM dengan nilai rata-rata kuesioner.
- Memasukkan nilai WAQ berdasarkan nilai indikator awal untuk tiap waste (Yj), nilai Pj factor dan nilai Yj akhir.
- Menghitung Total Skor dengan rumus 2.2 dibawah ini,

$$S_j = \sum_{k=1}^K X_k \frac{W_{jk}}{N_i} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- Sj: skor pemborosan
- Xk: rata-rata jawaban tiap pertanyaan kuesioner

- Menghitung Yj dengan rumus 2.3 dibawah ini.

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

- Yj: indikasi waste
- sj: skor waste setelah dikalikan dengan hasil kuesioner
- Sj: skor bobot hubungan pemborosan

- Menghitung Pj factor dengan cara mengalikan Persentase “From” dengan “To” sesuai dengan rumus 2.4 di bawah ini

$$P_j \text{ factor persentase from waste } \times \text{ persentase to waste } \dots\dots(2.4)$$

- Menghitung Yj final dengan rumus 2.5 di bawah ini.

$$Y_j \text{ final} = Y_j \times P_j \text{ faktor} \dots\dots\dots(2.5)$$

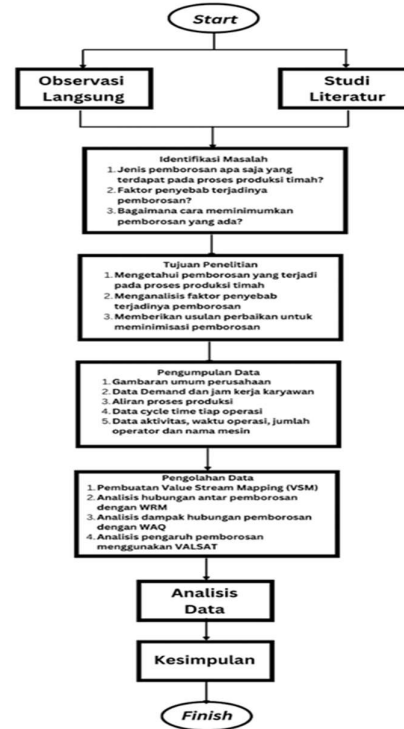
Dimana:

Yj final: nilai final untuk setiap pemborosan.

Dengan mengetahui nilai Yj, maka bisa diketahui peringkat dari waste yang dihasilkan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut adalah alur penelitian yang dilakukan:

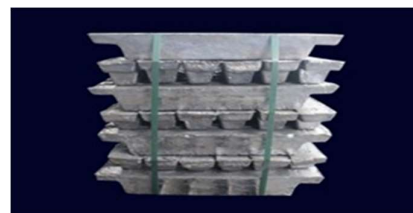


Gambar. 1. Metodologi Penelitian

IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

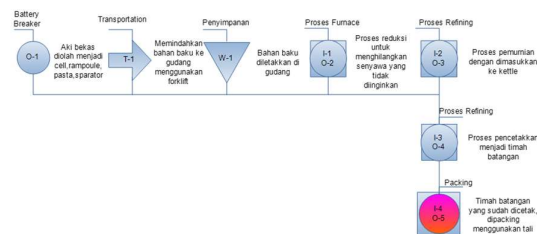
PT XYZ mempunyai 3 tahapan produksi yaitu battery breaker, furnace, dan refining. Battery breaker memproses aki bekas dan diolah menjadi bahan baku timah yaitu cell, rampoule, pasta dan separator. Furnace mereduksi senyawa yang tidak diinginkan (menghilangkan karat) sedangkan Refining menghasilkan produk jadi berupa ingot (timah Batangan) melalui proses pemurnian yang memakan waktu kurang lebih 8 jam dan 7 jam untuk yang lunak.

Pada pabrik ini dilakukan pengolahan aki bekas (*used batteries*) yang kemudian diolah kembali menjadi lead alloy.



Gambar. 2. Produk Lead Alloy

Berikut adalah operation chart pada PT. XYZ.



Gambar. 3. Operation Process Chart

Berikut adalah Data *Waste Assessment Model*:

A. *Waste Relationship Matrix (WRM)*

Tabel ini berisi nilai bobot dari tiap waste, yang diperoleh dari jawaban kuesioner dan sudah diubah menjadi skor.

