

IMPLEMENTASI METODE *LEAN SIX SIGMA* SEBAGAI UPAYA MEMINIMASI WASTE PADA PRODUKSI *LINK BELT* DI PT PINDAD PERSERO

IMPLEMENTATION OF *LEAN SIX SIGMA* METHOD TO MINIMIZE WASTE ON *LINK BELT* PRODUCTION PROCESS IN PT PINDAD (PERSERO)

Sindy Putri Utami¹⁾, Nasir Widha Setyanto²⁾, Ceria Farel Mada Tantrika³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: sindy_utami@yahoo.com¹⁾, nazzyr_lin@ub.ac.id²⁾, ceria_fmt@ub.ac.id³⁾

Abstrak

Lean six sigma merupakan kombinasi antara konsep *lean* dan *six sigma* untuk mengidentifikasi dan menghilangkan waste melalui peningkatan terus-menerus untuk mencapai tingkat kinerja enam sigma. PT Pindad (Persero) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi peralatan pertahanan keamanan (produk militer). Pada PT Pindad (Persero) masih terdapat permasalahan, khususnya pada bagian produksi *link belt*. Tahapan pada penelitian ini menggunakan tahap *define, measure, analyze, dan improve (DMAI)*. Pada tahap *define* dengan *value stream mapping* teridentifikasi tujuh type waste yaitu *waiting, defect, overproduction, unnecessary inventory, inappropriate processing, excessive transportation, dan unnecessary motion*. Dari ketujuh waste tersebut, terdapat tiga waste yang paling berpengaruh berdasarkan tabel FMEA yaitu *waiting* dengan nilai RPN sebesar 540, *unnecessary motion* dengan nilai RPN sebesar 267, dan *defect* dengan nilai RPN sebesar 160. Beberapa rekomendasi perbaikan yang diusulkan berdasarkan konsep *lean* antara lain perancangan kartu *kanban* terkait *waiting*, modifikasi alat bantu material handling terkait *unnecessary motion*, dan perancangan *checklist* serta poster peringatan untuk *defect*.

Kata kunci: *lean six sigma, value stream mapping, FMEA, kanban.*

1. Pendahuluan

Sistem industri merupakan salah satu fokus negara saat ini. Hal ini dikarenakan di era global dan modern sekarang, persaingan di sektor industri sudah menjadi hal yang kritis dengan muncul dan berkembangnya industri-industri di Indonesia. Untuk dapat bertahan di ketatnya persaingan, maka sebuah perusahaan harus mampu memberikan produk sesuai keinginan konsumennya, dengan kategori yang harga sesuai, tepat waktu, dan berkualitas. Untuk itu diperlukan sebuah upaya untuk meningkatkan kualitas produk dengan mengetahui permasalahan yang terjadi di lantai produksi untuk kemudian mencari penyebab terjadinya.

PT Pindad (Persero) adalah Perusahaan Industri Manufaktur Indonesia yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi peralatan pertahanan keamanan (produk militer) dan peralatan industri non-pertahanan (produk komersial). Kegiatan PT Pindad mencakup desain dan pengembangan, rekayasa, perakitan dan pabrikan serta perawatan. PT Pindad merupakan perusahaan yang berada di bawah naungan kementerian BUMN yang berbentuk persero. Produksi di PT Pindad (Persero) ini

mencakup produk-produk militer seperti munisi, kendaraan *tank*, pistol, dan lain-lain. Selain produk utama PT Pindad (Persero) juga membuat produk pendukung seperti dus, kantong PVC, peti, *link belt, metallic box, pallet, dan container*. Penelitian yang dilakukan di PT Pindad (Persero) hanya difokuskan pada proses produksi *link belt* dikarenakan produk ini merupakan salah satu produk pendukung krusial selain munisi sebagai produk utamanya. Jumlah *link belt* yang dihasilkan harus sesuai dengan jumlah produk munisi yang dihasilkan.

Dalam proses produksi pembuatan *link belt*, masih terdapat beberapa permasalahan yang muncul. Beberapa permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan ini yaitu *waiting* terkait keterlambatan pengiriman bahan baku pendukung. Pada tahun 2013, di bagian mesin pancar pasir untuk proses pelapisan *pickling*, harus berhenti berproduksi 3 bulan disebabkan belum datangnya cairan sulfat yang menjadi bahan pendukung. Selanjutnya, seringnya terjadi perbaikan mesin produksi pembuatan *link belt* yang rusak juga merupakan salah satu kendala waktu tunggu di proses produksinya. Durasi pembuatan komponen yang lama menjadi permasalahan dalam *waste* ini.

Selanjutnya, akan muncul *waste* lain akibat dampak *waiting*, yakni munculnya WIP yang menjadi indikator *unnecessary inventory*. Ini berkaitan dengan penumpukan produk dalam proses yang menunggu perbaikan perkakas mesin atau keterlambatan bahan baku sehingga menyebabkan *lead time* yang panjang. Terlebih produk dalam proses ini tergolong produk yang rentan terhadap suhu sebab berbahan dasar besi sehingga dapat rusak (berkarat) yang mempengaruhi proses pengerjaan ulang kembali berimbas pada waktu dan biaya.

Permasalahan yang lain adalah *waste* berupa *defect* produk dengan penyebab utama karena kesalahan pekerjanya. Pada tahun 2013 tercatat dari total produksi sebesar 4.450.000 buah *link belt*, terdapat sebanyak 93.000 buah *link belt* yang cacat. Ini berarti terdapat kemungkinan gagal per sejuta kesempatan adalah 10.445 dengan nilai level *sigma* sebesar 3,81 yang berarti masih dianggap cukup jauh dari level *six sigma*.

Berbagai permasalahan aktivitas yang tidak mempunyai nilai tambah (*non value added*) merupakan bentuk pemborosan yang harus dihilangkan dengan perlu adanya perbaikan sehingga dapat meminimasi permasalahan yang terjadi sepanjang rantai produksi (Yang Kai, 2005) Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan pendekatan konsep *Lean six sigma*. *Lean six sigma* merupakan kombinasi antara *lean* dan *six sigma* didefinisikan sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* atau *non value added activities* melalui peningkatan terus-menerus untuk mencapai tingkat kinerja enam *sigma* (Gaspersz, 2006).

