

USULAN PENERAPAN *LEAN SIX SIGMA* UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PRODUK SEMEN

Vera Devani*, Nurul Amalia*

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas Km. 15, Pekanbaru, Riau, Indonesia 28293

(Received: January 27, 2020/ Accepted: June 11, 2020)

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan yang bergerak di bidang packing plant. Proses pada packing plant tersebut tentunya tidak terlepas dari permasalahan pemborosan yang menjadi kendala saat pengepakan semen berlangsung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis-jenis pemborosan, mengidentifikasi akar penyebab pemborosan, mengeliminasi pemborosan dan memberikan usulan tindakan perbaikan dengan menerapkan *Lean Six Sigma*. *Lean Six Sigma* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengeliminasi pemborosan yang terdapat pada lantai produksi serta mengidentifikasi penyebab kecacatan produk dengan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analysis, Control). Hasil penelitian menunjukkan jenis pemborosan yang paling berpengaruh adalah defect product, waktu pengepakan yang melebihi batas toleransi (OTIFIC), antrian, unnecessary motion, over processing, transportasi dan penumpukkan. Akar penyebab terjadinya pemborosan adalah karena kurangnya keterampilan, kurang teliti dan kelelahan, kondisi peralatan mulai aus serta kurangnya pemeliharaan pada peralatan yang digunakan, SOP kerja yang kurang tepat dan mendetail, alur transportasi yang bolak-balik karena tata letak yang tidak tepat. Aktivitas yang merupakan pemborosan dan harus dieliminasi adalah saat operator packer kedua menghitung ulang jumlah bag. Dari hasil penelitian didapatkan beberapa usulan perbaikan yakni dengan memperbaiki SOP kerja yang ada, menerapkan program 6S, membuat SOP 6S, melakukan pelatihan kerja, membuat standar kriteria khusus dalam proses perekrutan karyawan, membuat label atau tanda pada tiap tumpukkan bag, melakukan pemeliharaan secara rutin dan berkala, melakukan pengawasan terhadap kinerja karyawan serta membuat peraturan baru untuk mendisiplinkan karyawan.

Kata Kunci: DMAIC; Kualitas Produk; *Lean Six Sigma*; Pemborosan

Abstract

This research was conducted in a company engaged in the packing plant. The process of packing plant is certainly not separated from the problem of waste that become an obstacle when packing cement in progress. The purpose of the study was to identify the types of waste, identify the root cause of waste, eliminate waste and provide proposed corrective action by implementing *Lean Six Sigma*. *Lean Six Sigma* is a method used to eliminate waste on the production floor and identify the cause of product defects with the approach of DMAIC (Define, Measure, Analysis, Control). The results showed the most influential types of waste are defect product, packing time exceeding the tolerance limit (OTIFIC), queuing, unnecessary motion over processing, transportation and stacking. The root cause of waste is due to lack of skills, less through and fatigue, equipment condition began to wear and lack of maintenance on the equipment used, work SOP that is less precise and detailed, the flow of transportation commute due to improper layout. Activity that is a waste and should be eliminated is when the second packer operator recalculates the number of bags. From the research results obtained several proposed improvements namely by improving the existing work SOP, implementing the program 6S, creating SOP 6S, conducting work training, creating special criteria standards in the recruitment process,

*Penulis Korespondensi

E-mail: veradevani@gmail.com, amalianurul0103@gmail.com

creating labels or marks in each bag, conduct regular and periodic maintenance, supervise the performance of employees and make new regulations to discipline employees.

Keywords: DMAIC; Lean Six Sigma; Product Quality; Waste

1. Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan yang bergerak di bidang *packing plant* semen yang memiliki dua jenis produk yakni semen PCC (*Portland Composite Cement*) dan semen OPC (*Ordinary Portland Cement*). Produk yang diteliti adalah semen PCC dengan ukuran kemasan 50 kg dan 40 kg. *Defect product* banyak ditemukan saat proses pengepakan berlangsung. Kondisi tersebut membuat perusahaan perlu meningkatkan kualitas produk dan menekan jumlah cacat yang terjadi saat proses produksi berlangsung untuk mewujudkan suatu kondisi yang ideal dalam sebuah produksi (*zero defect*).

Cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah melakukan *continuous improvement* dengan meminimasi faktor-faktor yang mengganggu aliran proses produksi (pemborosan) menggunakan *Lean Six Sigma*. Menurut (Gaspersz & Avanti, 2011) *Lean Six Sigma* ialah kombinasi antara *Lean* dan *Six Sigma* yang merupakan suatu pendekatan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) ataupun aktivitas yang tidak bernilai tambah (*nonvalue added*) melalui *continuous improvement* untuk mencapai target *Six Sigma*. Pemborosan (*waste*) merupakan segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah sepanjang aliran proses pada proses produksi yang mengubah *input* menjadi *output* (Gaspersz, 2002). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Cherrafi et al., 2017) bertujuan untuk menyajikan kerangka kerja yang secara metodis memandu perusahaan melalui lima tahapan dan enam belas langkah proses untuk secara efektif mengintegrasikan dan mengimplementasikan pendekatan *Green*, *Lean* dan *Six Sigma* untuk meningkatkan kinerja berkelanjutan. Hasil menunjukkan bahwa integrasi *Lean Six Sigma* dan *Green* membantu organisasi mengurangi konsumsi sumber daya dari 20% menjadi 40% dan meminimalkan biaya energi dan aliran massa sebesar 7-12%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Indrawati & Ridwansyah, 2015) menunjukkan bahwa kualitas kinerja dalam tingkat 2,97 *sigma*, terdapat 33,67% *nonvalue added activity* 14,2% *non necessary value added activity* yang terjadi selama proses manufaktur. Berdasarkan analisis, cacat produk, pengolahan yang tidak tepat dan menunggu adalah jenis pemborosan manufaktur. *Continuous improvement* program terdiri dari redesain *chute* kolektor debu, menimbang prosedur operasi standar, BC 05 ereksi, instalasi Vibro meter dan instalasi tanaman nitrogea. Penelitian dari (Trehan, et al., 2019), (Munandar & Permana, 2019) menggunakan *Lean* untuk

mengurangi *waste* pada proses produksi dan *Six Sigma* untuk mengendalikan kualitas produk. Penelitian (Albliwi, et al., 2017), (Abu Bakar, et al., 2015) dalam penelitiannya meninjau dan menilai secara kritis status penerapan *Lean Six Sigma* di sebuah organisasi dengan menentukan faktor keberhasilan kritis. Penelitian (Munawaroh & Singgih, 2017), (Sanny, et al., 2015), (Zhang & Awasthi, 2016) dalam penelitiannya telah mengimplementasikan *Lean Six Sigma* untuk menghitung nilai *sigma* dari kondisi *existing* dan mengurangi jumlah cacat produk menggunakan langkah yang disesuaikan dengan *framework* DMAIC.

