

# USULAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI *SHOULDER FOR E-CLIP* DENGAN METODE *WASTE ASSESSMENT MODEL*

Jovan Daniel Oktavio Aritonang\*<sup>1</sup>, Singgih Saptadi<sup>1</sup>

*1*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur, PT Pindad (Persero) tentunya perlu memperhatikan aspek efisiensi mulai dari proses produksi hingga produk jadi dapat sampai di tangan konsumen, tidak terkecuali pada produk *Shoulder For E-Clip*. Berdasarkan studi dan observasi yang dilakukan, ditemukan tujuh jenis waste yang terjadi di sepanjang proses produksi *Shoulder For E-Clip*. Identifikasi dan pemeringkatan waste dilakukan dengan menggunakan metode *Waste Assessment Model* (WAM). Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa waste paling kritis ditemukan pada jenis *overproduction* dengan persentase 20.71%, diikuti *defects* dengan persentase 18.77%, serta *inventory* dengan persentase 15.71%. Sub-waste dari ketiga waste paling kritis dicari menggunakan analisis *5-Whys* sebagai bahan pertimbangan untuk mencari akar permasalahan pada metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil analisis pada FMEA menunjukkan bahwa *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi ditemukan pada mode kegagalan *breakdown* mesin akibat produksi yang melebihi kapasitas, produk tidak sesuai spesifikasi akibat proses penuangan yang hanya mengandalkan *feeling operator*, serta penumpukan bahan mentah akibat kehabisan bahan bakar. Usulan perbaikan yang diberikan berupa pengadaan *training berkala* tentang *maintenance* mesin kepada operator, melakukan *reverse engineering* pada mesin sambil meningkatkan pengawasan, serta melakukan evaluasi atau pergantian pada vendor penyedia bahan bakar.

**Kata kunci:** *5-Whys; FMEA; Proses produksi; RPN; Shoulder for E-Clip; Waste Assessment Model*

## Abstract

As a manufacturing company, PT Pindad (Persero) needs to pay attention to production process efficiency until the finished products can reach consumers, including *Shoulder For E-Clip* products. Based on studies and observations conducted, seven types of waste were found that occurred throughout the *Shoulder For E-Clip* production process. Waste identification and ranking is done using the *Waste Assessment Model* (WAM) method. The data processing results showed that the most critical wastes were *Overproduction* with a percentage of 20.71%, followed by *Defects* with a percentage of 18.77%, and *Inventory* with a percentage of 15.71%. Sub-waste of the three most critical wastes is sought using *5-Whys* analysis as a consideration to find the root cause in the *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) method. FMEA results showed that the highest *Risk Priority Number* (RPN) was found in the engine *breakdown* failure mode due to production that exceeded capacity, the product did not meet specifications due to the inaccurate pouring process, as well as the cummulation of raw materials due to fuel shortage. The proposed improvements provided are conducting periodic training on engine maintenance for operators, reverse engineering on the engine while increasing supervision, and evaluating or replacing fuel suppliers.

**Keywords:** *5-Whys; FMEA; Production process; RPN; Shoulder for E-Clip; Waste Assessment Model*

## 1. Pendahuluan

PT Pindad (Persero) adalah perusahaan yang bergerak di bidang produksi alat pertahanan dan keamanan serta alat-alat industrial (Amalia dkk.,

2016). Salah satu produknya adalah *Shoulder For E-Clip* sebagai komponen untuk rel kereta api yang sudah diproduksi dalam jumlah besar selama kurang lebih 30 tahun (Prasetyo dkk., 2019). Proses produksi dan pengiriman produk jadi seringkali terlambat dari jadwal yang sudah ditargetkan sebelumnya sehingga menimbulkan komplain dari pihak pemesan.

\*Penulis Korespondensi.

E-mail: jovandaniel@students.undip.ac.id

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara, diketahui bahwa keterlambatan produksi dan pengiriman produk *Shoulder For E-Clip* disebabkan oleh *waste* dalam proses produksinya. Contoh *waste* yang ditemukan adalah kelebihan produksi unit yang disengaja sebagai *waste of overproduction*, waktu tunggu perbaikan mesin sebagai *waste of waiting*, lokasi proses *finishing* yang jauh sebagai *waste of transportation*, adanya proses inspeksi ulang sebagai *waste of process*, penumpukan barang cacat sebagai *waste of inventory*, ditemukannya 7 jenis kecacatan sebagai *waste of defect*, serta proses kerja operator yang tidak ergonomis sebagai *waste of motion*.