Untuk itu, peneliti akan melakukan penelitian dan analisis pengendalian kualitas dalam upaya untuk mengurangi jumlah pemborosan di PT Pindad (Persero) dengan menggunakan metode *Lean Six Sigma* sehingga diharapkan dapat meminimasi *waste* yang terjadi. Langkah yang dilakukan adalah berdasarkan siklus *define, measure, analyze, dan improve* (DMAI) (Brue, Greg. 2002). Pada tahap *define* dilakukan identifikasi *seven waste* dengan *tools Value Stream Mapping*. *Waste* yang berhasil diidentifikasi antara lain *defect, unnecessary motion, unnecessary inventory, waiting, excessive transportation, dan inappropriate processing*. Pada tahap *measure* dibuat diagram Pareto untuk mengetahui *critical waste* serta dilakukan perhitungan

DPMO dan level *sigma* untuk *waste defect*. Kemudian pada tahap *analyze* dibuat *fishbone diagram* untuk menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya *waste* kemudian melakukan pemilihan prioritas *critical waste* menggunakan FMEA. Pada tahap *improve* diberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *waste* yang terjadi pada proses produksi. *Output* dari penelitian ini adalah diberikannya rekomendasi perbaikan kepada perusahaan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) FMEA. Nilai RPN menyatakan besarnya prioritas suatu kegagalan. *Waste* dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas untuk ditangani terlebih dulu untuk kemudian diberikan rekomendasi perbaikan terkait tipe pemborosan yang terjadi.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif, yaitu suatu metode penelitian yang memusatkan perhatian pada masalah-masalah atau kejadian yang bersifat aktual pada saat penelitian dilakukan, kemudian menggambarkan fakta-fakta tentang masalah yang diteliti (Hussey dan Hussey, 1997).

2.1 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Lapangan
2. Studi Pustaka
3. Identifikasi Masalah
4. Perumusan Masalah
5. Penentuan Tujuan Penelitian
6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, *brainstorming*, dan dokumentasi terkait topik penelitian yang diangkat. Berikut sumber data dari PT Pindad (Persero); profil perusahaan, jumlah tenaga kerja, jumlah *defect* selama satu periode, jenis-jenis *defect*, waktu *idle* mesin dan operator, jumlah *inventory*, data aliran informasi produk, data aliran proses produksi, waktu produksi, dan jumlah produksi.

7. Pengolahan dan Analisis Data

Metode pengolahan dan analisis data yang digunakan mengacu pada prinsip *lean six sigma* dengan urutan sebagai berikut:

- a. *Define*

Proses mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan *waste* yang ada dalam proses produksi yang dilakukan dengan:

- 1) Menggambarkan aliran proses produksi melalui VSM. VSM dapat dilihat pada Gambar 1.
 - 2) Mengidentifikasi *seven waste* pada proses produksi berdasarkan penggambaran VSM.
- b. *Measure*
- Kegiatan mengukur *waste* yang telah teridentifikasi, dengan cara:
- 1) Membuat diagram Pareto untuk masing-masing *waste*.
 - 2) Menentukan *critical waste* pada masing-masing *waste* yang teridentifikasi.
 - 3) Melakukan perhitungan DPMO dan Level *Sigma* untuk *waste defect*.
- c. *Analyze*
- Merupakan kegiatan menganalisis masalah yang terjadi, beserta sebab-sebab yang menimbulkan masalah tersebut. *Tool* yang digunakan adalah *Cause and Effect Diagram*.
- d. *Improve*
- Merupakan tahap pemberian rekomendasi perbaikan terhadap masalah yang telah diteliti. Langkah yang dilakukan adalah memberikan rekomendasi perbaikan dengan membuat FMEA. Nilai RPN tertinggi pada FMEA menunjukkan prioritas untuk diberikan solusi terlebih dulu.

Membuat kesimpulan berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan sehingga dapat menjawab tujuan penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tahap *Define*

Define merupakan tahap awal dalam siklus DMAIC. Pada tahap ini dilakukan beberapa aktivitas yaitu proses pengidentifikasian aktivitas serta *waste* yang paling berpotensi kritis.

3.1.1 Identifikasi *Waste* pada *Value Stream Mapping*

Identifikasi *seven waste* sepanjang proses produksi yaitu:

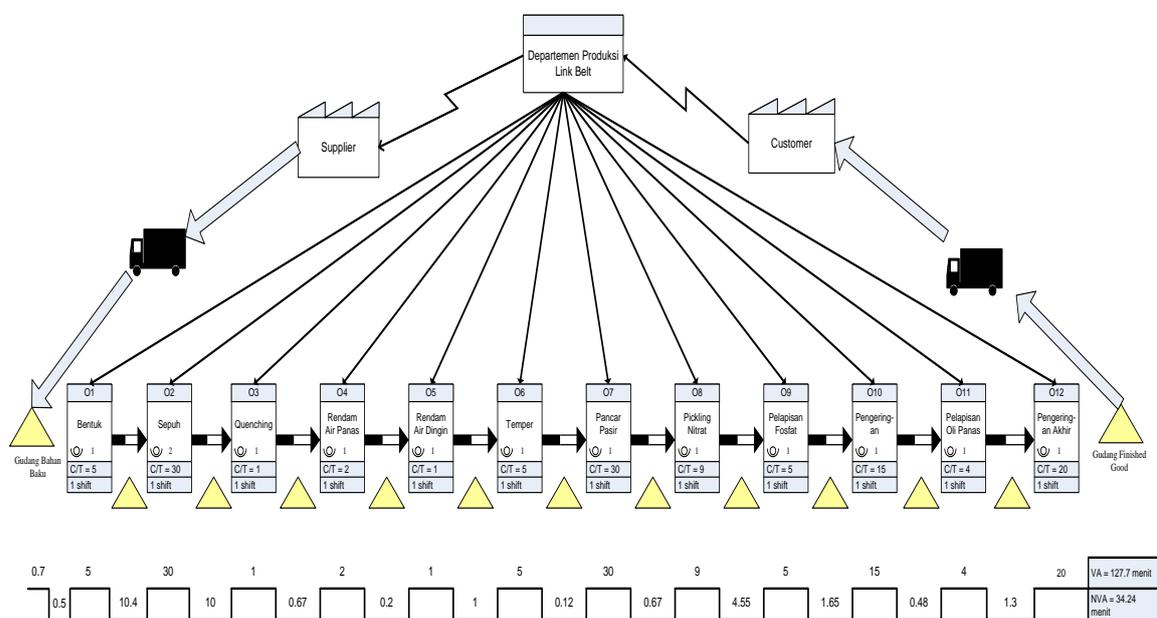
1. *Excessive transportation*

Teridentifikasi dari aktivitas transportasi saat proses produksi berlangsung. Hal ini dapat dilihat dari persentase waktu transportasi pada identifikasi aktivitas produksi sebesar 10,7% dari keseluruhan waktu proses produksi

2. *Waiting*

Terdapat tiga jenis aktivitas *waiting*, yaitu menunggu karena keterlambatan bahan baku, menunggu karena perbaikan mesin produksi, dan menunggu di antara proses produksi. Berbedanya jumlah bahan yang diproduksi antara proses pembentukan dan proses penyepuhan mengakibatkan munculnya *waiting* di antara prosesnya.