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang telah dilakukan oleh (Devani & Amalia, 2018), tentang peningkatan kualitas semen PCC kemasan 50 kg dan 40 kg menggunakan metode *Six Sigma* untuk mencapai *zero defect*. Penelitian lanjutan ini bertujuan untuk mengurangi pemborosan yang terjadi pada saat proses pengepakan berlangsung, agar tercipta kondisi *lean* pada lantai produksi dengan melakukan *continuous improvement*. Banyaknya pemborosan yang timbul pada lantai produksi dapat menghambat produktivitas perusahaan. Pemborosan terjadi karena aktivitas yang disengaja maupun tidak disengaja. Jenis-jenis pemborosan yang terdapat pada lantai produksi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *defect*, data produksi periode Jan-Nov 2016, data OTIFIC, data waktu produksi, dan data jenis-jenis *waste*. Data-data tersebut akan digunakan sebagai dasar untuk menganalisis permasalahan yang terdapat pada lantai produksi dengan menggunakan metode *Lean Six Sigma* dengan beberapa tahapan proses analisis yaitu *define, measure, analyze, improve dan control* (DMAIC). Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah dengan melakukan wawancara, pengamatan langsung dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

Lean

Menurut (Gaspersz & Avanti, 2011) *Lean* merupakan suatu upaya *continuous* untuk menghilangkan *waste* dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*). Sasaran dari *Lean* adalah untuk menciptakan aliran lancar dari produk sepanjang *value stream* untuk mencapai *zero defect* serta untuk menghilangkan variasi. Tujuan dari *lean* adalah untuk meningkatkan secara terus-menerus

Tabel 1. Jenis Waste

Jenis Waste	Keterangan
Defect	Untuk jumlah terbanyak <i>defect</i> pada proses pengepakan semen PCC ukuran 40 kg dan 50 kg periode Jan-Nov 2016, terdapat pada jenis <i>bag</i> ukuran 50 kg dengan total persentase sebesar 30,118%, sedangkan persentase <i>defect</i> bag ukuran 40 kg adalah sebesar 24,809%. Untuk persentase <i>defect</i> terbesar pada tiap bulannya berada pada bulan Juli dengan nilai sebesar 4,439%, persentase kecacatan produk ini masih sangat jauh dari batas toleransi yang ditetapkan oleh perusahaan sebesar 0,15 %. Nilai <i>sigma</i> untuk <i>bag</i> 50 kg adalah sebesar $2,937\sigma$ dan $3,038\sigma$ untuk <i>bag</i> 40 kg, dengan total nilai DPMO masing-masing sebesar 75.293,924 dan 62.021,762. Berdasarkan perhitungan nilai <i>sigma</i> tersebut dapat diketahui bahwa nilai yang diperoleh masih sangat jauh dari target 6σ , dengan nilai DPMO 3,4.
Bag Burst	Jatuh, terbanting, terlalu penuh
Berat di luar toleransi	Sensor <i>packer</i> mulai aus, tidak ada timbangan pada mesin <i>packer</i> .
Bag rusak	Rusak dari <i>supplier</i> , koyak, lembab/basah
Bag stuck	Berat semen kurang, <i>bag slading</i>
OTIFIC	Banyaknya <i>defect</i> yang terjadi menyebabkan terjadi pengerjaan ulang (<i>rework</i>). <i>Rework</i> ini akan membutuhkan waktu lebih yang kemudian mengakibatkan terjadinya OTIFIC, suatu peringatan yang mengindikasikan bahwa waktu proses pengepakan sudah melebihi batas waktu yang ditetapkan selama 32 menit. OTIFIC terbesar terdapat pada bulan September dengan total waktu sebesar 6.839 menit. Sedangkan total keseluruhan OTIFIC periode Jan-Nov 2016 adalah 43.563 menit. Waktu proses pengepakan ini juga akan mengakibatkan timbul pemborosan lainnya seperti antrian.
Unnecessary motion	Kegiatan yang tidak perlu yang terjadi pada lantai produksi saat proses pengepakan berlangsung. Kegiatan ini tergolong ke dalam <i>nonvalue added activity</i> , karena tidak memberikan nilai tambah.
Over Processing	a. Menghitung ulang jumlah <i>bag</i> Pada saat <i>bag</i> dari gudang diberikan kepada <i>packer</i> operator kemudian dihitung oleh operator <i>packer</i> , tidak diberikan tanda atau label pada tiap tumpukkan untuk menandakan jumlahnya, namun hanya disebutkan saja berapa jumlahnya. Sehingga ketika operator <i>packer</i> lainnya akan melakukan pengisian <i>bag</i> operator tersebut menghitung kembali jumlah <i>bag</i> tersebut dikarenakan lupa. b. Pengulangan proses pengisian <i>bag</i> Hal ini terjadi karena ketidaktepatan operator saat memasukkan kantong ke mulut <i>spout</i> , sehingga tidak terbaca oleh sensor mesin <i>packer</i> dan kantongpun tidak terisi. Selain itu, penempatan kedudukan <i>bag</i> yang tidak stabil juga dapat menjadi penyebab lainnya, karena ketika posisi <i>bag</i> tidak stabil akan mudah semen didalamnya tumpah, kemudian operator memperbaiki posisi <i>bag</i> dan mengisi kembali.
Antrian	Terjadi karena banyaknya mobil yang ingin memuat semen, sedangkan area <i>packing plant</i> perusahaan tidak begitu besar, yang menyebabkan banyaknya antrian mobil di luar.
Transportasi	Jarak dari timbangan masuk ke ruangan <i>dispatch</i> sangat jauh dan alurnya bolak-balik. Hal ini tidak efisien karena ketika supir <i>check in</i> dan menimbang mobil di pos 1, kemudian diharuskan untuk menyerahkan surat perintah pengambilan produk ke ruangan <i>dispatch</i> lalu kembali lagi ke tempat <i>check in</i> .
Penumpukkan	Penumpukkan <i>bag</i> yang terjadi dikarenakan operator tidak menyusun <i>bag</i> sesuai pada tempatnya. Penumpukkan ini menyebabkan area kerja <i>packer</i> menjadi semakin sempit, serta seringkali mengakibatkan <i>bag-bag</i> tersebut menjadi rusak.

customer value melalui peningkatan terus-menerus antara nilai tambah terhadap *waste*.

Six Sigma

Menurut (Gaspersz, 2002) *Six Sigma* merupakan strategi terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan dramatik di tingkat bawah dan sebagai pengendalian proses industri yang berfokus pada pelanggan dengan memperhatikan kemampuan proses. Tujuan *six sigma* adalah untuk meningkatkan kualitas suatu produk agar tercapai target *zero defect* dengan cara mengidentifikasi penyebab cacat pada proses produksi, menganalisa penyebab cacat tersebut, serta memberikan

solusi perbaikan untuk menanggulangi cacat tersebut dengan metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

Define

Merupakan tahap awal *Six Sigma* yang bertujuan untuk mendefinisikan proses produksi secara keseluruhan (Gaspersz, 2002), serta untuk mengidentifikasi jenis-jenis cacat yang terjadi pada saat proses produksi. Diagram SIPOC bertujuan untuk menggambarkan proses produksi secara keseluruhan, mulai dari *supplier, input* yang akan digunakan pada proses produksi, tahapan proses-prosesnya, *output* yang dikeluarkan, serta konsumen.