Proses produksi melibatkan susunan komponen yang kompleks dan saling memengaruhi (Jacobs & Chase, 2020). Penerapan filosofi *lean system* dalam aktivitas produksi bertujuan untuk memastikan produk dapat dihasilkan dalam bentuk dan fitur yang sesuai dengan sumber daya seminimal mungkin (Swink dkk., 2020). Tercapainya tujuan ini dapat menghasilkan suatu sistem manufaktur yang lebih responsif terhadap permintaan konsumen tanpa mengorbankan kualitas barang yang diproduksi (Singh dkk., 2010). Kegiatan dalam proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah disebut sebagai *waste* (Protzman dkk., 2016). Identifikasi *waste* dapat menjadi proses yang cukup rumit sehingga sebuah model penyederhanaan seperti *Waste Assessment Model* diperlukan untuk menyelesaikannya (Daonil, 2012). Kelebihan dari model ini terdapat pada bentuk matriks yang sederhana dan kuesioner yang mencakup banyak hal sehingga hasil akhirnya lebih akurat (Sigalingging dkk., 2014). Setelah identifikasi *waste* kritis, analisis *5-Whys* diperlukan untuk mencari akar penyebab *waste* kritis (Sari dkk., 2019). Selanjutnya, FMEA dibutuhkan dalam menentukan bagian terpenting untuk diperbaiki (Hidayati & Nurhidayat, 2021). Penggunaan *Waste Assessment Model* ini, setelah ditambahkan dengan tools pencarian akar masalah, memungkinkan peneliti untuk memberikan rekomendasi perbaikan, seperti pembuatan SOP pengoperasian mesin (Robecca dkk., 2020) dan pengembangan proses pengiriman bahan mentah untuk menekan jumlah *defects* yang terjadi (Henny & Budiman, 2018).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan tergolong ke dalam kategori studi deskriptif yang dilakukan sebagai bentuk upaya memperoleh penjelasan tentang faktor yang memengaruhi proses kegiatan terkait beserta dengan komponen lain yang mungkin berhubungan dan memberikan pengaruh (Cooper & Schindler, 2014). Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini tersusun sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi permasalahan pada proses produksi *Shoulder For E-Clip* dengan observasi langsung.
2. Merumuskan masalah berdasarkan hasil observasi yang berupa identifikasi *waste* pada proses produksi.
3. Melakukan studi lapangan untuk memahami alur proses produksi dan studi literatur untuk mengetahui konsep dan metode analisis yang tepat.
4. Mengumpulkan data dan informasi yang dibutuhkan dengan cara:
  - Pengisian kuesioner terkait penilaian *waste* dilakukan oleh 3 responden yaitu *Expert Rentalprod*, *Expert Quality Assurance*, dan Kepala Sub-Departemen Pengecoran yang sudah dianggap ahli di bidangnya.
  - Wawancara terhadap pihak yang berkaitan erat dengan proses produksi *Shoulder For E-Clip*, yaitu *Expert Rentalprod*, *Expert Quality Assurance*, Kepala Sub-Departemen Pengecoran, serta operator pengecoran.
  - Observasi lapangan di area pabrik pengecoran
  - Memperoleh data pendukung terkait jumlah *defect*, profil perusahaan, dan lain sebagainya.
5. Mengolah dan menganalisis data dengan cara:
  - a. Menghitung pembobotan setiap jenis *waste* menggunakan *Waste Assessment Model* yang tersusun secara berurutan mulai dari *Seven Waste Relationship*, *Waste Relationship Matrix*, hingga *Waste Assessment Questionnaire*.
  - b. Memecah tiga jenis *waste* paling kritis menjadi sub-*waste* dengan analisis *5-Whys*.
  - c. Menentukan *Risk Priority Number* dari sub-*waste* menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis*.
6. Memberikan usulan perbaikan bagi perusahaan berdasarkan sub-*waste* dengan RPN tertinggi.
7. Memberikan kesimpulan dan saran terkait hasil temuan dan analisis yang sudah dilakukan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