8. Kesimpulan



Gambar 1. Value Stream Mapping Produksi Link Belt di PT Pindad (Persero)

3. *Inappropriate processing*

Waste ini terjadi ketika terjadi kesalahan proses ataupun prosedur. Pada proses penyepuhan, apabila kekerasan *link belt* kurang sesuai dengan standar, maka akan dilakukan proses penyepuhan ulang. Umumnya proses ini terjadi akibat perbedaan jenis bahan baku yang mengakibatkan perbedaan durasi prosesnya.

Proses pembentukan merupakan proses utama penyebab ketidaksesuaian dimensi produk. Ketika pisau pembentuk tidak cukup tajam untuk digunakan, maka dapat berdampak pada bengkaknya *link belt* dan ukuran hasil pembentukan.

4. *Unnecessary motion*

Waste jenis ini terjadi ketika pekerja melakukan aktivitas atau proses yang tidak memiliki nilai tambah bagi produk. Selain itu, terindikasi aktivitas *material handling* yang dilakukan secara manual oleh pekerja dengan beban yang diangkut berat dan alat angkut yang digunakan tidak ergonomis serta berdasarkan hasil identifikasi gerakan peta tangan kanan dan tangan kiri yang teridentifikasi beberapa aktivitas terkait menjangkau bahan yang dilakukan pekerja yang cukup lama dikarenakan peletakkan bahan yang terlalu jauh dari mesin.

5. *Overproduction*

Overproduction tidak terjadi karena jumlah produk yang diproduksi kurang dari jumlah order yang diterima. Ini berarti tidak terjadi *overproduction* sehingga tidak akan dibahas lebih lanjut.

6. *Unnecessary inventory*

Sehubungan dengan *waiting* terkait keterlambatan bahan baku, akan muncul *waste* lain yaitu *unnecessary inventory* berupa WIP. Di dalam rantai produksi terdapat sekitar 147 peti produk dalam proses yang menunggu untuk diproses dan beresiko rusak.

7. *Defect*

Terdapat dua buah jenis cacat produk terkait dimensi produk dan kekerasan produk. Inspeksi akhir produk, dilakukan di departemen mutu ketika akhir dari aktivitas *finishing*. Dari data lampiran 1, terdapat sekitar 93.000 buah *link belt* yang cacat dan tidak dapat dilakukan *rework*.

3.2 Tahap Measure

3.2.1 Pengukuran Seven Waste

1. *Excessive Transportation*

Excessive transportation dapat diidentifikasi dari total nilai waktu transportasi sebesar 7,24 menit. Perhitungan produk yang hilang karena *excessive transportation* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan *Lost Product Excessive transportation*

<i>Excessive Transportation</i>	7,24 menit
Total Produk	5.000 buah produk
<i>Cycle Time</i>	161,94 menit
<i>Lost Product</i>	$\frac{5.000 \times 7,24}{161,94}$ = 224 buah produk

Pada perhitungan *excessive transportation* didapatkan perusahaan mengalami kehilangan produk sebesar 224 produk per kali produksi. Artinya dalam satu tahun, perusahaan mengalami kehilangan sebesar 107.520 buah produk.

2. *Waiting*

Waste yang termasuk dalam *waiting* antara lain menunggu karena keterlambatan bahan baku, menunggu selama proses perbaikan mesin produksi, dan menunggu di antara proses-proses yang berurutan. Perhitungan produk yang hilang karena *waiting* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan *Lost Product Waiting*

No	Jenis <i>Waiting</i>	Perhitungan	Total (buah produk)
1	Menunggu karena keterlambatan bahan baku	3 bln x 375.000 buah produk	1.125.000
2	Menunggu selama proses perbaikan mesin	$\frac{265 \text{ jam} \times 60}{161,94} = 97 \text{ box}$	485.000
3	<i>Waiting between process</i>	$\frac{5.000 \times 10}{161,94} = 306,4 / \text{produksi}$	146.880
Lost Product			1.756.880

3. *Inappropriate processing*

Inappropriate processing didapat dari total waktu *rework* selama satu tahun pada

proses penyepuhan. Selama satu tahun terdapat 157 kali proses *rework* di bagian penyepuhan dengan waktu tiap kali sepuhnya adalah 8-10 menit. Perhitungan produk yang hilang karena *Inappropriate Processing* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perhitungan *Lost Product Inappropriate Processing*

Jenis	Perhitungan	Total Lost Produk per Tahun
<i>Rework</i>	$\frac{1570}{161,94} = 9,62 \text{ box}$	48.118 buah

4. *Unnecessary Motion*

Berdasar hasil identifikasi gerakan peta tangan kanan dan kanan kiri didapatkan total persentase *idle time* pekerja adalah sebesar 25 detik. Selain itu dari nilai *necessary but non value added* hasil identifikasi aktivitas yang sudah dilakukan. Perhitungan produk yang hilang karena *unnecessary motion* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Perhitungan *Lost Product Unnecessary Motion*

Jenis	Perhitungan	Total Lost Produk per Tahun
NVA	$\frac{5.000 \times 24,25}{161,94} = 748,7 \text{ produk}$	359.376 buah
Gerakan Petaka-Petaki	$\frac{5.000 \times 0,4}{161,94} = 12$ buah produk	5.884 buah
<i>Lost Product</i>		365.260 buah

Pada perhitungan *unnecessary motion* didapatkan perusahaan mengalami kehilangan produk sebesar 365.260 produk dalam satu tahun.