Measure

Merupakan tahap pengukuran untuk peningkatan kualitas DMAIC. Tahap *measure* menggunakan pengukuran-pengukuran yakni:

1. Uji keseragaman dan kecukupan
Merupakan suatu pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui apakah data-data yang dikumpulkan berada pada batas kendali atau tidak. Apabila telah dilakukan pengujian keseragaman, maka akan dilanjutkan dengan pengujian kecukupan data untuk melihat apakah data telah cukup atau belum untuk digunakan sebagai instrumen pengamatan.
2. Perhitungan faktor penyesuaian (*rating factor*)
Perhitungan ini mempertimbangkan faktor keterampilan, usaha, kondisi kerja dan konsistensi operator berdasarkan metode *westinghouse*.
3. Perhitungan kelonggaran (*allowance*)
Perhitungan yang dilakukan dengan memberikan *allowance* atau kelonggaran kepada operator.
4. Perhitungan waktu normal
Merupakan perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan waktu pada kondisi normal bagi operator dalam menyelesaikan pekerjaannya.
5. Perhitungan waktu baku
Merupakan perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan waktu yang dibutuhkan operator untuk melakukan suatu pekerjaan dengan menambahkan faktor kelonggaran (*allowance*) pada kondisi waktu normal. Berikut adalah perhitungan waktu normal dan baku (Wardhana, et al., 2015):
$$Rf = Wf + 1 \quad (1)$$
$$Wn = Ws \times Rf \quad (2)$$
$$Wb = Wn \times \frac{100}{100 - Allowance} \quad (3)$$

Keterangan:
Rf = *Rating factor*
Wn = Waktu normal
Ws = Waktu siklus
Wb = Waktu baku
Wf = *Westinghouse factor*
6. Perhitungan *manufacturing lead time*
Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan waktu yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk melakukan kegiatan proses pengepakan dari awal sampai akhir.
7. Perhitungan PCE
Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan tingkat efisien dari siklus pengepakan yang terjadi (Ahmad, et al., 2016):
$$Process\ Cycle\ Efficiency = \frac{Value\ Added\ Time}{Total\ Lead\ Time} \times 100\% \quad (4)$$
8. *Value Stream Mapping* (VSM)
Bertujuan untuk menggambarkan keseluruhan proses pengepakan dan untuk mengidentifikasi pemborosan yang terdapat pada proses tersebut.

9. Peta aliran proses

Peta yang menggambarkan seluruh kegiatan produksi, baik kegiatan bernilai tambah ataupun tidak bernilai tambah.

10. Perhitungan kemampuan proses (*yield*)

Perhitungan ini berguna untuk melihat kemampuan suatu proses dalam menghasilkan produk yang bebas cacat (Pande, et al., 2000).

$$Y = \left(1 - \frac{\text{Total Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Unit yang Diperiksa}}\right) \times 100\% \quad (5)$$

Analyze

Merupakan tahap ketiga dari metode DMAIC yang bertujuan untuk menganalisa penyebab cacat yang terjadi. *Tools* yang akan digunakan untuk tahap *analyze* FTA (*Fault Tree Analysis*). Metode FTA berguna untuk mengidentifikasi risiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan (Sutalaksana, et al., 2006). Analisis menggunakan FTA menggunakan skala prioritas 80-20% dari hasil Diagram Pareto nilai RPN (Devani & Amalia, 2018).

Improve

Tahapan *improve* merupakan tahapan yang keempat yang bertujuan untuk memberikan usulan perbaikan terhadap akar penyebab masalah yang terdapat pada rantai produksi. *Tools* yang digunakan pada tahap *improve* adalah diagram PDPC, *Tree Diagram* dan formulir audit 6S. Diagram pohon merupakan sebuah *tool* yang berguna untuk membuat usulan perbaikan dengan cara memetakan jalur tugas-tugas yang harus diselesaikan (Wardhana et al., 2015). Formulir audit 6S berfungsi untuk menganalisa dan mengaudit implementasi 6S yang dilakukan pada rantai produksi (Gaspersz & Avanti, 2011). Formulir audit 6S terdiri dari *Sort, Stabilize, Shine, Standarize, Sustain* serta dengan penambahan elemen *Safety*. Menurut (Gaspersz & Avanti, 2011) terdapat tiga kriteria penilaian untuk perhitungan skor akhir pada formulir audit 6S, yaitu *Unsatisfactory* (0 - 59%), *Need Improvement* (60 - 79%) dan *Satisfactory* (80%).

Control

Tahapan *control* termasuk tahapan terakhir dalam pendekatan DMAIC. Hal perlu dilakukan pada tahapan ini adalah membuat SOP untuk penerapan 6S pada perusahaan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan menggunakan konsep *Lean Six Sigma* diperoleh:

Define

Berdasarkan penjabaran dari diagram SIPOC (Devani & Amalia, 2018) dapat diketahui bahwa:

1. *Supplier*

Suppliers dari proses pengepakan semen pada perusahaan ini adalah perusahaan cabang yang

memproduksi kantong dan perusahaan pusat yang memproduksi semen.

2. *Input*

Input dari proses pengepakan semen adalah semen dan kantong (*bag*) semen.

3. *Process*

Proses pada diagram SIPOC ini terdiri dari 21 proses pengepakan dari awal hingga akhir.

4. *Output*

Output yang dihasilkan oleh proses pengepakan ini adalah zak semen berukuran 40 kg dan 50 kg.

5. *Customer*

Customer perusahaan ini adalah konsumen semen PCC ukuran 40 kg dan 50 kg yang merupakan distributor-distributor untuk wilayah Riau Daratan.

Berdasarkan penggambaran diagram SIPOC pada penelitian sebelumnya (Devani & Amalia, 2018) dapat diketahui bahwa terdapat proses yang merupakan pemborosan dan tidak memiliki nilai tambah (NVA) pada stasiun *packing* yakni proses ke-4 saat operator *packer 2* menghitung ulang jumlah *bag*. Kegiatan tersebut dikategorikan sebagai NVA karena merupakan kegiatan

pengerjaan ulang (*rework*) yang dapat menyebabkan bertambah waktu dalam proses pengepakan. Pertambahan waktu ini kemudian dapat menyebabkan terjadinya OTIFIC (waktu pengepakan yang melebihi toleransi) sehingga kegiatan tersebut perlu untuk dieliminasi atau dihilangkan.

Measure

Tahapan *measure* menggunakan perhitungan:

1. Uji keseragaman dan kecukupan data

Berdasarkan uji keseragaman dan kecukupan data yang dilakukan terhadap semen PCC untuk jenis muatan 50 zak dan 500 zak (*bag* 50 kg) serta muatan 40 zak dan 625 zak (*bag* 40 kg) semua data dikategorikan seragam dan cukup.

2. Perhitungan waktu normal dan waktu baku

Perhitungan waktu normal dan baku semen PCC *bag* 50 kg muatan 50 zak untuk proses ke-8.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh:

Tabel 2 merupakan rekapitulasi waktu normal dan waktu baku untuk jenis *bag* 50 kg dan muatan 50 zak.