TABEL I
BOBOT MASING-MASING WASTE

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	4	8	10	10	0	8	50	16.80
I	6	10	6	8	10	0	0	40	13.40
D	8	8	10	8	8	0	10	52	17.40
M	0	4	8	10	0	6	8	36	12.10
T	6	6	6	6	10	0	6	40	13.40
P	10	8	8	8	0	10	6	50	16.80
W	6	8	6	0	0	0	10	30	10.10
Score	46	48	52	50	38	16	48	298	100
%	15.40	16.10	17.40	16.80	12.80	5.40	16.10	100	

B. *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)*

WAQ ini dibuat untuk mengetahui peringkat dari waste yang ada, yaitu dari waste yang paling besar memberi pengaruh pada proses produksi lead dan lead alloy.

Berikut adalah hasil perhitungan WAQ dalam bentuk grafik:



Gambar. 5 Grafik Peringkat Waste Assessment

Berikut adalah *Value Stream Analysis Tools (VALSAT)* :

Langkah pertama untuk membuat VALSAT yaitu dengan memilih 2 Tools yang ada pada Mapping Tools dengan peringkat tertinggi.

TABEL II
HASIL PERHITUNGAN VALSAT

Waste	Weight	Mapping Tool						
		Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
Overproduction	0.18	0.18	0.54		0.18	0.54	0.54	
Waiting	0.13	1.17	1.17	0.13		0.39	0.39	
Excessive Transportation	0.10	0.9						0.1
Inappropriate Processing	0.7	6.3		2.1	0.7		0.7	
Unnecessary Inventory	0.16	0.48	1.44	0.48		1.44	0.48	0.16
Unnecessary Motion	0.15	0.15	0.15					
Defect	0.22	0.22			1.98			
Total	9.4	3.3	2.71	2.86	2.37	2.11	2.11	0.26
Rank	1	2	4	3	5	6	7	

Berdasarkan hasil perhitungan pada table 2 tersebut diatas, diketahui bahwa 2 tools yang terpilih adalah proses *activity mapping* dan *supply chain response matrix*.

Berikut adalah *Process Activity Mapping (PAM)* PAM merupakan metode untuk menggambarkan tahapan proses produksi secara terperinci. Penggambaran ini dimulai dengan menentukan *value adding activity (VA)*, *nonvalue adding activity (NVA)*, dan *necessary non value adding activity (NNVA)*. Hal ini dilakukan agar dapat mengidentifikasi *waste* pada value stream dan membuat proses produksi menjadi lebih efektif dan efisien.

TABEL III
PAM PEMBUATAN LEAD ALLOY

No	Proses	Mesin / Alat Bantu	Jumlah (pc)	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aksi					Ket.	
						O	T	I	S	D		
1	Pemeriksaan bahan baku	Operator		600	1							NNVA
2	Pengiriman bahan dari gudang material ke WIP Breaker	Forklift	10	144	1							NNVA
3	Proses pemotongan dek atas	Hammer M.H		1440	3							VA
32	Melakukan quality control	Operator		360								NNVA
33	Proses packing timah ingot	Metak strapping		240	2							VA
34	Pengiriman ingot dari refining ke gudang finish goods	Forklift	12	180	1							NNVA

Berdasarkan dari tabel PAM pembuatan lead alloy diatas, maka selanjutnya dibuat tabulasi perhitungan dan persentase dari aktivitas Operation, Transportation, Inspection, Storage dan Delay.

TABEL IV
RINGKASAN PERHITUNGAN PAM

No	Aktivitas	Jumlah	Waktu (Detik)	Persentase
1	Operation	17	17296	50.00%
2	Transport	6	1822	17.65%
3	Inspeksi	2	960	5.88%
4	Storage	3	930	8.82%
5	Delay	6	7198	17.65%

Sedangkan untuk Persentase klasifikasi PAM seperti pada tabel di bawah ini.