5. *Overproduction*

Overproduction terjadi ketika jumlah produk yang diproduksi lebih besar dari jumlah order yang diterima. Dari identifikasi proses-proses di dalamnya, tidak ditemukan *waste* jenis ini sebab di tahun 2013, jumlah produk yang dihasilkan perusahaan masih kurang dari target order yang diterima, sehingga *overproduction* tidak perlu dibahas lebih lanjut.

6. *Unnecessary inventory*

Terdapat sekitar 147 peti produk *link belt* setengah jadi atau *work in process* yang disebabkan karena keterlambatan

pengiriman bahan baku. Ini berarti, terdapat sekitar 735.000 buah *link belt* yang tidak dapat diproses dan beresiko rusak.

7. *Defect*

Indikator *waste* yang digunakan adalah produk yang tidak lolos inspeksi baik dari segi dimensi maupun kekerasan. Berdasar lampiran 1, diketahui jumlah *defect* pada produksi *link belt* selama tahun 2013 adalah sebesar 93.000 buah *link belt*. Berdasarkan identifikasi *waste defect* pada tahap define dapat diketahui *critical waste defect* adalah dimensi dan kekerasan. Selanjutnya menentukan besarnya *Defect per Million Opportunity* (DPMO) dan menentukan level *sigma*. Perhitungan Level *Sigma Waste Defect* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perhitungan Level *Sigma Waste Defect*

Langkah	Tindakan	Persamaan
1	Jumlah produk yang dihasilkan	4.332.000 buah
2	Banyaknya jumlah produk yang cacat	93.000 buah
3	Tingkat kegagalan = (2)/(1)	0,021
4	Banyaknya <i>critical waste</i> potensial	2
5	Peluang tingkat kegagalan per <i>critical waste</i> = (3)/(4)	0,0107
6	Kemungkinan gagal per satu juta kesempatan	10.734 buah
7	Konversi DPMO ke level <i>sigma</i>	3,8

Setelah dilakukan perhitungan masing-masing *waste*, maka untuk mengetahui jenis *waste* mana yang paling berpengaruh, maka dibuatlah diagram pareto. Berdasarkan hasil rekapitulasi masing-masing *waste* yang ditampilkan pada diagram pareto maka dapat diketahui berdasarkan persentase jumlah produk yang hilang bahwa *waste* yang paling berpengaruh dan dikatakan kritis adalah *waiting unnecessary inventory*, dan *unnecessary motion*. Akan tetapi, dalam penelitian ini juga dibahas sesuai pendekatan *lean six sigma* dengan tujuan untuk meningkatkan nilai *sigma* dari *waste defect*. Untuk itu, pada pembahasan selanjutnya akan dianalisa mengenai *waste defect* walaupun dari segi persentase *lost*

product bukan merupakan *waste* yang kritis untuk ditangani.

3.2.2 Penentuan Critical Waste

Penentuan *critical waste* ditujukan untuk mengetahui jenis *waste* yang paling signifikan. Penentuan *critical waste* pada masing-masing

1. *Waiting*

Identifikasi *critical waste waiting* dilakukan dengan mendefinisikan jenis-jenis *waiting* yang terjadi di proses produksi *link belt* dengan menghitung waktu yang hilang akibat *waste* tersebut. *Critical waste* dalam *waiting* antara lain karena menunggu karena keterlambatan bahan baku, menunggu selama proses perbaikan mesin produksi, dan menunggu di antara proses-proses.

Penentuan *critical waste* yang berpengaruh dilakukan dengan menggunakan diagram pareto. Kemudian, dapat diketahui bahwa dua *waste* terbesar adalah aktivitas menunggu karena keterlambatan bahan baku dan menunggu selama proses perbaikan mesin sehingga untuk *waiting* antar proses tidak akan dibahas lebih lanjut.

2. *Unnecessary inventory*

Perhitungan *critical waste unnecessary inventory* dilakukan dengan mendefinisikan jenis terjadinya *unnecessary inventory*. Pada akhir tahun 2013 terdapat sekitar 147 peti *link belt* setengah jadi yang tidak dapat diproses dikarenakan keterlambatan bahan baku pendukung selama 3 bulan. Sehingga hanya terdapat satu *critical waste* untuk *unnecessary inventory* yaitu terkait keterlambatan bahan baku.

3. *Unnecessary motions*

Perhitungan *critical waste unnecessary motions* didapatkan berdasarkan perhitungan aktivitas atau proses yang tidak memiliki nilai tambah bagi produk. *Critical waste* munculnya *waste* jenis ini yaitu *non value added activity* yang termasuk proses *material handling* dan identifikasi gerakan tangan kanan-kiri.

4. *Defect*

Critical waste defect pada PT Pindad (Persero) diidentifikasi berdasarkan dua parameter yaitu dari segi dimensi produk yang harus sesuai dengan standar ukuran munisi kaliber serta dari segi kekerasan produk. Sehubungan dengan terbatasnya data mengenai jumlah *defect* untuk masing-

masing jenisnya, maka kedua jenis *critical waste* ini dianggap signifikan oleh pihak produksi PT Pindad (Persero).

3.3 Tahap Analyze

Tahap ketiga pada siklus DMAIC ini merupakan tahap dimana dilakukan analisis faktor penyebab terjadinya *waste* pada proses produksi *link belt* di PT Pindad (Persero). Berikut merupakan analisis *waste* yang dilakukan.

1. *Waiting*

Berdasarkan *critical waste waiting*, yang memiliki prioritas untuk dianalisis penyebabnya adalah:

- Menunggu karena keterlambatan bahan baku terjadi karena kurang responnya pihak pengadaan untuk segera memenuhi permintaan terkait bahan baku pendukung yang dibutuhkan, selain itu ini juga disebabkan karena pihak di bagian produksinya yang kurang siap untuk memperkirakan kebutuhan bahan baku.
- Menunggu selama proses perbaikan mesin produksi diakibatkan karena hampir sebagian besar mesin di departemen produksi *link belt* merupakan mesin yang telah berumur tua. Selain itu juga dikarenakan penggunaan metode *preventive maintenance* yang baru digunakan serta keterlambatan pembuatan perkakas mesin yang diminta.

2. *Unnecessary inventory*

Berdasarkan identifikasi *critical waste*, diketahui bahwa *unnecessary inventory* terjadi dikarenakan dampak dari *waiting* akibat keterlambatan bahan baku. Hal ini terjadi selama 3 bulan di akhir tahun 2013. *Unnecessary inventory* teridentifikasi hanya pada WIP akibat berhentinya proses produksi pada tahun 2013. Selain itu juga tidak ditemukan adanya *inventory* yang bermasalah baik pada *inventory* bahan baku maupun produk jadi.