Tabel 2. Waktu Normal dan Waktu Baku *Bag* 50 Kg dan Muatan 50 Zak

No	Kegiatan	Rata-Rata (WS)	Rating Factor	Waktu Normal (menit)	Allowance (%)	Waktu Baku (menit)
1	Sopir melapor pada <i>security</i> dan menunjukkan surat perintah	1,487	-0,02	1,457	2	1,487
2	<i>Security</i> mengkonfirmasi <i>check in</i> yang dilakukan	0,469	-0,02	0,460	2	0,469
3	Pemindahan <i>truck</i> ke timbangan masuk	0,5485	0,01	0,554	6	0,589
4	Proses penimbangan berat <i>truck</i>	1,069	0,01	1,080	6	1,149
5	Sopir melakukan administrasi pengambilan di <i>dispatch room</i>	7,185	0,01	7,257	6	7,720
6	Pemindahan <i>truck</i> ke gerbang w (<i>packer building</i>)	0,36	0,01	0,364	6	0,387
7	CCR Op. memberikan informasi terkait banyak muatan yang akan dimuat	0,171	-0,015	0,168	18	0,205
8	Op. <i>packer1</i> menghitung jumlah <i>bag</i> yang akan diisi	0,286	-0,015	0,282	18	0,344
9	<i>Set up</i> mesin <i>packer</i>	2,799	-0,015	2,757	18	3,362
10	Op. <i>packer 2</i> menghitung ulang jumlah <i>bag</i>	0,269	-0,015	0,265	30,5	0,381
11	Op. <i>packer 2</i> memasukkan <i>bag</i> ke mulut <i>spout</i>	1,357	-0,015	1,337	30,5	1,923
12	Proses pengisian <i>bag</i> oleh mesin <i>packer</i>	0,886	-0,015	0,873	30,5	1,256
13	Op. <i>loading</i> melakukan persiapan sebelum pemuatan	0,47	0,14	0,536	46	0,992
14	Op. <i>loading</i> menata semen dari <i>belt conveyor</i> ke dalam <i>truck</i>	1,138	0,14	1,297	46	2,402
15	Op. <i>loading</i> melakukan <i>inspeksi</i>	2,225	0,14	2,537	10,5	2,834
16	Op. <i>loading</i> melakukan <i>finishing</i>	2,075	0,14	2,366	10,5	2,643
17	Pemindahan <i>truck</i> menuju timbangan ke luar	0,655	0,01	0,662	10	0,735
18	Inspeksi akhir	1,263	0,01	1,276	10	1,417
19	Sopir melakukan administrasi <i>check out</i> di <i>dispatch room</i>	5,28	0,01	5,333	10	5,925
20	Sopir melapor pada <i>security</i> dan menunjukkan surat perintah	1,487	-0,02	1,457	2	1,487
21	<i>Security</i> mengkonfirmasi <i>check out</i> yang dilakukan	0,469	-0,02	0,460	2	0,469

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus rata-rata (Ws)} &= 0,286 \text{ menit} \\ \text{Westinghouse factor (Wf)} &= -0,015 \\ \text{Allowance} &= 18\% \\ \text{Rating factor (Rf)} &= Wf + 1 \\ &= 0,985 \\ \text{Allowance} &= 18\% \text{ (nilai allowance proses ke-8)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal:} \\ W_n &= W_s \times R_f \\ &= 0,282 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu baku:} \\ W_b &= W_n \times \frac{100}{100 - \text{Allowance}} \\ &= 0,344 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu normal dan baku semen PCC bag 40 kg muatan 60 zak untuk proses ke-8. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus rata-rata (Ws)} &= 0,369 \text{ menit} \\ \text{Westinghouse factor (Wf)} &= -0,015 \\ \text{Rating factor (Rf)} &= Wf + 1 \\ &= 0,985 \\ \text{Allowance} &= 18\% \text{ (nilai allowance proses ke-8)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal:} \\ W_n &= W_s \times R_f \\ &= 0,363 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu baku:} \\ W_b &= W_n \times \frac{100}{100 - \text{Allowance}} \\ &= 0,443 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan waktu normal dan waktu baku untuk jenis bag 50 kg dan muatan 500 zak dapat dilihat pada **Tabel 3**. Rekapitulasi hasil perhitungan waktu normal dan waktu baku untuk jenis bag 40 kg dengan muatan sebesar 60 zak dapat dilihat pada **Tabel 4**. Rekapitulasi hasil perhitungan waktu normal dan

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu Normal dan Waktu Baku Bag 50 Kg dan Muatan 500 Zak

No	Kegiatan	Rata-Rata (WS)	Rating Factor	Waktu Normal (menit)	Allowance (%)	Waktu Baku (menit)
1	Sopir melapor pada <i>security</i> dan menunjukkan surat perintah	1,487	-0,02	1,457	2	1,487
2	<i>Security</i> mengkonfirmasi <i>check in</i> yang dilakukan	0,469	-0,02	0,460	2	0,469
3	Pemindahan <i>truck</i> ke timbangan masuk	0,5485	0,01	0,554	6	0,589
4	Proses penimbangan berat <i>truck</i>	1,069	0,01	1,080	6	1,149
5	Sopir melakukan administrasi pengambilan di <i>dispatch room</i>	7,185	0,01	7,257	6	7,720
6	Pemindahan <i>truck</i> ke gerbang w (<i>packer building</i>)	0,36	0,01	0,364	6	0,387
7	CCR Op. memberikan informasi terkait banyak muatan yang akan dimuat	0,171	-0,015	0,168	18	0,205
8	Op. <i>packer1</i> menghitung jumlah <i>bag</i> yang akan diisi	2,53	-0,015	2,492	18	3,039
9	<i>Set up</i> mesin <i>packer</i>	2,799	-0,015	2,757	18	3,362
10	Op. <i>packer 2</i> menghitung ulang jumlah <i>bag</i>	2,469	-0,015	2,432	30.5	3,499
11	Op. <i>packer 2</i> memasukkan <i>bag</i> ke mulut <i>spout</i>	13,369	-0,015	13,168	30.5	18,947
12	Proses pengisian <i>bag</i> oleh mesin <i>packer</i>	8,813	-0,015	8,681	30.5	12,490
13	Op. <i>loading</i> melakukan persiapan sebelum pemuatan	0,47	0,14	0,536	46	0,992
14	Op. <i>loading</i> menata semen dari <i>belt conveyor</i> ke dalam <i>truck</i>	11,7365	0,14	13,380	46	24,777
15	Op. <i>loading</i> melakukan <i>inspeksi</i>	2,225	0,14	2,537	10.5	2,834
16	Op. <i>loading</i> melakukan <i>finishing</i>	2,075	0,14	2,366	10.5	2,643
17	Pemindahan <i>truck</i> menuju timbangan ke luar	0,655	0,01	0,662	10	0,735
18	Inspeksi akhir	1,263	0,01	1,276	10	1,417
19	Sopir melakukan administrasi <i>check out</i> di <i>dispatch room</i>	5,28	0,01	5,333	10	5,925
20	Sopir melapor pada <i>security</i> dan menunjukkan surat perintah	1,487	-0,02	1,457	2	1,487
21	<i>Security</i> mengkonfirmasi <i>check out</i> yang dilakukan	0,469	-0,02	0,460	2	0,469

