

IMPROVING THE QUALITY OF MANUFACTURING PRODUCTS WITH THE APPLICATION OF LEAN SIX-SIGMA

H Harisupriyanto¹⁾, Yudha Prasetiawan²⁾, M Ferdian Rahma Supriyanto³⁾

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya

Kampus Keputih Sukolilo Surabaya 60111

Email : ¹hariqive@yahoo.com

Abstract

Product quality is an important factor that underlies the consumer's decision to choose the desired product and service. Quality can initially be determined by the company, but in subsequent developments, quality planning must pay attention to the wants and needs of consumers. In providing excellent service to customers, the company needs to apply the concept of lean thinking, intending to reduce waste. A methodology is needed that can reduce product variations, and production process errors with the Six Sigma methodology. The second application is often called Lean Six Sigma. This paper aims to improve the quality of fluid carrier tank products. The number of defective products, mainly on welding, cutting and bending process, so rework is needed that causes companies to suffer losses. The company expects to reduce product defects by less than 5%. The welding, cutting and bending process are the highest contributor to defective products, so that process improvement is limited to these processes. The process of welding, cutting and bending process is considered a major problem, so the main concern for quality improvement is for the main problem. Sigma, the initial welding, cutting and bending process in sequence is quite good. The target to be achieved is to increase the sigma value of both processes. The alternative is chosen, namely creating and supervising SOPs, and training to improve the skills, knowledge, and abilities of each employee. These alternatives can increase the sigma value from the initial conditions from 2.93 to 3.20. The increase in sigma value indicates a decrease in the level of defects per million opportunities (DPMO).

Keywords: *lean, waste, Sigma, defect, DPMO.*

1. Pendahuluan

Kebutuhan pasar dan konsumen yang semakin dinamis, dengan pertumbuhan ekonomi akhir-akhir ini adalah peluang besar untuk memanfaatkan keunggulan bersaing. Bagi perusahaan meningkatkan skala ekonomi adalah basis untuk mendapatkan margin keuntungan, dan menjadikan daya saing sebagai momentum untuk memacu pertumbuhan produksi [1]. Pertumbuhan produksi yang meningkat diharapkan dapat menstimulus perkembangan sumber daya manusia, teknologi dan mengatasi masalah tenaga kerja. Dibutuhkan pemikiran untuk membangun keunggulan kompetitif, yang menjadi dasar baru bagi peningkatan daya saing bisnis [2]. Rangkaian aktivitas kualitas dapat dikategorikan sebagai sebuah *domain problem* yang sangat kompleks. Ini dapat dimulai dari aspek material sampai produk siap untuk dikirimkan ke konsumen. Kerumitan permasalahan ini akan mengarah pada kesalahan/ cacat produk atau kesalahan di dalam pengelolaan kualitas produk, apabila dari awal proses tidak mendapat perhatian serius secara integratif dan komprehensif [3;4]. Penggambaran proses pelayanan, biasanya dilakukan melalui pengkajian pemetaan proses. Pemetaan ini berupa pemetaan yang mencakup proses sejak pertama kali material dibeli sampai terselesainya proses menjadi produk atau jasa [5;6]. Bahkan setelah transaksi terselesaikan masih terdapat pelayanan yang dapat dikategorikan sebagai *after sales service*.

Program kontrol kualitas mengamanatkan pelatihan karyawannya dalam semua aspek di dalam proses organisasi. Setiap proses bisnis yang menggabungkan kualitas dengan Six Sigma harus disempurnakan secara berkesinambungan dan proses ini membutuhkan pelatihan [7].

Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, yang dengan aktivitas tersebut dapat diukur ciri-ciri kualitas dari produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standart [8; 9]. Untuk itu perusahaan dituntut dapat menghasilkan kualitas produk yang konsisten agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Pengawasan terhadap produk mutlak dilakukan sebagai jaminan pada konsumen bahwa produk yang diterima konsumen memiliki mutu yang selalu baik. Proses ini termasuk di dalam kegiatan pengendalian kualitas [10].