*Waste Assessment Model* (WAM) adalah sebuah metode yang dikembangkan dengan tujuan untuk menyederhanakan proses identifikasi permasalahan terkait *waste* beserta pencarian solusinya (Rawabdeh, 2005). Model ini mendeskripsikan hubungan antar *waste* melalui simbol, yaitu O untuk *overproduction*, I untuk *inventory*, D untuk *defects*, W untuk *waiting*, P untuk *process*, T untuk *transportation*, dan M untuk *motion*

(Paramawardhani & Amar, 2020). Metode *Waste Assessment Model* memiliki langkah pengerjaan sebagai berikut (Alfiansyah, 2018):

1. Melakukan pengelompokan dan perhitungan terhadap jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan kategori “From” dan “To”
2. Memberi pembobotan awal bagi masing-masing jenis *waste* pada tiap jenis pertanyaan kuesioner dengan mengacu pada nilai pembobotan dari *Waste Relationship Matrix*
3. Membagi masing-masing bobot pada setiap barisnya dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan ( $N_i$ ) untuk menghilangkan efek variasi jumlah pertanyaan terhadap setiap jenis pertanyaan dengan rumus sebagai berikut:

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

4. Menghitung jumlah skor ( $S_j$ ) berdasarkan persamaan pada persamaan 1 dan frekuensi munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai nol ( $F_j$ ) dengan rumus sebagai berikut:

$$F_j F_j = N - F_0 \dots\dots\dots(2)$$

5. Memasukkan nilai rata-rata dari hasil jawaban kuesioner ke dalam tiap bobot awal nilai pada tabel dengan memakai rumus berikut:

$$s_j = \sum_{K=1}^K X_k * S_j = \sum_{K=1}^K X_k \frac{W_{j,k}}{N_i} \dots\dots(3)$$

6. Menghitung skor *waste* setelah pembobotan awal ( $s_j$ ) berdasarkan persamaan 2 dan frekuensi ( $f_j$ ) untuk masing-masing nilai bobot pada kolom *waste* setelah pembobotan awal dengan persamaan berikut:

$$f_j = N - f_0 \dots\dots\dots(4)$$

7. Melakukan perhitungan untuk mendapatkan indikator awal pada tiap *waste* ( $Y_j$ ) dengan memakai rumus berikut:

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} * \frac{f_j}{F_j} \dots\dots\dots(5)$$

8. Menghitung indikator final *waste* ( $Y_j$  final) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh jenis *waste* ( $P_j$ ) yang dihitung dengan menjumlahkan persentase bobot pada kategori “From” dan “To” untuk *waste* j dalam WRM. Perhitungan yang dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Y_j \text{ final} = Y_j * P_j = Y_j (\% \text{ From}_j * \% \text{ To}_j) \dots(6)$$

Hasil akhir perhitungan peringkat dari setiap jenis *waste* dapat dilihat dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Akhir Perhitungan WAM

Perhitungan	Tipe Waste						
	O	I	D	M	T	P	W
Skor ( $Y_j$ )	0.14	0.11	0.10	0.12	0.13	0.08	0.11
$P_j$	241.44	233.39	285.20	196.67	162.47	99.59	177.05
Hasil Akhir ( $Y_j$ Final)	32.85	24.92	29.77	22.67	21.04	8.40	18.95
Hasil Akhir (%)	20.71	15.71	18.77	14.29	13.27	5.30	11.95
Ranking	1	3	2	4	5	7	6

Berdasarkan Tabel 1, tiga tipe *waste* yang tergolong kritis secara berurutan dari yang tertinggi adalah *Overproduction* (20.71%), *Defects* (18.77%), dan *Inventory* (15.71%). *Waste* kritis ini lah yang memiliki pengaruh paling besar terhadap inefisiensi proses produksi yang mengarah pada keterlambatan produksi dan pengiriman produk ke pemesan. Ketiga tipe *waste* ini akan diproses lebih lanjut untuk dicari sub-*waste* beserta akar permasalahannya menggunakan analisis 5 *Whys*.