TABEL V
PERSENTASE KLASIFIKASI PAM

No	Klasifikasi	Jumlah	Waktu (Detik)	Persentase (%)
1	VA	17	17296	61.32%
2	NVA	5	7278	25.80%
3	NNVA	12	3632	12.88%
	Total	34	28206	100%

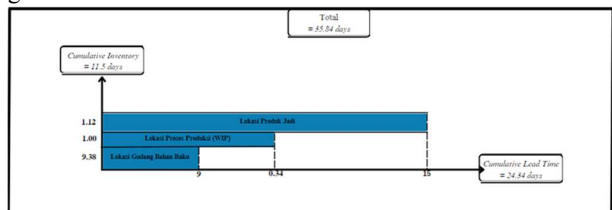
Berikut adalah *Supply Chain Response Matrix (SCRM)* SCRM ditentukan melalui langkah-langkah sebagai berikut ini:

1. Menentukan lead time dan jumlah persediaan bahan baku.
2. Menentukan data Stok Fisik Harian dan lead kemudian melakukan perhitungan cumulative lead times dan cumulative Stok Fisik Harian yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

TABEL VI
SCRM PRODUKSI LEAD ALLOY

No	Nama Bahan	Days Physical Stock	Lead Time	Cumulative Days Physical Stock	Cumulative Lead Times
1	Lokasi Gudang Bahan Baku	9.38 hari	9 hari	9.38 hari	9 hari
2	Lokasi Proses Produksi (WIP)	1 hari	0.34 hari	10.38 hari	9.34 hari
3	Lokasi Produk Jadi	1.12 hari	15 hari	11.5 hari	24.34 hari
	Total				35.84 hari

Grafik SCRM produksi lead alloy dapat dilihat pada gambar 6berikut ini:



Gambar. 6. Grafik SCRM proses produksi lead allo

V. ANALISIS DATA

Dimulai dengan menganalisis waste, kemudian menganalisis faktor-faktor penyebab timbulnya waste dan kemudian membuat future state value stream mapping.

A. Analisis Value Stream Mapping (VSM)

Setelah memahami aliran fisik dan material perusahaan secara keseluruhan. Maka dapat diketahui bahwa proses produksi sudah berjalan sesuai penjadwalan yang dibuat oleh PPIC.

TABEL VII
ANALISIS VALUE STREAM MAPPING

No	Indikator Performansi	Proses	Analisis	
1	Cycle Time	600 detik	- Melihat kesesuaian jumlah bahan baku, maka waktu nya cukup	
		Pemeriksaan Bahan Baku	- Proses inspeksi dilakukan oleh bagian <i>quality incoming</i> - Proses ini tidak memerlukan adanya perbaikan	
		432 detik Proses Pemotongan Dek Atas	- Pemotongan dek atas merupakan proses pemotongan bahan baku - Diperlukan 1 lot WIP untuk dapat lanjut ke proses crushing sehingga ada proses menunggu dan perlu adanya perbaikan	
		1440 detik proses crushing	- Crushing merupakan proses penghancuran komponen aki bekas - Pengumpulan hasil crushing memakan waktu yang cukup lama karena masih manual sehingga dapat diminimalisir	
		4320 detik proses pengayakan	- Proses pengayakan merupakan proses pemisahan hasil crusher aki bekas - Memerlukan 1 lot WIP untuk lanjut ke proses pressing pasta sehingga ada proses menunggu dan perlu adanya perbaikan	
		2160 detik proses pressing pasta	- Proses pressing pasta merupakan proses menekan pasta dari aki bekas untuk diolah kembali - Memerlukan 1 lot WIP untuk lanjut ke proses pengeringan hasil press sehingga ada proses menunggu dan perlu adanya perbaikan	
		1680 detik proses pengeringan	- Proses pengeringan merupakan proses mengeringkan hasil pasta yang telah di press di proses sebelumnya - Proses ini memakan waktu yang cukup lama karena masih menggunakan tenaga matahari untuk mengeringkannya	

B. Analisis Waste Assessment Model (WAM)

Peringkat waste berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 8 di bawah ini.

TABEL VIII
RANK JENIS WASTE

Rank	Jenis Waste	Persentase	Akumulasi Persentase
1	Defect	21.90%	21.90%
2	Overproduction	18.00%	39.90%
3	Inventory	15.97%	55.87%
4	Motion	14.48%	70.34%
5	Waiting	12.61%	82.96%
6	Transport	9.97%	92.93%
7	Process	7.07%	100%

Berdasarkan tabel diatas, maka dapat diketahui dua waste dengan peringkat tertinggi adalah *defect* dan *overproduction*.

C. Analisis Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Hasil analisis VALSAT pada penelitian ini dapat dilihat pada table 9 dibawah ini.