Tabel 4. Rekapitulasi Waktu Normal dan Waktu Baku *Bag* 40kg dan Muatan 60 Zak

No	Kegiatan	Rata-Rata (WS)	Rating Factor	Waktu Normal (menit)	Allowance (%)	Waktu Baku (menit)
1	Sopir melapor pada <i>security</i> dan menunjukkan surat perintah	1,487	-0,02	1,457	2	1,487
2	<i>Security</i> mengkonfirmasi <i>check in</i> yang dilakukan	0,469	-0,02	0,460	2	0,469
3	Pemindahan <i>truck</i> ke timbangan masuk	0,5485	0,01	0,554	6	0,589
4	Proses penimbangan berat <i>truck</i>	1,069	0,01	1,080	6	1,149
5	Sopir melakukan administrasi pengambilan di <i>dispatch room</i>	7,185	0,01	7,257	6	7,720
6	Pemindahan <i>truck</i> ke gerbang w (<i>packer building</i>)	0,36	0,01	0,364	6	0,387
7	CCR Op. memberikan informasi terkait banyak muatan yang akan dimuat	0,171	-0,015	0,168	18	0,205
8	Op. <i>packer1</i> menghitung jumlah <i>bag</i> yang akan diisi	2,53	-0,015	2,492	18	3,039
9	<i>Set up</i> mesin <i>packer</i>	2,799	-0,015	2,757	18	3,362
10	Op. <i>packer 2</i> menghitung ulang jumlah <i>bag</i>	2,469	-0,015	2,432	30.5	3,499
11	Op. <i>packer 2</i> memasukkan <i>bag</i> ke mulut <i>spout</i>	13,369	-0,015	13,168	30.5	18,947
12	Proses pengisian <i>bag</i> oleh mesin <i>packer</i>	8,813	-0,015	8,681	30.5	12,490
13	Op. <i>loading</i> melakukan persiapan sebelum pemuatan	0,47	0,14	0,536	46	0,992
14	Op. <i>loading</i> menata semen dari <i>belt conveyor</i> ke dalam <i>truck</i>	11,7365	0,14	13,380	46	24,777
15	Op. <i>loading</i> melakukan <i>inspeksi</i>	2,225	0,14	2,537	10.5	2,834
16	Op. <i>loading</i> melakukan <i>finishing</i>	2,075	0,14	2,366	10.5	2,643
17	Pemindahan <i>truck</i> menuju timbangan ke luar	0,655	0,01	0,662	10	0,735
18	Inspeksi akhir	1,263	0,01	1,276	10	1,417
19	Sopir melakukan administrasi <i>check out</i> di <i>dispatch room</i>	5,28	0,01	5,333	10	5,925
20	Sopir melapor pada <i>security</i> dan menunjukkan surat perintah	1,487	-0,02	1,457	2	1,487
21	<i>Security</i> mengkonfirmasi <i>check out</i> yang dilakukan	0,469	-0,02	0,460	2	0,469

waktu baku untuk jenis *bag* 40 kg dengan muatan sebesar 625 zak dapat dilihat pada **Tabel 5**.

value added/ waste. Hasil perhitungan nilai PCE dapat dilihat pada **Tabel 7**.

3. Perhitungan *Manufacturing Lead Time* (MLT)
Perhitungan *manufacturing lead time* dilakukan dengan menjumlahkan semua waktu baku proses pengepakan untuuk tiap kategori jenis *bag* dan muatan yang terdiri dari 21 kegiatan. Rekapitulasi hasil perhitungan MLT dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai MLT

No	Jumlah Muatan (Zak)	Total MLT
1	50	38,178
2	500	94,622
3	60	39,62
4	625	112,65

4. Perhitungan *Process Cycle Efficiency* (PCE)
Sebelum menghitung nilai PCE, aktivitas/ kegiatan harus dikelompokkan berdasarkan jenisnya terlebih dahulu. Adapun jenis-jenis pengelompokkannya yaitu *value added, necessary non value added, non*

Tabel 7. Rekapitulasi PCE

No	Muatan (Zak)	VA	NNVA	Waste	PCE (%)
1	50	25,909	11,886	0,381	67,864
2	500	76,542	14,581	3,499	80,892
3	60	27,143	11,985	0,492	68,508
4	625	90,554	16,394	5,702	80,385

5. *Value Stream Mapping* (VSM)
Berdasarkan VSM (Lampiran A1-A4) dapat diketahui bahwa terdapat kegiatan yang merupakan NVA atau pemborosan, yakni kegiatan saat operator *packing 2* menghitung ulang jumlah *bag* yang akan diisi (*rework*).

Tabel 5. Rekapitulasi Waktu Normal dan Waktu Baku *Bag* 40kg dan Muatan 625 Zak

No	Kegiatan	Rata-Rata (WS)	Rating Factor	Waktu Normal (menit)	Allowance (%)	Waktu Baku (menit)
1	Sopir melapor pada <i>security</i> dan menunjukkan surat perintah	1,487	-0,02	1,457	2	1,487
2	<i>Security</i> mengkonfirmasi <i>check in</i> yang dilakukan	0,469	-0,02	0,460	2	0,469
3	Pemindahan <i>truck</i> ke timbangan masuk	0,5485	0,01	0,554	6	0,589
4	Proses penimbangan berat <i>truck</i>	1,069	0,01	1,080	6	1,149
5	Sopir melakukan administrasi pengambilan di <i>dispatch room</i>	7,185	0,01	7,257	6	7,720
6	Pemindahan <i>truck</i> ke gerbang w (<i>packer building</i>)	0,36	0,01	0,364	6	0,387
7	CCR Op. memberikan informasi terkait banyak muatan yang akan dimuat	0,171	-0,015	0,168	18	0,205
8	Op. <i>packer1</i> menghitung jumlah <i>bag</i> yang akan diisi	4,039	-0,015	3,978	18	4,852
9	<i>Set up</i> mesin <i>packer</i>	2,799	-0,015	2,757	18	3,362
10	Op. <i>packer 2</i> menghitung ulang jumlah <i>bag</i>	4,023	-0,015	3,963	30.5	5,702
11	Op. <i>packer 2</i> memasukkan <i>bag</i> ke mulut <i>spout</i>	16,899	-0,015	16,646	30.5	23,950
12	Proses pengisian <i>bag</i> oleh mesin <i>packer</i>	11,159	-0,015	10,992	30.5	15,815
13	Op. <i>loading</i> melakukan persiapan sebelum pemuatan	0,47	0,14	0,536	46	0,992
14	Op. <i>loading</i> menata semen dari <i>belt conveyor</i> ke dalam <i>truck</i>	14,429	0,14	16,449	46	30,461
15	Op. <i>loading</i> melakukan <i>inspeksi</i>	2,225	0,14	2,537	10.5	2,834
16	Op. <i>loading</i> melakukan <i>finishing</i>	2,075	0,14	2,366	10.5	2,643
17	Pemindahan <i>truck</i> menuju timbangan ke luar	0,655	0,01	0,662	10	0,735
18	Inspeksi akhir	1,263	0,01	1,276	10	1,417
19	Sopir melakukan administrasi <i>check out</i> di <i>dispatch room</i>	5,28	0,01	5,333	10	5,925
20	Sopir melapor pada <i>security</i> dan menunjukkan surat perintah	1,487	-0,02	1,457	2	1,487
21	<i>Security</i> mengkonfirmasi <i>check out</i> yang dilakukan	0,469	-0,02	0,460	2	0,469

6. Peta Aliran Proses

Berdasarkan Peta Aliran Proses (Lampiran B1-B4) diketahui bahwa jumlah kegiatan adalah sebanyak 21 kegiatan, dengan 2 kegiatan dalam kelompok transportasi dan 1 kegiatan dalam kelompok *delay*. Ketiga kegiatan ini termasuk ke dalam kategori NNVA, kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah tetapi masih diperlukan dalam proses pengepakan semen PCC pada perusahaan ini.