Analisis 5 *Whys* merupakan sebuah teknik dalam *Root Cause Analysis* (RCA) yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya suatu permasalahan dengan menanyakan “*Why?*” sebanyak lima kali atau tergantung dari permasalahannya (NHS Institute for Innovation and Improvement, 2010). Teknik ini dapat menelaah risiko nyata yang telah terjadi dan dapat menunjukkan relasi yang jelas antara gejala permasalahan dan penyebabnya (Waters, 2011). Jawaban dari masing-masing “*Why?*” secara berturut-turut akan menggali penyebab utama permasalahan lebih dalam (Keyser, 2021).

Hasil analisis 5-*Whys* untuk *waste* kritis *overproduction* dijelaskan dalam Tabel 2. Contoh sub-*waste overproduction* berupa jumlah produksi yang berlebihan akibat mengejar keterlambatan produksi dan pengiriman produk. Hal ini disebabkan mesin sering mengalami kerusakan karena operator kurang paham detail perawatan mesin. Akar permasalahannya berupa operator yang tidak lagi diberikan pelatihan *maintenance* mesin.

Hasil analisis 5-*Whys* untuk *waste* kritis *defects* dijelaskan dalam Tabel 3. Contoh sub-*waste defects* berupa terjadinya cacat minus akibat pecahnya cetakan pasir silika. Hal ini disebabkan pasir cetak menempel pada *clamper* mesin karena *clamper* tersebut kurang rutin dibersihkan. Akar permasalahannya berupa kurangnya pengawasan terhadap operator dalam pemeliharaan *clamper* mesin.

Hasil analisis 5-*Whys* untuk *waste* kritis *inventory* dijelaskan dalam Tabel 4. Contoh sub-*waste inventory* berupa penumpukan barang residu sisa

leburan yang sengaja dikumpulkan dalam jumlah banyak agar bisa dipakai pada proses peleburan selanjutnya. Akar permasalahannya berupa pihak pabrik menganggap kualitas barang residu masih cukup cocok dengan kebutuhan sehingga mereka memakai kembali barang residu untuk menghemat biaya dan material dalam proses produksi.

**Tabel 2.** Analisis 5-Whys Waste Overproduction

Sub-Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Jumlah produksi unit yang berlebihan	Mengejar keterlambatan produksi dan pengiriman produk	Mesin yang dipakai sering <i>breakdown</i>	Proses <i>maintenance</i> kurang efektif	Operator kurang paham detail perawatan mesin	Operator tidak lagi diberikan pelatihan <i>maintenance</i> mesin
	Alokasi produksi ke pabrik lain (Gresik) tidak direkomendasikan	Butuh banyak waktu dan biaya	Perlu penyesuaian transportasi dan penjadwalan ulang produksi	Lokasi pabrik jauh dari tempat <i>customer</i>	
				Banyak proses produksi yang sedang berjalan	

**Tabel 3.** Analisis 5-Whys Waste Defects

Sub-Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Terjadi cacat minus	Cetakan pasir silika pecah	Pasir cetak menempel pada <i>clamper</i> mesin	<i>Clamper</i> mesin kurang rutin dibersihkan	Operator jarang melakukan <i>controlling</i> pada <i>clamper</i> mesin	Kurangnya pengawasan terhadap operator
Terjadi beku dini	Temperatur cairan campuran pengecoran mendadak drop/turun	Kecepatan <i>pouring</i> terlalu lambat	Operator kurang konsentrasi dalam bekerja	Operator kelelahan karena banyak bolak-balik antar stasiun kerja	Beberapa stasiun kerja terkadang membutuhkan lebih banyak tenaga manusia namun jumlah pekerja dalam 1 shift masih kurang banyak
...	...	...	...	...	...
Terjadi inklusi pasir	Rontokan pasir silika yang menempel pada produk	Cetakan pasir silika kurang padat	Kinerja mesin pembuat cetakan/Disamatic kurang konsisten	<i>Part</i> mesin yang rusak digantikan komponen <i>custom</i>	<i>Part</i> mesin yang dibutuhkan sudah tidak punya cadangan dan tidak diproduksi lagi