Penelitian ini akan memberikan solusi terhadap permasalahan kualitas produk furniture. Dengan mengedepankan peranan perbaikan yang berkesinambungan (*continuous improvement*). Untuk itu dicoba untuk mengidentifikasi *system* atau *quality requirements* dari domain problem dengan tujuan menentukan prioritas perbaikan [11; 12]. Adapun tujuannya adalah identifikasi *waste* yang paling berpengaruh, dan memberikan usulan perbaikan yang bertujuan untuk mereduksi terjadinya *waste*

2. Metodologi Penelitian

Siklus *Six-Sigma* dipakai untuk membangun *continous process improvement*. Siklus yang dipakai adalah *Define, Measure, Analysis* dan *Control* seperti ditunjukkan pada gambar 1.

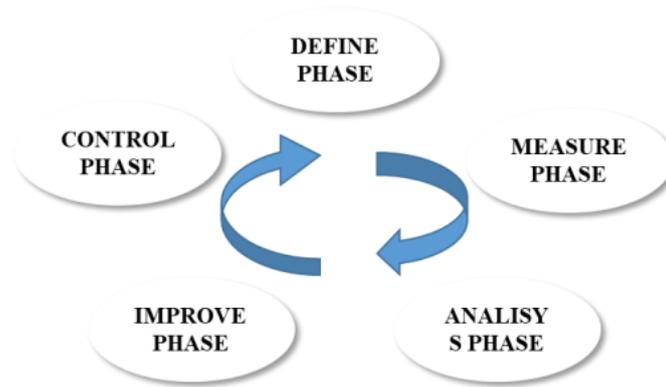
Define phase dimulai dengan pembuatan peta aliran proses dengan *value stream mapping* (VSM), untuk mengetahui proses yang mengindikasikan permasalahan. Ini didukung oleh *voice of customer* (VOC). Metoda yang dipakai untuk menentukan problem adalah dalam bentuk *waste* (pemborosan) di sepanjang aliran proses produksi. Yang menjadi acuan untuk perbaikan adalah pendekatan *lean thinking/ manufacturing*. *Lean manufacturing* merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste* melalui perbaikan yang berlanjut dari produk untuk memenuhi permintaan konsumen secara sempurna.

Measure phase dimulai dengan mengukur tingkat kinerja sekarang dengan *defect per million opportunities* (DPMO) dan nilai *sigma*. *Analisis phase* dimulai dengan mencari dan menentukan penyebab dari suatu masalah. Selanjutnya akar utama suatu permasalahan dapat dianalisis menggunakan diagram sebab akibat, *root cause analisis* (RCA) dan *failure modes and effect analysis* (FMEA).

Improvement phase diperoleh dari nilai *risk priority number* (RPN) dari FMEA. Merupakan fase meningkatkan proses dan menghilangkan sebab-sebab timbulnya cacat. Setelah sumber-sumber penyebab masalah kualitas dapat diidentifikasi, maka dapat dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas.

Control phase merupakan dokumentasi dari hasil-hasil peningkatan kualitas dan disebarluaskan. Hasil-hasil yang memuaskan dari proyek peningkatan kualitas *sigma* harus distandarisasikan, dan selanjutnya dilakukan peningkatan terus menerus. Seluruh fase tersebut dapat dilihat pada siklus *dmaic*, gambar 1.

Lean manufacturing adalah suatu strategi untuk dapat berproduksi pada level yang tinggi dengan persediaan yang minimal. *Eight waste* dipilih untuk menjadi runutan mencari *critical waste*.



Gambar 1. Siklus DMAIC

Waste dapat diidentifikasi sebagai *idle time* yang terjadi selama proses terjadi dan tidak mempunyai nilai tambahnya. Strategi yang benar dari *lean manufacturing* adalah dapat mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas. Kekuatan dari kedua konsep ini disinergikan menjadi satu konsep yang tertintegrasikan yaitu Konsep *Lean Six Sigma* [9; 13].