3. *Unnecessary motion*

Unnecessary motion berupa aktivitas tidak bernilai tambah (*non value added activity*) disebabkan oleh beberapa aktivitas seperti inspeksi bahan baku dan aktivitas menunggu antar proses serta *material handling*. Aktivitas *material handling* yang dilakukan secara manual oleh pekerja dengan beban berat dan alat angkut yang digunakan tidak ergonomis merupakan

penyebab semakin lamanya waktu *non value added activity*.

4. Defect

Berdasarkan identifikasi *critical waste*, *defect* terjadi dikarenakan ketidaksesuaian dimensi produk dan kekerasan produk.

- a. Ketidaksesuaian dimensi produk indikator produk dikatakan cacat karena *critical waste* ini adalah ketika dimensi produk baik dari sisi panjang, lebar, dan diameter tidak sesuai dengan standar ukuran yang telah ditetapkan. Pengujian dimensi ini dilakukan dengan memasang *link belt* dengan munisinya. Penyebab utama ketidaksesuaian dimensi produk ini diakibatkan oleh ketidaksempurnaan pencetakan baja di proses pembentukan. Selain itu juga disebabkan *material handling* yang dilakukan operator. Saat aktivitas itulah, tak jarang operator harus meletakkan *box* berisi *link belt* ke lantai. Hal ini mengakibatkan terjadinya benturan antar *link belt* yang dapat menyebabkan perubahan bentuk, terlebih sebelum *link belt* dibawa ke proses pengerasan.
- b. Ketidaksesuaian kekerasan produk dikatakan cacat karena *critical waste* ini adalah ketika kekerasan produk tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Penyebab utama ketidaksesuaian kekerasan produk ini terkait komposisi material di dalam proses pengerasan baja. Ini merupakan dampak dari WIP akibat aktivitas menunggu karena keterlambatan bahan baku maupun selama proses perbaikan mesin. Terlebih material ini tergolong material yang rentan terhadap suhu sebab berbahan dasar baja sehingga dapat rusak (berkarat) yang mempengaruhi proses pengerjaan ulang kembali berimbas pada waktu dan biaya. Untuk itu semakin lama *waiting* yang terjadi, akan berdampak pada komposisi material. Material yang cacat, ketika diproduksi akan menghasilkan produk yang tidak sesuai spesifikasi, terutama dari segi kekerasan.

3.4 Tahap Improve

Improve merupakan fase dalam siklus *lean six sigma* untuk memperbaiki masalah yang telah diidentifikasi, diukur, dan dianalisis sebelumnya berdasarkan penyebab-penyebab

permasalahan yang terjadi. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan memberikan rekomendasi perbaikan terhadap permasalahan yang terjadi dan dilanjutkan dengan pemilihan prioritas rekomendasi menggunakan *tool* FMEA.

3.4.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). Melalui menghilangkan mode kegagalan, maka FMEA akan meningkatkan keandalan dari produk dan pelayanan sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan yang menggunakan produk dan pelayanan itu (Gaspersz, 2002). Tabel FMEA pada proses produksi *link belt* dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.4.2 Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan diberikan terhadap kegagalan yang memiliki 3 RPN tertinggi. Besarnya RPN mengindikasikan permasalahan pada *potential failure mode*, dimana semakin besar suatu RPN menunjukkan tingkat keseriusan yang semakin tinggi sehingga membutuhkan penanganan segera. Usulan perbaikan yang difokuskan pada pemborosan-pemborosan tersebut diharapkan mampu menurunkan RPN tertinggi sehingga risiko terjadinya *waste* dapat dikurangi. Adapun perbaikan yang diusulkan adalah sebagai berikut:

1. Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Pertama.

Berdasarkan tabel FMEA produk *link belt* yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah *waiting* yang diakibatkan oleh keterlambatan bahan baku dan *waiting* akibat perbaikan mesin. Keduanya memiliki persamaan permasalahan yaitu terkait metode pemesanannya.

Waiting akibat keterlambatan bahan baku, terkait mekanisme pemesanan bahan baku pendukung dari departemen produksi ke departemen pengadaan kurang efektif. Selanjutnya, *waiting* yang diakibatkan oleh perbaikan mesin terkait penggantian komponen mesinnya juga memiliki permasalahan pada metode pemesanannya. Ini juga ditimbulkan oleh komunikasi yang tidak baik antar departemen produksi dan perkakas dalam menyalurkan informasi keperluannya.

Sehingga rekomendasi diberikan dengan cara pembuatan lembar pengajuan bahan baku dan perkakas dari departemen produksi ke departemen pengadaan dan perkakas. Lembar pengajuan ini disebut dengan kartu *kanban*. Kartu *kanban* yang digunakan adalah kartu *kanban* permintaan bahan dan produksi. Kartu *kanban* permintaan bahan digunakan sebagai lembar pengajuan permintaan komponen mesin dari departemen produksi ke departemen pengadaan. Sedangkan kartu *kanban* produksi digunakan sebagai lembar pengajuan permintaan produksi komponen mesin yang diminta. Desain kartu *kanban* peminta bahan dapat dilihat pada Gambar 2 dan kartu *kanban* produksi dapat dilihat pada Gambar 3.

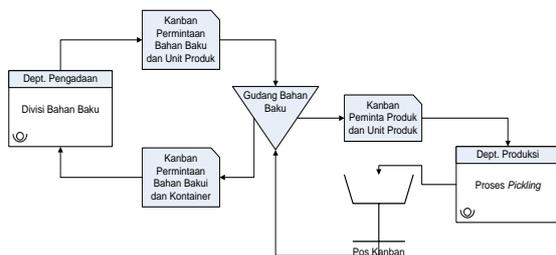
KANBAN PERMINTAAN BAHAN		
No		Preceding Process
Produk		Departemen Produksi
Kode Item		
Kode Pengangkut		Subsequent Process
Jumlah		Departemen Pengadaan
Penanggung Jawab		

Gambar 2. Desain Kartu *Kanban* Peminta Bahan

KANBAN PERINTAH PRODUKSI		
No		PROSES Pengerjaan
Produk		
Kode Item		
Jumlah		
Penanggung Jawab		

Gambar 3. Desain Kartu *Kanban* Produksi

Aliran *kanban* dibuat sesuai permasalahan dan fungsi masing-masingnya (Monden, Yasuhiro. 1995). Yaitu aliran *kanban* dari departemen produksi ke departemen PPC dan aliran *kanban* dari departemen produksi ke departemen perkakas. Diagram alir sistem *kanban* dari departemen produksi ke departemen PPC dapat dilihat pada Gambar 4. Diagram alir sistem *kanban* dari departemen produksi ke departemen perkakas dapat dilihat pada Gambar 5.