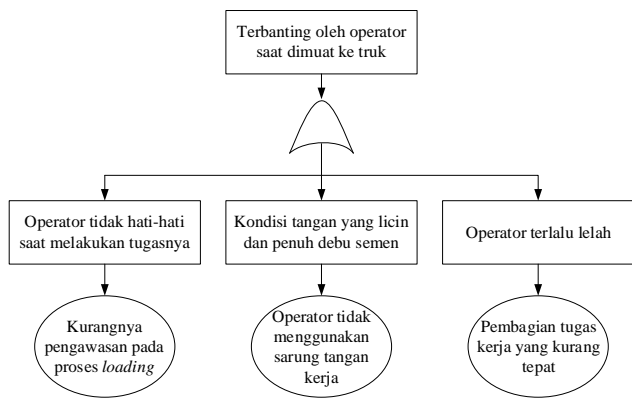
7. Perhitungan kemampuan proses (*Yield*)

Berdasarkan perhitungan *yield* untuk jenis *bag* 50 kg dan 40 kg untuk periode Januari–November 2016 diperoleh nilai *yield* untuk tiap bulannya antara 95-98,5%. Menurut (Gaspersz & Avanti, 2011) semakin tinggi nilai *yield* yang diperoleh maka akan semakin tinggi pula kemampuan prosesnya. Hal ini menandakan bahwa kemampuan proses perusahaan untuk menghasilkan produk yang mendekati *zero defect* sangat tinggi.

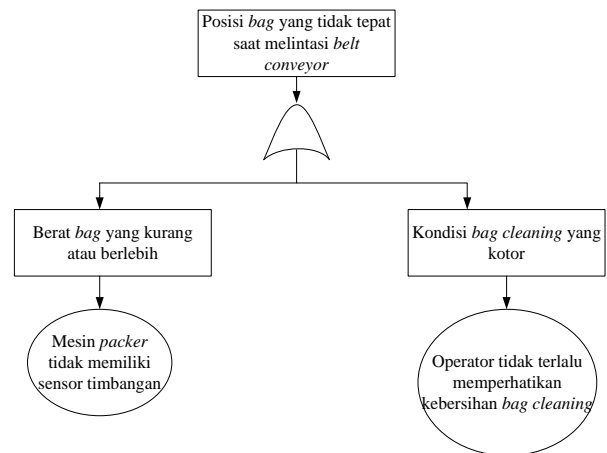
Analyze

Analisis diagram FTA pada penelitian ini akan diprioritaskan untuk mengidentifikasi lebih dalam pada *potensial cause* yang paling dominan. Analisis FTA untuk penyebab kegagalan pada *potensial cause* terbanting oleh operator saat dimuat ke truk dapat dilihat pada **Gambar 1**.

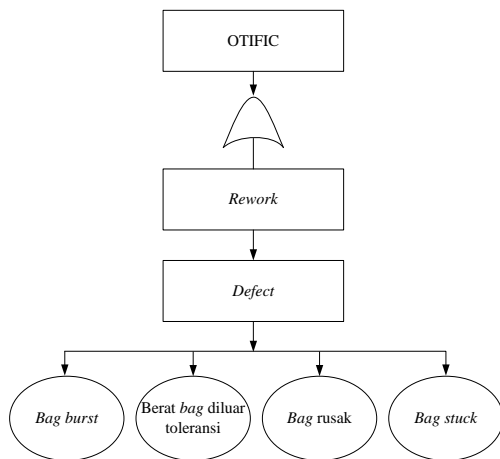
Analisis penyebab kegagalan untuk jenis *potensial cause* posisi *bag* yang tidak tepat saat melintasi *belt conveyor* dapat dilihat pada **Gambar 2**. Analisis penyebab kegagalan untuk jenis *potensial cause* OTIFIC dapat dilihat pada **Gambar 3**. Analisis penyebab kegagalan untuk jenis *potensial cause* antrian dapat dilihat pada **Gambar 4**. Analisis penyebab kegagalan untuk jenis *potensial cause unnecessary motion* dapat dilihat pada **Gambar 5**. Analisis penyebab kegagalan untuk jenis *potensial cause* menghitung ulang jumlah *bag* dapat dilihat pada **Gambar 6**. Analisis penyebab kegagalan untuk jenis *potensial cause* pengulangan proses pengisian dapat dilihat pada **Gambar 7**.



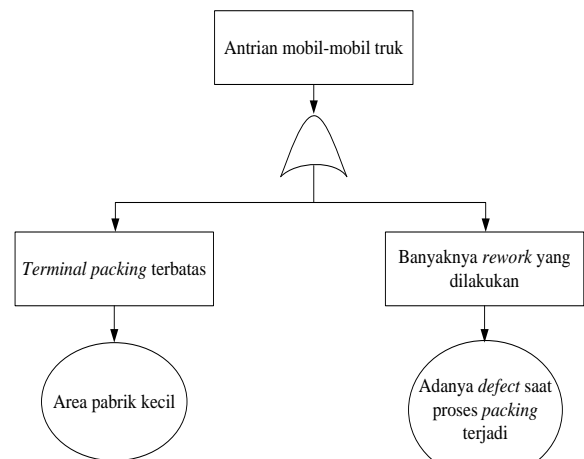
Gambar 1. Analisis *potential cause* dengan FTA



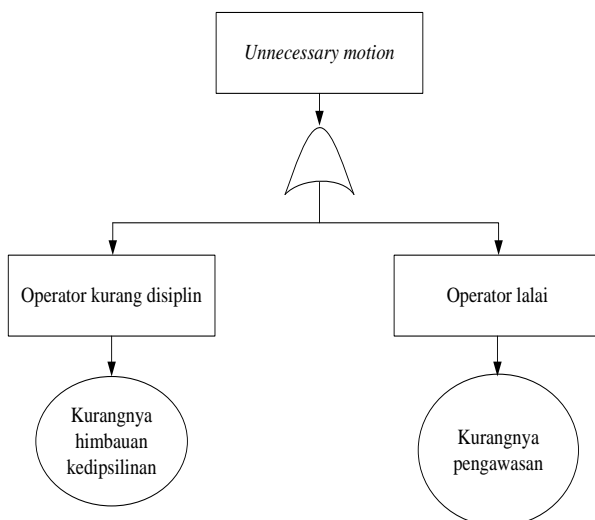
Gambar 2. Analisis *Potential Cause* dengan FTA



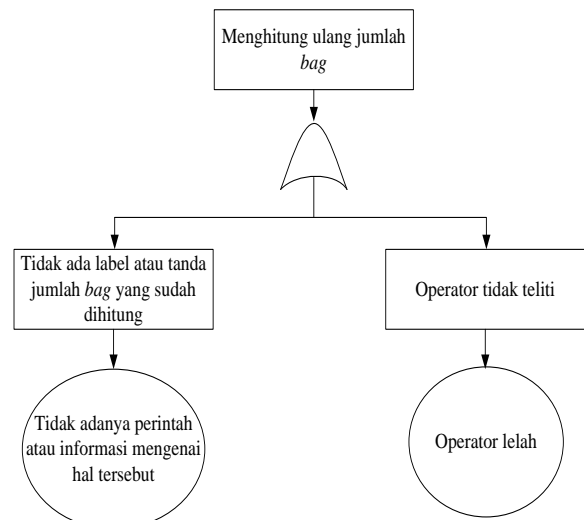
Gambar 3. Analisis *potential cause* dengan FTA