Pemikiran *Lean Six Sigma* perlu disebarluaskan ke seluruh bagian tanpa memandang tipe industri atau tipe kegiatan [14; 15]. Dengan demikian *Lean Six Sigma* dapat diterapkan dalam semua proses. *Lean Six Sigma* yang diterapkan dalam industri manufaktur akan menjadi *Lean Six Sigma Manufacturing*. Keterkaitan kedua konsep dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Keterkaitan *Lean* dan *Six Sigma*

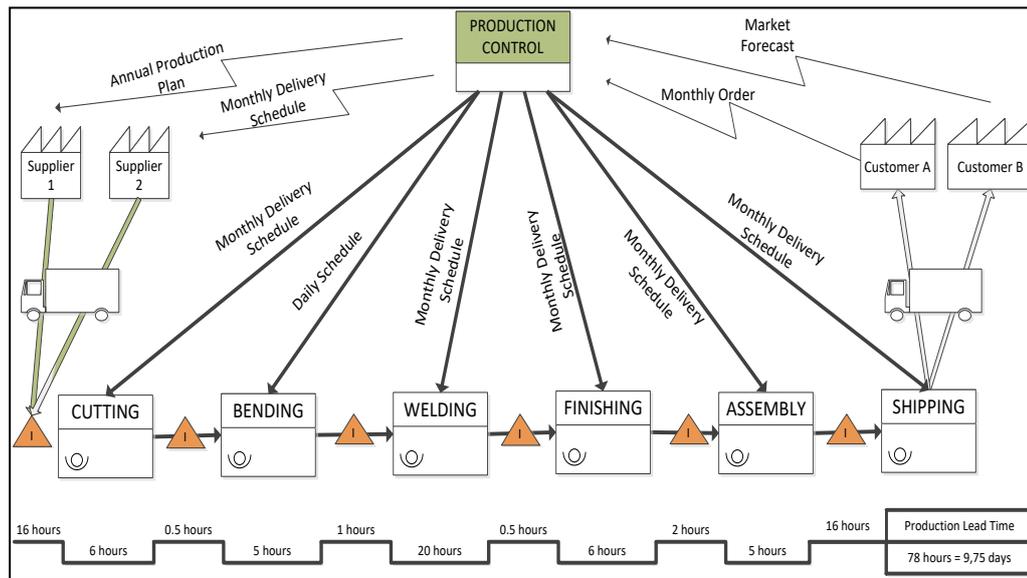
Tahapan terpenting adalah mencari penyebab munculnya *critical to quality* (CTQ) yang merupakan problem utama. *Tools* yang digunakan adalah *Roots Cause Analysis-RCA* [16; 17], dan *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*. Setelah itu dilakukan penyusunan rancangan perbaikan untuk mengurangi kegagalan pada proses. Penetapan usulan perbaikan didasarkan pada nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi [18; 19]. Selanjutnya *FMEA* digunakan untuk mengidentifikasi tindakan-tindakan korektif.

3. Hasil dan Pembahasan

Produk amatan yang dianalisis adalah proses pembuatan tangki. Tangki digunakan untuk mengangkut muatan yang bersifat cair (*liquid*). Ukuran kapasitas tangki truk yang diproduksi pun berbeda-beda mulai dari 5000 liter, 7000 liter, dan 8000 liter. Proses produksi tangki truk dibagi menjadi enam tahap yaitu proses *cutting*, *bending*, *welding*, *finishing*, *assembly* dan *shipping*. Proses produksi tersebut dapat digambarkan dalam bentuk *value stream mapping*, seperti pada gambar 3. Proses produksi tangki mempunyai total *lead time* selama 76 jam atau 9,62 hari. Berdasarkan hasil pengamatan, masih banyak ditemukan *non value added activity* yang mengindikasikan pemborosan (*waste*) terutama pada proses *welding*, *cutting* dan *bending*.

Tahap awal dari siklus DMAIC adalah *define* (D). Dari data historis yang berhubungan dengan *repair/ rework* proses dari departemen produksi di perusahaan maka dapat dilihat bahwa persentase terjadinya produk cacat lebih dari 5% dari total produksi perusahaan. Angka ini dianggap perusahaan adalah cukup besar mengingat biaya *rework* yang harus dikeluarkan perusahaan selama ini cukup besar pula. Oleh sebab itu diperlukan suatu tindakan perbaikan

secara kontinu-terus menerus untuk mengurangi persentase cacat yang terjadi dengan tujuan untuk mereduksi biaya dan mencapai *zero defect* [1].