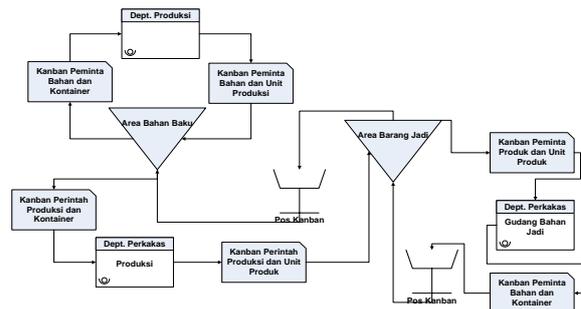


Gambar 4. Aliran *Kanban* Dari Departemen

Produksi Ke Departemen PPC

Penjelasan dari Gambar 4 adalah sebagai berikut:

- Permintaan bahan baku dari proses *pickling* departemen produksi.
- Dilakukan pemeriksaan di gudang mengenai keberadaan produk.
 - Jika produk ada, maka *kanban* pengambilan yang ada pada *container* dipindahkan ke pos *kanban* bahan baku.
 - Jika produk tidak ada maka pihak gudang bahan baku akan meminta bahan ke bagian departemen pengadaan dengan membawa *kanban* permintaan dari pos *kanban* gudang bahan baku beserta *material handling* berupa motor angkut ke divisi bahan baku.



Gambar 5. Aliran *Kanban* Dari Departemen Produksi Ke Departemen Perkakas

Penjelasan dari Gambar 5 adalah sebagai berikut:

- Pos *kanban* departemen perkakas menerima kartu permintaan produk dari proses departemen produksi *link belt*
- Dilakukan pemeriksaan mengenai keberadaan produk.
 - Jika produk ada maka *kanban* perintah produksi yang ada pada *container* dipindahkan ke pos *Kanban* dan diganti dengan *kanban* permintaan produk. Kemudian *kanban* dan produk akan dibawa ke proses *pickling* di departemen produksi.
 - Jika produk tidak ada maka, pihak departemen perkakas melakukan pemeriksaan mengenai keberadaan produk untuk diproses.
 - Jika produk ada, maka *kanban* perintah produksi yang ada pada *container* dipindahkan ke pos *kanban* dan diganti dengan *kanban* permintaan produk perkakas. Kemudian *kanban* dan

produk perkakas dibawa ke gudang barang jadi.

b) Jika produk tidak ada, maka pihak departemen perkakas melakukan pemeriksaan mengenai keberadaan produk untuk diproses.

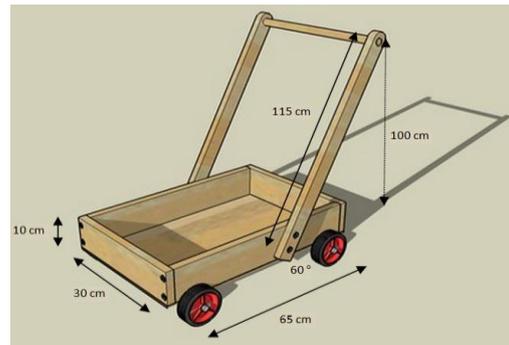
i. Jika bahan ada, maka pos *kanban* mengeluarkan perintah produksi untuk memproduksi produk perkakas yang diminta. Disini perlu diingat bahwa *kanban* perintah produksi harus selalu melekat pada container produk sehingga operator mengetahui informasi mengenai produk.

ii. Jika bahan perkakas tidak ada, maka pihak departemen perkakas mengambil *kanban* permintaan bahan untuk dibawa bersama alat *material handling* berupa motor angkut ke departemen perkakas.

2. Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Kedua.

Nilai tertinggi lainnya diprioritaskan untuk segera dilakukan perbaikan adalah *unnecessary motion* yang disebabkan oleh aktivitas *non value added activity* berupa *material handling* yang dilakukan secara manual dengan beban angkut yang berat. Sehingga solusi yang diberikan adalah dengan menyediakan alat bantu angkut beban dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Alat bantu yang disediakan dilakukan dengan modifikasi *box* yang sudah tersedia di perusahaan sehingga tidak perlu membeli baru. Contoh desain alat bantu angkut dorong dapat dilihat pada Gambar 6

Pemilihan alat angkut seperti pada Gambar 6, juga disesuaikan dengan keadaan perusahaan. Desain *box* dengan penyekat di masing-masing sisinya memiliki fungsi menahan agar produk yang diangkut tidak jatuh mengingat ukuran produk yang dibawa kecil. Pemberian roda yang tidak terlalu besar juga ditujukan untuk memudahkan operator ketika ingin memindahkan isi *box* ke proses selanjutnya dengan cara mengangkat. Tinggi pegangan disesuaikan dengan ukuran tubuh manusia. Menurut Nurmiyanto (2004), tinggi rata-rata siku dalam posisi berdiri tegak berdasarkan *anthropometri* masyarakat Indonesia adalah setinggi 1.003 mm.



Gambar 6 Alat Bantu Angkut Link Belt

3. Analisa dan Pembahasan Usulan Perbaikan Ketiga.

Berdasarkan tabel FMEA, diketahui nilai tertinggi lainnya yang diprioritaskan untuk segera dilakukan perbaikan adalah *defect* yang disebabkan oleh penggunaan pisau pada mesin dop yang melebihi usia efektif pemakaian sehingga menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Dari hasil wawancara, diketahui batas usia efektif penggunaan pisau adalah selama 12 bulan. Hal ini dilakukan dengan mencatat tanggal awal pemakaian pisau dan tanggal jatuh tempo penggunaan. Untuk itu, diperlukan sebuah penanda dengan harapan dapat memudahkan operator untuk mengetahui batas usia pakai pisau. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk melakukan pergantian pisau dapat dilihat pada Gambar 7.