TABEL IX
RANK HASIL VALSAT

Rank	Value Stream Analysis Tools	Total Bobot	Persentase	Akumulasi Persentase
1	Process Activity Mapping	9.4	40.85%	40.85%
2	Supply Chain Response Matrix	3.3	14.34%	55.19%
3	Quality Filter Mapping	2.86	12.43%	67.62%
4	Production Variety Funnel	2.71	11.78%	79.40%
5	Demand Amplification Mapping	2.37	10.30%	89.70%
6	Decision Point Analysis	2.11	9.17%	98.87%
7	Physical Structure	0.26	1.13%	100%

Adanya anggapan bahwa penggunaan tools harus terfokus pada paling sedikit 2 peringkat tertinggi di mapping tools. Hal ini bertujuan supaya proses eliminasi waste lebih terarah. Maka dari itu, tools yang dipilih adalah *Process Activity Mapping (PAM)* dan *Supply Chain Response Matrix (SCRM)* guna mengevaluasi waste.

D. Analisis Process Activity Mapping (PAM)

Pada PAM ini, data yang dipakai adalah data *actual* perusahaan yang diperoleh melalui observasi lapangan dan melakukan pengukuran waktu menggunakan stopwatch.

TABEL X
JUMLAH AKTIVITAS DAN PERSENTASE

No	Aktivitas	Jumlah	Waktu (Detik)	Persentase
1	Operation	17	17296	50.00%
2	Transport	6	1822	17.65%
3	Inspeksi	2	960	5.88%
4	Storage	3	930	8.82%
5	Delay	6	7198	17.65%

Berikut adalah waktu masing-masing jenis aktivitas secara berurutan:

TABEL XI
WAKTU AKTIVITAS DAN PERSENTASE

No	Aktivitas	Waktu (Detik)	Persentase
1	Operation	17296	61.32%
2	Transport	1822	6.46%
3	Inspeksi	960	3.40%
4	Storage	810	2.87%
5	Delay	7318	25.94%

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa jumlah aktivitas produksi sebanyak 35 dengan total waktu pembuatan 28978 detik per 1 ton lead alloy.

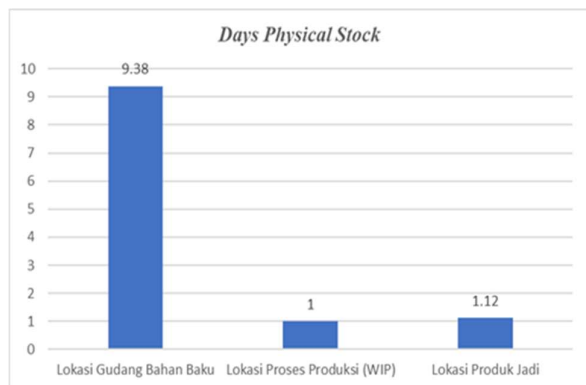
TABEL XII
ANALISIS PAM

No	Jenis Aktivitas	PAM (Jumlah/Waktu)	Analisis
1	Operation	Jumlah Aktivitas 17 (50%)	- Jumlah aktivitas dan waktu aktivitas dari operasi merupakan jumlah dan waktu tertinggi sehingga sudah optimal
		Jumlah Waktu 17296 (61.32%)	- Operasi merupakan aktivitas value added sehingga harus dipertahankan dan dijaga konsistensinya pada saat proses sedang berlangsung
2	Transportation	Jumlah Aktivitas 6 (17.65%)	- Persentase jumlah aktivitas transportasi adalah sekitar 17% dan tidak berdampak terlalu signifikan terhadap efisiensi transportasi karena persentasenya yang kecil
		Jumlah Waktu 1822 (6.46%)	- Transportasi adalah jenis aktivitas yang tidak bisa dihilangkan dengan cepat tetapi dapat dikurangi
3	Inspection	Jumlah Aktivitas 2 (5.88%)	- Inspeksi adalah suatu aktivitas yang tidak dapat dihilangkan dengan cepat tetapi dapat dikurangi
		Jumlah Waktu 960 (3.40%)	- Untuk mengurangi persentase total waktu yang ada dapat dikurangi dengan cara menambatkan jumlah operator pada aktivitas inspeksi
4	Storage	Jumlah Aktivitas 3 (8.82%)	- Storage adalah suatu aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada produk sehingga harus dihilangkan
		Jumlah Waktu 930 (3.30%)	- Aktivitas storage terjadi pada proses pengeringan dimana produk yang telah selesai harus dikumpulkan menjadi 5 tumpuk untuk di lakukan inspeksi di proses berikutnya
5	Delay	Jumlah Waktu 7198 (25.52%)	- Perbaikan yang dapat dilakukan adalah setelah proses pencetakan dapat langsung dilakukan inspeksi supaya tidak terjadi penampungan berlebih
		Jumlah Aktivitas 6 (17.64%)	- Delay adalah suatu aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada produk
5	Delay	Jumlah Waktu 7198 (25.52%)	- Delay terjadi dikarenakan oleh perbedaan cycle time yang cukup signifikan seperti pada proses pengeringan memakan waktu 6048 detik dan proses selanjutnya yaitu pengumpulan hasil penerjemahan dengan waktu 300 detik
		Jumlah Waktu 7198 (25.52%)	- Delay terjadi karena proses pengeringan tersebut masih menggunakan energi matahari (manual)
5	Delay	Jumlah Waktu 7198 (25.52%)	- Untuk menghilangkan delay yang ada dapat dilakukan penggunaan mesin filter press untuk mengeringkan hasil pasta