Gambar 4. Analisis *potential cause* dengan FTA



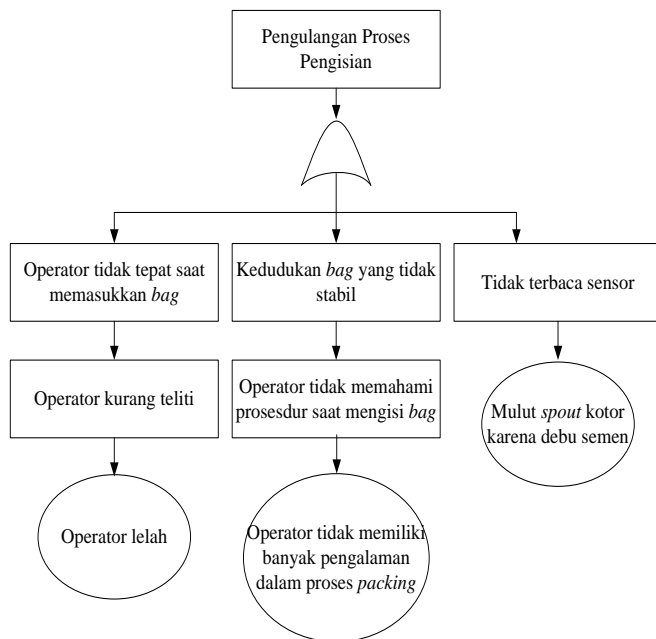
Gambar 5. Analisis *potential cause* dengan FTA



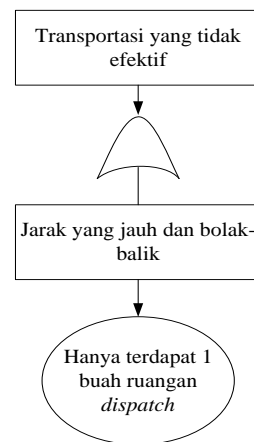
Gambar 6. Analisis *potential cause* dengan FTA

Analisis penyebab kegagalan untuk jenis *potential cause* transportasi yang tidak efektif dapat dilihat pada **Gambar 8**. Analisis penyebab kegagalan untuk jenis

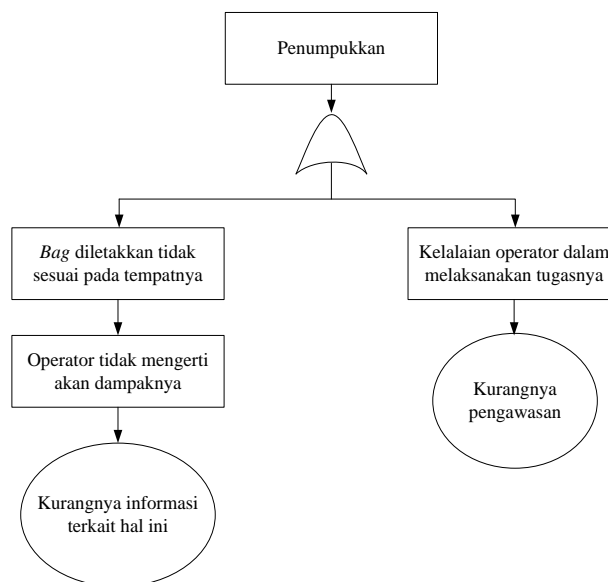
potential cause penumpukkan dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 7. Analisis *potential cause* dengan FTA



Gambar 8. Analisis *potential cause* dengan FTA



Gambar 9. Analisis *Potential Cause* dengan FTA

Improve

Usulan perbaikan yang akan diberikan pada tahapan *improve* menggunakan *tools* diagram PDPC, *tree diagram*, analisa 6S. Berdasarkan penjabaran diagram PDPC (Devani & Amalia, 2018) pada lampiran C, dapat diketahui bahwa usulan-usulan perbaikan yang dapat diterapkan oleh perusahaan adalah usulan dengan simbol O, sedangkan usulan dengan simbol X merupakan usulan yang sulit untuk diterapkan. Usulan perbaikan berdasarkan *tree diagram* (Lampiran D) terbagi menjadi empat jenis, yakni dari faktor peralatan, manusia

(operator), metode kerja dan lingkungan kerja. Faktor-faktor ini diambil berdasarkan keadaan di rantai produksi.

1. Faktor peralatan

a. Melakukan penataan material (*bag*)

Bertujuan untuk membuat rantai produksi menjadi lebih rapi dan teratur, sehingga akan lebih memudahkan operator dalam bekerja.

b. Melakukan *maintenance*

Bertujuan untuk menjaga kondisi mesin dan peralatan lainnya agar tetap terjaga pada kondisi baik.

c. Menyediakan peralatan tambahan di area *packer*

Peralatan tambahan yang dimaksud adalah sensor timbangan otomatis yang diletakkan pada lintasan *belt conveyor* untuk menghindari berat *bag* yang berada di luar batas toleransi.

2. Faktor manusia (operator)
 - a. Membuat standar perekrutan karyawan
Bertujuan untuk mendapatkan karyawan yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan oleh perusahaan.
 - b. Membuat pelatihan kerja
Bertujuan untuk meningkatkan kemampuan karyawan serta meningkatkan motivasi dan disiplin karyawan dalam bekerja.
 - c. Membuat standar perekrutan karyawan
Bertujuan untuk mendapatkan karyawan sesuai dengan kriteria yang diinginkan oleh perusahaan.
 - d. Membuat pelatihan kerja
Bertujuan untuk meningkatkan kemampuan karyawan serta meningkatkan motivasi dan disiplin karyawan dalam bekerja.
 - e. Meningkatkan fasilitas yang dibutuhkan karyawan
Bertujuan untuk memudahkan karyawan dalam melaksanakan tugasnya serta dapat meningkatkan kenyamanan karyawan saat berada di lingkungan kerja.
 - f. Membuat peraturan baru
Bertujuan untuk lebih mendisiplinkan karyawan dalam bekerja agar tidak lalai.
3. Metode kerja
 - a. Memperbaiki SOP kerja
Prioritas perbaikan SOP kerja yakni pada stasiun *packing* dan *loading*. Tujuannya agar kinerja karyawan dan aktivitas kerja di perusahaan menjadi lebih terarah dan efektif.
 - b. Penerapan sistem 6S (*Sort, Stabilize, Shine, Standardize, Sustain* dan *Safety*)
Membuat SOP 6S serta melakukan pengecekan terhadap SOP 6S dengan menggunakan *check sheet* agar segala aktivitas dan masalah penumpukkan *bag-bag* yang terjadi di lantai produksi menjadi lebih terarah dan teratasi dengan solusi yang tepat. *Check sheet* berfungsi untuk melihat sejauh mana penerapan 6S pada perusahaan dapat terealisasi.
4. Lantai produksi (lingkungan)
 - a. Membuat tambahan ruang *dispatch*
Bertujuan agar proses administrasi *weighting in* dan *out* dilakukan pada ruang yang terpisah sehingga waktu proses lebih efektif.
 - b. Memindahkan proses administrasi ke pos 1
Alternatif lain yang dapat dilakukan yakni memindahkan proses administrasi *weighting in* ke pos 1, karena ruangan pada pos 1 lebih besar dan lebih memungkinkan untuk digunakan sebagai tempat administrasi *weighting in*.