**Tabel 4.** Analisis 5-Whys Waste Inventory

Sub-Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Penumpukan barang residu leburan	Pihak pabrik sengaja mengumpulkan residu hingga berjumlah banyak	Residu akan dipakai kembali dalam proses peleburan selanjutnya	Pihak pabrik berupaya menghemat biaya dan material dalam proses produksi	Kualitas barang residu masih cukup cocok dengan kebutuhan dan hanya perlu sedikit penyesuaian	
Penumpukan barang <i>defect</i>	Proses <i>finishing</i> , pengecatan, dan pengemasan tidak langsung dilakukan setelah inspeksi	Pihak pabrik menunggu produk jadi dalam jumlah besar sekaligus	Proses <i>finishing</i> , pengecatan, dan pengemasan tidak dilakukan di tempat yang sama	Mesin <i>finishing</i> serta operator untuk mengcat dan mengemas produk ada di tempat berbeda yang lokasinya cukup jauh	Perencanaan dan penataan <i>layout</i> pabrik yang kurang baik
Penumpukan barang <i>raw material</i>	Pihak pabrik sengaja mengumpulkan barang <i>defect</i> hingga berjumlah banyak	Produk yang <i>defect</i> akan dipakai kembali dalam proses peleburan selanjutnya	Pihak pabrik berupaya menghemat biaya dan material dalam proses produksi	Pihak pabrik berupaya menghemat biaya dan material dalam proses produksi	Kendala pada vendor penyedia bahan bakar

Metode FMEA mengidentifikasi kesempatan terjadinya kegagalan, atau yang bisa disebut sebagai mode kegagalan, pada setiap langkah dari proses yang dilakukan. Setiap mode kegagalan akan mendapatkan skor numerik yang mengukur tiga hal, yaitu kemungkinan kegagalan tersebut akan terjadi, kemungkinan kegagalan tersebut tidak dapat terdeteksi, dan jumlah kerugian atau kerusakan yang mungkin disebabkan mode kegagalan tersebut terhadap seseorang atau peralatan tertentu. Hasil perkalian dari tiga kriteria tersebut bisa disebut sebagai *Risk Priority Number* (RPN) bagi mode kegagalan yang bersangkutan (Wu & Wu, 2021). Jadi, makin besar RPN dari sebuah mode kegagalan, makin tinggi pula potensi kerugian yang ditimbulkan (Yoe, 2019). RPN dapat dihitung dengan memakai rumus sebagai berikut (Widianti, 2015):

$$RPN = S * O * D \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

S = *Severity*, yaitu penilaian tingkat keseriusan dari dampak yang mungkin ditimbulkan oleh potensi kegagalan

O = *Occurence*, yaitu probabilitas atau peluang suatu potensi kegagalan dapat terjadi

D = *Detection*, yaitu probabilitas terkait seberapa mungkin suatu potensi kegagalan dapat terdeteksi sebelum terjadi.

FMEA untuk *waste* kritis *overproduction* dijelaskan dalam Tabel 5. Sub-*waste overproduction* dengan RPN tertinggi terdapat pada mode kegagalan jumlah produksi yang berlebihan dengan potensi efek mesin mengalami *breakdown*, yaitu dengan nilai 256. Mode kegagalan ini berpotensi disebabkan oleh mesin yang sudah tua dan tetap digunakan meskipun kapasitas produksinya menurun. Upaya *controlling* saat ini belum ada karena perusahaan masih berupaya mengejar pemenuhan target produksi.

FMEA untuk *waste* kritis *defects* dijelaskan dalam Tabel 6. Sub-*waste defects* dengan RPN tertinggi terdapat pada mode kegagalan beku dini yang mengakibatkan produk tidak sesuai spesifikasi dan tidak dapat dijual sebelum diolah ulang, yaitu dengan nilai 210. Mode kegagalan ini berpotensi disebabkan oleh proses penuangan air untuk cetakan pasir silika yang dilakukan secara manual oleh operator akibat rusaknya sensor mesin. Akibatnya, operator hanya mengandalkan *feeling* dalam menuangkan air berdasarkan pengalaman sebelumnya sehingga takarannya berpotensi tidak sesuai spesifikasi. Upaya *controlling* belum dilakukan karena sensor yang diperlukan sudah tidak tersedia dan tidak diproduksi lagi.