E. Analisis Supply Chain Response Matrix (SCRM)

Gambaran days physical stock process produksi lead alloy dalam tiap area produksi dapat dilihat pada diagram di

bawah ini:



Gambar. 7. Grafik Days Physical Stock

Berdasarkan tersebut, diketahui bahwa pada proses pembuatan lead alloy, persediaan terbesar berada di penyimpanan bahan baku yaitu selama 9.38 hari. Hal ini terjadi disebabkan oleh lead time bahan baku 9 hari dan akhirnya menumpuk di gudang bahan baku. Bagian pembelian bahan baku melakukan pemesanan berlebih (tidak sesuai pesanan) karena ingin mempunyai cadangan apabila harus memproduksi kembali karena adanya cacat produk. Untuk menghindari stock yang terlalu banyak pada gudang bahan baku, maka bagian pembelian bisa melakukan pemesanan sesuai dengan pesanan dan estimasi waktu kedatangan dengan toleransi 9 (Sembilan) hari dan penyimpanan stock untuk memproduksi kembali produk cacat juga harus dihitung dengan baik agar tidak ada penumpukan material yang nantinya mengganggu aliran produksi.

F. Perbaikan berdasarkan WAM

Berikut ini adalah jenis waste yang muncul berdasarkan perhitungan WAM

a. Defect

Pemborosan defect mendapat peringkat pertama dalam penelitian ini. Penyebab dari munculnya waste ini sangat kompleks dan terdiri dari banyak faktor yang saling berkaitan seperti faktor mesin, bahan baku, sumber daya manusia, metode kerja dan juga lingkungan. Salah satu penyebab waste ini adalah karena pada saat menunggu proses selanjutnya, peletakkan barang cenderung diletakkan sembarangan sehingga mempengaruhi waste defect. Oleh karena itu, untuk meminimalisir waste defect yang ada dapat dilakukan dengan menyediakan tempat khusus untuk meletakkan produk yang aman sebelum dilanjutkan ke proses berikutnya.

b. Overproduction

Pemborosan ini terjadi karena tingkat defect yang cukup tinggi. Karena adanya kecacatan pada produk maka perusahaan harus memproduksi lebih untuk mengganti produk-produk yang cacat. Adanya waste overproduction ini juga mengakibatkan waste lainnya seperti waste inventory. Oleh karena itu untuk menghindari overproduction dapat dilakukan minimasi pada waste defect yaitu dengan menyediakan tempat untuk meletakkan produk untuk minimasi cacat.

c. Inventory

Waste ini berhubungan dengan waste overproduction

karena waste inventory muncul akibat adanya overproduction. Overproduction menyebabkan adanya inventory waste dimana banyak produk yang disimpan di gudang bahan jadi yang mengakibatkan berkurangnya space pada gudang bahan jadi. Waste inventory tidak dapat sepenuhnya dihilangkan karena beberapa hal lain selain waste defect juga dapat memicu terjadinya inventory akan tetapi karena defect yang paling mempengaruhi maka dapat diadakan tempat untuk peletakkan produk selagi menunggu diproses untuk meminimasi cacat produk..