Tanggal Awal Pergantian	Usia Pakai Rata-Rata	Usia Pakai Maksimum	Pergantian
1 Januari 2013	12 bulan	1 Januari 2014	√ 25 Desember 2013
..
..

Gambar 7 Usulan Penggantian Pisau Profil Pada Mesin Dop

Untuk menunjang pengantian secara berkala dan sebagai peringatan kepada operator, maka diberikan usulan perbaikan lainnya dengan merancang poster berukuran kertas A3 atau 42x29,7 cm dengan font *Times New Roman* dengan warna latar belakang terang seperti kuning dan warna tulisan yang *contrast* dengan latar belakang seperti hitam. Pemilihan warna latar belakang yang berwarna kuning melambangkan peringatan. Poster berisi tulisan peringatan untuk memberikan himbauan kepada karyawan untuk melakukan pergantian pisau yang

ditempelkan di dinding area produksi *link belt* dekat dengan mesin pembentukan. Poster berisi tulisan sebagai usulan perbaikan dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8. Poster Peringatan Penggantian Bantangan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil identifikasi 7 *waste* pada proses produksi *link belt* di PT. Pindad (Persero), antara lain:
 - a. *Excessive Transportation*: *waste* ini teridentifikasi dari aktivitas transportasi saat proses produksi berlangsung sebesar 7,24 menit yang relatif kecil dibandingkan dengan *value added time* sebesar 127,7 menit dan dianggap tidak signifikan dengan prosentase kejadian sebesar 3,5%.
 - b. *Waiting*: *waste* ini teridentifikasi dari 3 jenis penyebab yaitu *waiting* akibat keterlambatan bahan baku, *waiting* akibat perbaikan mesin, dan *waiting* di antara proses. Berdasarkan diagram pareto, *waste waiting* adalah *waste* yang dianggap paling signifikan sebab memiliki prosentase kejadian sebesar 56,57% dibandingkan *waste* lainnya.
 - c. *Inappropriate Processing*: *waste* ini teridentifikasi berdasarkan kesalahan proses penyepuhan yang mengakibatkan proses penyepuhan ulang atau *rework*. *Waste* ini menduduki peringkat keenam dari kategori *waste* dengan prosentase kejadian sebesar 1,55%
 - d. *Unnecessary Motion*: berdasarkan hasil identifikasi aktivitas atau proses yang tidak memiliki nilai tambah bagi produk serta peta tangan kiri dan kanan, maka *waste unnecessary motion* dianggap signifikan dengan prosentase kejadian sebesar 11,76%
 - e. *Overproduction*: *waste* jenis ini tidak ditemukan dari hasil identifikasi *waste* pada proses produksi di PT. Pindad. Hal ini dikarenakan jumlah produk yang

dihasilkan perusahaan pada tahun 2013 masih kurang dari target order yang diterima.

- f. *Unnecessary inventory*: terdapat sekitar 147 peti produk *link belt* setengah jadi dan beresiko rusak. *Waste* ini dianggap signifikan sebab memiliki prosentase sebesar 24,4% dari *waste* lainnya.
 - g. *Defect*: masih terdapat produk cacat yang dihasilkan dari proses produksi *link belt* sebesar 93.000 buah *link belt* untuk total produk cacat di tahun 2013. Jika dibandingkan dengan *waste* jenis lain *waste* ini masih dianggap tidak terlalu signifikan sebab memiliki prosentase kejadian sebesar 3,1%.
2. *Waste* yang berhasil diidentifikasi dan dianggap yang paling berpengaruh serta kritis untuk segera dilakukan perbaikan berdasarkan analisis FMEA adalah *waiting* dengan nilai RPN sebesar 540, *unnecessary motion* dengan nilai RPN sebesar 267, dan *defect* dengan nilai RPN sebesar 160.
 3. *Waste* yang dianggap berpengaruh dan kritis, kemudian dicari akar penyebab masalahnya menggunakan *fishbone diagram* dengan hasil analisisnya sebagai berikut:
 - a. *Waiting*: *waste waiting* disebabkan oleh dua hal utama yaitu *waiting* akibat keterlambatan bahan baku dan *waiting* akibat perbaikan mesin. *Waiting* akibat keterlambatan bahan baku disebabkan karena tidak adanya metode tetap pemesanan bahan baku pendukung antar departemennya dan juga tidak ada pemantauan jumlah bahan baku pendukung di bagian produksi. Sedangkan untuk *waiting* akibat perbaikan mesin terjadi karena durasi pembuatan komponen mesin yang rusak cukup lama, jumlah mesin di masing-masing proses hanya sebuah, kurangnya sosialisasi mengenai kebijakan *preventive maintenance* yang baru dibentuk, dan karena faktor usia mesin tua.
 - b. *Unnecessary Motion*: *waste* ini disebabkan oleh *non value added activity*. *Unnecessary motion* akibat *non value added activity* terjadi karena *material handling* dilakukan secara manual dengan beban angkut berat yang dapat menyebabkan semakin lamanya waktu *material handling* dalam proses produksi, lingkungan kerja tidak ergonomis, dan

metode proses sepuh yang menunggu terkumpulnya 3 *box* terlebih dahulu.

- c. *Defect: waste* ini terjadi dikarenakan ketidaksesuaian dimensi produk dan kekerasan produk. Penyebab utama ketidaksesuaian dimensi produk ini diakibatkan oleh ketidaksempurnaan pencetakan baja di proses pembentukan. Penggunaan mesin dop yang digunakan terus-menerus pada proses pembentukan selama proses produksi berlangsung dapat menjadi alasan terjadinya kerusakan beberapa komponen mesin seperti pisau pembentuknya. Ketika pisau pembentuk tidak cukup tajam untuk digunakan, maka dapat berdampak pada bengkoknya *link belt* dan ukuran hasil pembentukan. Penyebab utama ketidaksesuaian kekerasan produk ini terkait komposisi material di dalam proses pengerasan baja. Ini merupakan dampak dari WIP akibat aktivitas menunggu karena keterlambatan bahan baku maupun selama proses perbaikan mesin.
4. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk mereduksi *waste* yang dianggap signifikan pada proses produksi *link belt* di PT. Pindad, yaitu:
 - a. Usulan perbaikan pertama yaitu dengan perancangan kartu *kanban*. Perancangan dilakukan baik dari desain maupun aliran *kanban* dalam perusahaan. Dengan adanya usulan perbaikan ini diharapkan dapat menurunkan waktu tunggu (*waiting*) baik *waiting time* akibat keterlambatan bahan baku, maupun akibat perbaikan mesin.
 - b. Usulan perbaikan kedua yaitu dengan penambahan fasilitas kerja berupa alat bantu angkut *trolley* yang ditujukan dapat menurunkan frekuensi operator yang sering meninggalkan aktivitas produksi sejenak karena harus melepas lelah (*fatigue*) sehingga fokus kerja jadi bertambah dan kelalaian dalam mengoperasikan mesin berkurang. Hal ini akan berdampak tidak hanya pada *waste unnecessary motion* terkait *non value added activity* tapi juga diharap dapat mereduksi *waste* lainnya seperti *defect* dan *waiting time*.
 - c. Usulan perbaikan ketiga yaitu dengan memberikan sebuah penanda dengan harapan dapat memudahkan operator untuk mengetahui batas usia pakai efektif