Analisa 6S menggunakan formulir analisa 6S untuk menganalisa dan mengaudit implementasi 6S yang dilakukan pada lantai produksi. Formulir ini terdiri dari *sort, stabilize, shine, standardize, sustain* dan *safety*. Perhitungan pada formulir 6S dengan memberikan skor pada tiap pertanyaan yang telah tersedia. Berdasarkan perhitungan skor akhir diperoleh nilai 65,33 % sebelum dilakukannya perbaikan pada lantai produksi (Lampiran E). Menurut (Gaspersz & Avanti, 2011) ada tiga kriteria penilaian untuk penilaian audit. Menurut (Gaspersz & Avanti, 2011) nilai yang berada pada rentang 60 – 79% menandakan bahwa sebuah proses membutuhkan perbaikan. Oleh karena itu, perlu dilakukannya perbaikan seperti penerapan sistem 6S ini pada perusahaan untuk membuat kinerja karyawan dan perusahaan menjadi lebih baik. Selain itu, perlu juga dilakukan evaluasi program 6S secara berkala untuk mengukur efektivitas implementasi program 6S pada perusahaan tersebut.

Control

Tahap *control* yang harus dilakukan membuat SOP khusus untuk program 6S (Lampiran F). SOP ini dibuat dengan berisikan 11 aktivitas kerja yang diuraikan dengan bahasa yang ringkas dan mudah dipahami oleh operator. Tujuan SOP ini adalah untuk membantu penerapan program 6S pada perusahaan agar berlangsung dengan baik dan dapat memberikan dampak positif untuk meningkatkan kondisi yang *lean* pada perusahaan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai perbaikan kualitas produk semen dengan menggunakan metode *Lean Six Sigma*, dapat diambil kesimpulan yakni: Jenis *waste* yang paling berpengaruh terhadap berlangsungnya proses *packing* semen adalah *defect product, OTIFIC, antrian, unnecessary motion, over processing*, transportasi dan penumpukkan. Akar penyebab terjadinya *waste* pada saat proses *packing* semen adalah operator (kurang teliti dan disiplinnya karyawan dalam bekerja, kurangnya *skill* pada operator karena kurangnya pelatihan kerja yang diberikan dan karena kelelahan yang dialami operator), peralatan (kondisi peralatan yang mulai aus, jarang dikalibrasi, dan kurangnya *maintenance* pada peralatan yang ada), metode (SOP kerja yang kurang tepat dan mendetail serta metode kerja yang tidak baik), dan lingkungan (alur transportasi yang bolak-balik karena tata letak yang tidak tepat).

Kegiatan dalam proses pengepakan, terdapat satu kegiatan yang merupakan aktivitas *waste*, yaitu operator *packer 2* menghitung ulang *bag* yang sebelumnya telah dihitung. Usulan tindakan perbaikan dengan menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* yang dapat dilakukan adalah memperbaiki SOP kerja yakni dengan membuat SOP tersendiri untuk stasiun *packing* dengan

lebih mendetail agar tidak menimbulkan *rework* dan pemborosan lainnya di lantai produksi, menerapkan program 6S pada perusahaan, membuat SOP program 6S agar dapat dimengerti maksud dan tujuannya oleh karyawan, melakukan pelatihan kerja serta pelatihan motivasi bagi karyawan (minimal 1 kali per tahun), membuat standar kriteria khusus dalam proses perekrutan karyawan, serta memberikan peningkatan fasilitas yang dibutuhkan oleh karyawan, membuat label atau tanda pada tiap tumpukan *bag*, melakukan *maintenance* secara rutin dan berkala untuk mesin (seperti rutin: *packer, discharge, kompresor, airdryer, blower, belt conveyor, deflector* (plang); berkala: *Airslide, gate, hopper packer, JPF, elevator, vibrating screen, silo, checkhole, ring channel, autoring, scrapper, rotary*), melakukan pengawasan terhadap kinerja karyawan di lantai produksi, dan membuat peraturan baru untuk mendisiplinkan karyawan.

6. Daftar Pustaka

- Abu Bakar, F. A., Subari, K., & Mohd Daril, M. A. (2015). Critical success factors of Lean Six Sigma deployment: a current review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(4), 339–348. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2015-0011>
- Ahmad, Salomon, L. L., & Sari, Y. K. (2016). Implementasi Lean Six Sigma dan Usulan Perbaikan untuk Meminimasi Non Value Added pada Proses Produksi Kertas di PT. Pelita Cengkareng Paper. *Seminar Nasional Teknologi Dan Sains (SNTS) II . Peran Perguruan Tinggi Dalam Pembangunan Berkelanjutan Untuk Kesejahteraan Masyarakat*, 23–24.
- Albliwi, S. A., Antony, J., Arshed, N., & Ghadge, A. (2017). Implementation of Lean Six Sigma in Saudi Arabian Organisations: Finding from a Survey. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(4). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/MRR-09-2015-0216>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Govindan, K., Garza-Reyes, J. A., Benhida, K., & Mokhlis, A. (2017). A framework for the integration of Green and Lean Six Sigma for superior sustainability performance. *International Journal of Production Research*, 55(15), 4481–4515. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1266406>
- Devani, V., & Amalia, N. (2018). Peningkatan Kualitas Semen “X” dengan Metode Six Sigma di Packing Plant PT . XYZ. *Jurnal Teknik Industri*. 8(1), 1–11.
- Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program SIX SIGMA Terintegrasi dengan ISO 9001: 2000, MBNQA, dan HACCP*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V., & Avanti, F. (2011). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industry*. Bogor: Vinchristo Publication.
- Indrawati, S., & Ridwansyah, M. (2015). Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 4(Iess), 528–534. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.072>
- Munandar, A., & Permana, D. S. (2019). Analisis Waste Produksi Celana Dengan Metode Lean Six Sigma Pada Area Sewing Line 5 Di PT. XYZ. *ReTIMS*, 1(2), 89–95.
- Munawaroh, A., & Singgih, L. (2017). Reduksi Produk Cacat pada Produksi Benang. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2).
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way-How GE, Motorola, and other Top Companies are Hning Their Performances*. Yogyakarta: ANDI.
- Sanny, A. F., Mustafid, & Hoyyi, A. (2015). Implementasi Metode Lean Six Sigma sebagai Upaya Meminimalisasi Cacat Produk Kemasan Cup Air Mineral 240 ml. *Jurnal Gaussian*, 4, 227–236.
- Sutalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., & Tjakraatmadja, J. H. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB.
- Trehan, R., Gupta, A., & Handa, M. (2019). Implementation of Lean Six Sigma framework in a large scale industry: A case study. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 11(1), 23–41. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2019.098710>
- Wardhana, W., Harsono, A., & Liansari, G. P. (2015). Implementasi Perbaikan Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma untuk Mengurangi Jumlah Cacat Produk Sajadah pada Perusahaan PT. Pondok Tekstil Kreasindo. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 03(01), 85–96.
- Zhang, Z. H., & Awasthi, A. (2016). A DMAIC-based methodology for improving urban traffic quality with application for city of Montreal. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 10(1), 24–49. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2016.080449>