G. Perbaikan berdasarkan PAM

Kaizen adalah poses perbaikan yang dilakukan terus menerus dengan melibatkan pekerja supaya dapat bekerja sama dalam melakukan peningkatan secara berkesinambungan (*continuous improvement*) dengan waktu yang relatif cepat serta biaya yang efisien. Cara yang dapat dilakukan dalam perbaikan secara berkesinambungan ini adalah dengan mengurangi Non Value Added Activity (NVA).

TABEL XIII PERBAIKAN PAM

Kategori Aktivitas	Area	Pemasalahan	Usulan Kaizen
Delay (NVA)	Battery Breaker	Pengeringan masih menggunakan energi matahari sehingga memakan waktu cukup lama	Adanya alat untuk melakukan proses pengeringan
Delay (NVA)	Battery Breaker	Penyiapan material untuk di proses ke furnace terhambat karena menunggu hasil pasta keng	Pengadaan alat untuk pengeringan pasta supaya menghindari adanya delay
Storage (NVA)	Battery Breaker	Pengumpulan hasil crushing dari aki bekas yang tidak diletakkan pada wadah sehingga menambah waktu proses	Langsung meletakkan hasil crushing pada wadah supaya dapat lebih cepat menuju ke proses selanjutnya yaitu pemisahan hasil crushing menggunakan mesin eksentrik
Delay (NVA)	Refining	Menyiapkan sub-material untuk di proses	Penambahan jumlah operator untuk proses persiapannya
Storage (NVA)	Refining	Produk menunggu sesuai lot untuk di packing	Penambahan kapasitas mesin

Setelah dibuat perbaikan PAM seperti pada tabel 13 diatas, maka diperoleh aktivitas beserta dengan waktu yang baru seperti terdapat pada table dibawah ini:

TABEL XIV AKTIVITAS DAN CYCLE TIME SETELAH PERBAIKAN

Battery Breaker											
No	Proses	Mesin / Alat Bantu	Jarak (m)	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aktivitas				Ket.	
						O	T	I	S		D
1	Pemeriksaan bahan	Operator		600	1		I				NNVA
2	Pengiriman bahan dari gudang material ke WIP	Forklift	10	144	1		T				NNVA
3	Proses pemotongan dek	Hammer Mill		1440	3	O					VA
4	Proses Crushing	Hydrolic Cutter		432	1	O					VA
5	Proses pengayakan/pemisahan hasil crusher	Mesin Eksentrik		4320	3	O					VA
6	Proses pressing pasta	Filter Press		2160	2	O					VA
7	Pengiriman bahan dari gudang material ke WIP	Forklift-Lory	12	900	1		T				NNVA

Hasil rekapan PAM berupa jumlah dan waktu kegiatan dalam proses pengambilan material dapat dilihat pada tabel

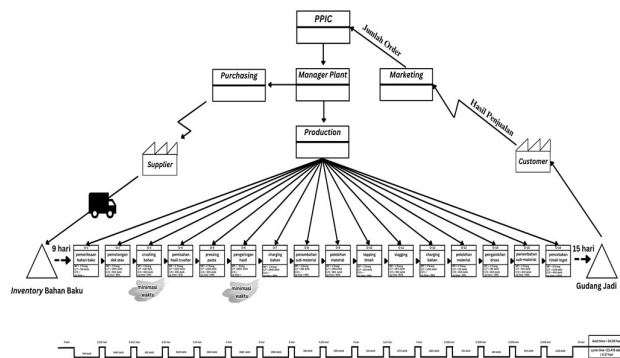
14 di bawah ini:

TABEL XV
JUMLAH DAN WAKTU HASIL PAM SETELAH PERBAIKAN

Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)	VA	NVA	NNVA
Operasi (O)	17	17296.29	17296.29	-	-
Transportasi (T)	6	1822	-	148	1674
Inspeksi (I)	2	960	-	-	960
Storage (S)	0	0	-	0	-
Delay (D)	4	850	-	-	850
Total	29	20928.29	17296.29	148	3484

Dari hasil process activity mapping dapat dilihat bahwa dengan berkurangnya aktivitas mengeringkan hasil press dengan tenaga matahari, maka waktu yang dibutuhkan juga menjadi berkurang. Berdasarkan waktu pada current state mapping (VSM) waktu yang mengalami penurunan adalah cycle time (C/T) yaitu dari 28,206 detik menjadi 23,478 detik karena waktu non value added selama 4728 detik telah tereliminasi.