**Tabel 5.** FMEA *Waste Overproduction*

Potential Failure	Potential Effect	S	Potential Cause	O	Current Control	D	RPN
Jumlah produksi unit yang berlebihan	Terjadinya penumpukan produk jadi	5	Pertimbangan untuk tidak mengalokasikan produksi ke tempat lain	8	Penambahan <i>shift</i> atau <i>overtime</i>	3	120
		5	Urgensi untuk mengejar keterlambatan yang terjadi sebelumnya	9		3	135
		8	Mesin mengalami <i>breakdown</i>	9		3	216
		8	Mesin sudah tua namun dipaksa untuk beroperasi melebihi kapasitas maksimal	8	Tidak ada	4	256

FMEA untuk *waste* kritis *inventory* dijelaskan dalam Tabel 7. Sub-*waste inventory* dengan RPN tertinggi terdapat pada mode kegagalan penumpukan *raw material* yang berpotensi menyebabkan berkurangnya total *Finished Goods* dalam 1 hari produksi, yaitu dengan nilai 162. Kejadian ini diakibatkan perusahaan yang kehabisan stok bahan bakar sehingga *raw material* belum dapat diolah. Upaya *controlling* saat ini dilakukan dengan menaikkan jumlah produksi di hari sebelumnya sebagai langkah antisipasi jika terjadi *breakdown* mesin atau kehabisan bahan bakar.

**Tabel 6.** FMEA *Waste Defects*

Potential Failure	Potential Effect	S	Potential Cause	O	Current Control	D	RPN
Terjadi cacat minus	Produk tidak sesuai dengan spesifikasi yang diminta sehingga tidak bisa dijual dan harus diolah ulang mulai dari proses peleburan	6	Pasir cetak menempel pada <i>clamber</i> mesin sehingga cetakan pasir silika pecah	8	Operator membersihkan <i>clamber</i> mesin Rotasi operator antar stasiun kerja	3	144
		6	Kecepatan <i>pouring</i> terlalu lambat karena operator kurang konsentrasi dan kelelahan	7		4	168
Terjadi beku dini		6	Waktu transfer terlalu lambat karena operator kurang konsentrasi	6	Rotasi operator antar stasiun kerja	3	108
		6	Penuangan air secara manual dan hanya mengandalkan <i>feeling</i> operator	7		Tidak ada	5
...	...	6	Terjadi kebocoran pada <i>mixer</i>	4	Corrective maintenance pada <i>mixer</i>	4	96
Terjadi inklusi pasir		6	Cetakan pasir silika kurang padat sehingga rontokannya menempel pada produk	2	Corrective maintenance pada mesin <i>Disamatic</i>	6	72

**Tabel 7.** FMEA *Waste Inventory*

Potential Failure	Potential Effect	S	Potential Cause	O	Current Control	D	RPN
Penumpukan barang residu sisa leburan		6	Residu sengaja dikumpulkan dalam jumlah banyak untuk proses peleburan selanjutnya	7		3	126
Penumpukan WIP yang menunggu untuk proses finishing, dicat, dan dikemas	Total produksi <i>Finished Goods</i> dalam 1 hari berkurang	6	WIP sengaja dikumpulkan dalam jumlah banyak untuk mengurangi jarak kumulatif transportasi	7	Tidak ada	3	126
Penumpukan barang defect		6	Barang defect sengaja dikumpulkan dalam jumlah banyak untuk proses peleburan selanjutnya	7		3	126
Penumpukan raw material		6	Bahan bakar habis	9	Menaikkan jumlah produksi di hari sebelumnya	3	162

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Terdapat 7 jenis *waste* yang terjadi dan saling berkaitan pada proses produksi *Shoulder For E-Clip*. Jenis *waste* yang paling kritis adalah *Overproduction*, *Defects*, dan *Inventory*. Usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah:

1. Mengadakan *training* berkala seputar *maintenance* mesin kepada seluruh operator pengecoran dan peninjauan kembali SOP *maintenance* mesin untuk mengatasi *waste Overproduction*.
2. Melakukan *reverse engineering* atau merancang sensor baru untuk mesin yang digunakan, dan menegaskan kembali pengawasan dan pembagian kerja antar operator untuk mengatasi *waste Defects*.

- Melakukan evaluasi atau pergantian terhadap vendor bahan bakar untuk mengatasi *waste Inventory*.

Berdasarkan hasil penelitian, saran untuk penelitian selanjutnya adalah melanjutkan penelitian hingga tahap implementasi perbaikan serta berfokus pada analisis kondisi finansial perusahaan akibat *waste* yang terjadi.