komponen. Untuk menunjang pengantian secara berkala dan sebagai peringatan kepada operator, maka diberikan usulan perbaikan lainnya dengan merancang poster berisi tulisan peringatan untuk memberikan himbauan kepada karyawan untuk melakukan pergantian pisau yang ditempelkan di area produksi *link belt*.

Daftar Pustaka

- Brue, Greg. (2002). *Six Sigma For Managers*. New York: McGraw-Hill.
- Gaspersz, Vincent. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Monden, Yasuhiro. (1995). *Sistem Produksi Toyota, Suatu Ancangan Terpadu untuk Penerapan Just in Time*. Jakarta:
- Nurmianto, Eko. (2004). *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya.
- Yang, Kai. (2005). *Design For Six Sigma For Service*. USA: The McGraw-Hill Companies.Inc
- Hussey, Jill & Roger Hussey. (1997). *Business Research*. London: Macmillan Business

Lampiran 1. FMEA Proses Produksi

<i>Waste</i>	<i>Potensial Failure Mode</i>	<i>Sev</i>	<i>Potensial Causes</i>	<i>Occ</i>	<i>Current Control</i>	<i>Det</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>	
<i>Waiting</i>	<i>Waiting</i> akibat keterlambatan bahan baku pendukung	9	Tidak ada metode tetap pemesanan bahan baku pendukung antar departemen	10	Tidak ada	6	540	Pembuatan lembar pengajuan bahan baku ke departemen pengadaan sehingga diketahui dengan lengkap kebutuhannya dan tahu pihak mana yang bertanggung jawab	
			Tidak ada pemantauan jumlah bahan baku pendukung di bagian produksi	5	Tidak ada	2	90	Pemberian batas indikator kapan terjadi penipisan jumlah bahan baku pendukung	
								Menambahkan <i>job desc</i> untuk memantau terkait jumlah bahan baku pendukung di lantai produksi	
	<i>Waiting</i> akibat perbaikan mesin	5	Usia mesin tua	3	Tidak ada	2	30	Pemeliharaan komponen dan fungsi mesin secara intensif	
								Penggantian mesin lama dengan mesin baru	
			Durasi pembuatan komponen mesin yang rusak lama	9	Tidak ada	6	270	Pembuatan lembar pengajuan komponen mesin yang ingin dibuat ke PT perkakas sehingga diketahui kebutuhannya dan tahu pihak mana yang bertanggung jawab.	
			Jumlah mesin di masing-masing proses hanya 1	2	Tidak ada	2	20	Penambahan jumlah mesin guna mengantisipasi kerusakan mesin lama	
			Kurangnya sosialisai mengenai kebijakan <i>preventive maintenance</i> yang baru dibentuk	2	Tidak ada	2	20	Perlu dilakukan pembelajaran intensif agar kebijakan yang dibuat menjadi kesadaran bagi tiap pekerjanya	
	<i>Unnecessary inventory</i>	<i>Waiting</i> Keterlambatan Bahan Baku Pendukung	9	Tidak ada metode tetap pemesanan bahan baku pendukung antar departemen	10	Tidak ada	6	540	Pembuatan lembar pengajuan bahan baku ke PT pengadaan sehingga diketahui dengan lengkap kebutuhannya dan tahu pihak mana yang bertanggung jawab

Lampiran 1. FMEA Proses Produksi (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Potensial Failure Mode</i>	<i>Sev</i>	<i>Potensial Causes</i>	<i>Occ</i>	<i>Current Control</i>	<i>Det</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
<i>Unnecessary inventory</i>	Waiting Keterlambatan Bahan Baku Pendukung	9	Tidak ada pemantauan jumlah bahan baku pendukung di bagian produksi	5	Tidak ada	2	90	Pemberian batas indikator penipisan jumlah bahan baku pendukung
								Menambahkan job desc untuk memantau terkait jumlah bahan baku pendukung di lantai produksi
<i>Unnecessary Motion</i>	<i>Non Value Added Activity</i>	8	<i>Material handling</i> dilakukan secara manual dengan beban angkut berat	9	Tidak ada	3	267	Adanya alat bantu untuk mengangkut beban dari satu lokasi ke lokasi lain
			Lingkungan kerja tidak ergonomis	6	Tidak ada	2	96	Pemberian cukup pencahayaan seperti lampu atau alat sejenis Tata letak fasilitas terkait penambahan ventilasi udara
			Metode proses sepuh yang menunggu terkumpulnya 3 box terlebih dahulu	7	Tidak ada	2	112	Penambahan jumlah mesin di proses sebelum penyepuhan
<i>Defect</i>	Ketidaksesuaian Dimensi Produk	5	Tidak dilakukan pergantian komponen secara berkala	8	Tidak ada	4	160	Pembuatan tanda sebagai peringatan kepada operator untuk melakukan pergantian komponen secara berkala
			Kesalahan pemasangan profil pada mesin	3	Tidak ada	4	60	Melakukan pemeriksaan terkait spesifikasi produk sebelum dilakukan proses produksi.
			Material handling kurang baik	9	Tidak ada	3	135	Adanya alat bantu untuk mengangkut beban dari satu lokasi ke lokasi lain
	Ketidaksesuaian Kekerasan Produk	3	Penumpukan WIP berimbas pada komposisi material.	9	Tidak ada	2	54	Perancangan kondisi fasilitas untuk tempat penyimpanan material.