Berikut adalah hasil dari future state mapping (VSM) setelah perbaikan:



Gambar. 8. Future State Mapping

VI. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian yang dilakukan pada proses produksi *lead* dan *lead alloy* pada pabrik timah adalah sebagai berikut:

- Berdasarkan WAM, maka terdapat tujuh peringkat waste yaitu Defect dengan persentase sebesar 21.90%, dilanjutkan dengan Overproduction dengan bobot 18.00%, Inventory dengan bobot 15.97%, Motion dengan bobot 14.48%, Waiting dengan bobot 12.61%, Transportation dengan bobot 9.97% dan terakhir waste dengan bobot terendah sebesar 7.07% yaitu waste Process.
- Penyebab terjadinya waste pada proses produksi timah sebagian besar adalah karena adanya delay (Delay ini terjadi karena beberapa proses yang dikerjakan masih secara manual sehingga waktu pengerjaan menjadi lebih lama).
- Usulan perbaikan untuk mengurangi cycle time pada keseluruhan proses adalah sebagai berikut:
 - Perbaikan berdasarkan WAM dapat dilakukan dengan mengeliminasi waste tertinggi dimana pada proses ini adalah waste defect. Untuk mengeliminasi waste defect dapat dilakukan dengan cara menyediakan tempat produk saat menunggu proses sebelumnya untuk meminimalkan terjadinya waste defect.

- Perbaikan berdasarkan PAM dapat dilakukan dengan pengadaan alat pada proses pengeringan hasil press pasta dari yang sebelumnya menggunakan energi matahari menjadi menggunakan
- mesin filter press. Selain itu menambah jumlah operator untuk menghindari delay dan langsung meletakkan hasil crushing pada wadah supaya dapat lebih cepat dilakukan proses berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hines, Peter and Rich, N. 1997. The Seven Value Stream Mapping Tools. International Journal of Operation and Production Management. Vol 17 No1 pp. 46-64. MCB University Press.
- Alfiansyah, Reza, and Nani Kurniati. 2018. Identifikasi Waste dengan Metode Waste Assessment Model dalam Penerapan Lean Manufacturing untuk Perbaikan Proses Produksi (Studi Kasus pada Proses Produksi Sarung Tangan). Jurnal Teknik ITS, vol. 7, no. 1.
- T. Satria. 2018. Perancangan Lean Manufacturing dengan Menggunakan Waste Assessment Model (WAM) dan VALSAT untuk Meminimumkan Waste (Studi Kasus: PT. XYZ), J. Rekayasa Sist. Ind., vol. 7, no. 1, p. 55.
- A. Nur Kholis. 2020. Implementasi Lean Service Di Industri Telekomunikasi Guna Meningkatkan Produktivitas (Studi Kasus: PT. Telkom Witel Yogyakarta). pp. 1-9.
- Krisnanti, E. D., & Garside, A. K. 2022. Penerapan Lean Manufacturing untuk Meminimasi Waste Percetakan Box. Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya, 8(2), 99-108.
- Restuningtias, G., Sudri, N.M. and Widianty, Y., 2020. Peningkatan Efisiensi Proses Produksi Benang dengan Pendekatan Lean Manufacturing Menggunakan Metode WAM dan VALSAT di PT. XYZ. Jurnal ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), 4(1), pp.27-32.
- Mayang, V., Hartanti, L.P.S. and Mulyono, J., 2022. Identifikasi Waste pada Proses Produksi Paku Menggunakan Metode Waste Assessment Model. Identifikasi Waste pada Proses Produksi Paku Menggunakan Metode Waste Assessment Model, 5(1), pp.001-008.
- R. C. Guntoro, T. P. Adhiana, D. 2019. Identifikasi Waste Menggunakan Metode Waste Assessment Model. Pros. Semin. Nas. dan Call Pap., vol. 4, no. November, pp. 41-48.
- Lusiani, N., Sudarma, M., & Jasa, L. 2023. Aplikasi Waste Assessment Model (WAM) Pada Proses Perencanaan Anggaran Menggunakan Sistem SILUNA. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 22(1), 29-38.
- S. Irwan and A. Rahman. 2021. Penerapan Lean Manufacturing Untuk Meminimumkan Waste Dengan Menggunakan Metode VSM Dan WAM Pada PT XYZ. Semin. Nas. Penelit. LPPM UMJ, pp. 1-10.