#### Daftar Pustaka

- Alfiansyah, R. (2018). *Penerapan Lean Manufacturing untuk Perbaikan Proses Produksi (Studi Kasus pada Proses Produksi Sarung Tangan)* [Skripsi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Amalia, Y., Ridwan, A. Y., & Santosa, B. (2016). Perancangan Alokasi Penyimpanan di Gudang Bahan Baku pada Divisi Alat Perkeretaapian PT Pindad (Persero) untuk Mengurangi Waktu Delay menggunakan Pendekatan Analisis FSN dan Class Based Storage Policy. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*, 3(3), 48–53.
- Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2014). *Business Research Methods* (12 ed.). McGraw-Hill/Irwin.
- Daonil. (2012). *Implementasi Lean Manufacturing untuk Eliminasi Waste pada Lini Produksi Machining Cast Wheel dengan Menggunakan Metode WAM dan VALSAT* [Tesis]. Universitas Indonesia.
- Henny, H., & Budiman, H. R. (2018). Implementation lean manufacturing using Waste Assessment Model (WAM) in shoes company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 407(1).
- Hidayati, N. N., & Nurhidayat, A. E. (2021). Analisis Penyebab Kecacatan Produk Dengan Metode FTA, FMEA dan WAM di PT Yupi Indo Jelly Gum. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 3(2), 70.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2020). *Operations and Supply Chain Management: The Core*. McGraw-Hill Education.
- Keyser, R. S. (2021). Lean at home: applying RCA techniques to home projects. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, 8(2), 104–115.
- NHS Institute for Innovation and Improvement. (2010). *The Handbook of Quality and Service Improvement Tools*. University of Warwick.
- Paramawardhani, H., & Amar, K. (2020). Waste Identification in Production Process Using Lean Manufacturing: A Case Study. *Journal of Industrial Engineering and Halal Industries*, 1(1), 39–46.
- Prasetyo, J., Wiyono, & Juliani, W. (2019). Usulan Perbaikan Proses Penuangan pada Shoulder E-Clip untuk Meminimasi Defect Beku Dini dengan menggunakan Metode DMAIC Di PT Pindad. *e-Proceeding of Engineering*, 7595–7601.
- Protzman, C., Whiton, F., Kerpchar, J., Lewandowski, C. R., Stenberg, S., & Grounds, P. (2016). *The Lean Practitioner's Field Book: Proven, Practical, Profitable and Powerful Techniques for Making Lean Really Work* (1 ed.). Productivity Press.
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations and Production Management*, 25(8), 800–822.
- Robecca, J., Anthara, I. M. A., Silaban, M., & Situmorang, M. R. (2020). Product Quality Improvement by Using the Waste Assessment Model and Kipling Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1).
- Sari, I. P., Iftadi, I., & Astuti, R. D. (2019). Identifikasi Waste dengan Metode Waste Assessment Model (WAM) di Unit Fisioterapi RSUD Kabupaten Karanganyar. *1st Conference on Industrial Engineering and Halal Industries (CIEHIS)*, 193–199.
- Sigalingging, E. A., Tama, I. P., & Riawati, L. (2014). Penerapan Lean Manufacturing untuk Mereduksi Waste pada Produksi Filter Rokok dengan WAM dan Metode Taguchi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 2(3), 495–505.
- Singh, B., Garg, S. K., Sharma, S. K., & Grewal, C. (2010). Lean implementation and its benefits to production industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 157–168.
- Swink, M., Melnyk, S. A., & Hartley, J. L. (2020). *Managing Operations Across the Supply Chain* (4 ed.). McGraw-Hill Education.
- Waters, D. (2011). *Supply Chain Risk Management Vulnerability and Resilience in Logistics*. Kogan Page Limited.
- Widianti, T. (2015). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) sebagai Tindakan Pencegahan pada Kegagalan Pengujian. *10th Annual Meeting on Testing and Quality*, 131–147.
- Wu, X., & Wu, J. (2021). The Risk Priority Number Evaluation of FMEA Analysis Based on Random Uncertainty and Fuzzy Uncertainty. *Complexity*, 2021, 1–15.
- Yoe, C. (2019). *Principles of Risk Analysis: Decision Making Under Uncertainty* (2 ed.). CRC Press.