Gambar 3. VSM proses pembuatan tangki

Untuk mengetahui sistem produksi secara keseluruhan dapat dilakukan dengan cara memvisualisasikan aliran informasi dan aliran material ke dalam *mapping*. Salah satu *mapping* yang dipakai untuk menggambarkan sistem produksi adalah pembuatan *Big Picture Mapping* (BPM). Kecacatan biasanya disebabkan oleh aktifitas atau proses yang tidak sesuai atau sering digambarkan karena adanya *waste*, di sepanjang proses produksi. *Lean manufacturing* merupakan sebuah konsep berpikir dalam manufaktur untuk mengurangi terjadinya *non value added activity*. Konsep ini mengarahkan setiap pelaku bisnis dunia manufaktur untuk mengklasifikasikan terlebih dahulu aktivitas-aktivitas di sepanjang proses. Sementara itu tipe aktivitas dalam organisasi [14; 20] dapat diklasifikasikan dalam aktifitas yang *value adding* (VA), *necessary but not value adding* (NNVA), dan *non value adding* (NVA).

Bila seluruh aktifitas dihubungkan dengan proses maka seluruh aktifitas tersebut dapat diklasifikasikan pada ketiga aktifitas tersebut. Untuk menganalisa performansi manufaktur perusahaan, diperlukan sebuah pengukuran yang berbasis KPI (*Key Performance Indicator*). Indikator dalam pengukuran KPI ini dapat merepresentasikan hasil operasi manufaktur. Terdapat enam indikator yaitu produktifitas, kualitas, biaya, pengiriman, *safety*, dan moral. Namun KPI yang digunakan dibatasi hanya pada 4 (empat) pengukuran indikator yaitu produktifitas, kualitas, biaya, dan *safety*.

Setelah dilakukan pengklasifikasian aktivitas diperoleh hasil akhir dimana *value added activity* adalah 22%, *necessary but non value added activity* yaitu 44% dan *non value added activity* adalah 34%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses produksi tangki masih banyak mengandung *non value added activity*. Aktivitas *non value added* ini mengindikasikan adanya *waste*.

Secara garis besar *non value added* yang terjadi pada proses *welding*, seperti *welding* dilakukan berulang-ulang. Pada proses *cutting* terdapat tiga aktivitas *non value added*; pemotongan dan pengecekan ulang pada material yang sedang diproses, membersihkan *scrap* dan menata ulang material yang tidak terpakai. Sedangkan pada proses *bending*, terjadi proses *rework* terhadap tingkat kelengkungan material. Aktivitas *non value adding* adalah aktivitas yang bersifat boros (*waste*).

Aktifitas ini yang menyebabkan kecacatan produk yang dihasilkan. Untuk itu diperlukan sebuah cara agar *nonvalue adding activity* dapat direduksi. Apabila *nonvalue adding activity* dapat dikurangi maka tujuan utama berupa *lead time* proses/ produksi akan menjadi lebih pendek.

Identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan 4 KPI produksi yang telah ditetapkan yaitu produktivitas, kualitas, biaya dan *safety*. Identifikasi *waste* berpatokan pada sembilan tipe *waste*, yaitu *E-DOWNTIME waste*. Jenis *waste* ini meliputi *Environmental, Healthy, and Safety (EHS), Defect, Over Production, Waiting, Not utilizing employee, Transportation, Inventory, Motion, dan Excess/ over processing*.

Indikator produktivitas lebih menekankan pada efisiensi selama proses produksi. Identifikasi pengelompokan *waste* yang tergolong dalam KPI produktivitas antara lain *defect, waiting, not utilizing employee, motion* dan *Excess/ over processing*.

Waiting waste merupakan jenis pemborosan karena aktivitas menunggu. Ini berhubungan dengan kejadian *downtime* mesin yang menyebabkan proses produksi tertunda. Kejadian *downtime* dalam sebuah perusahaan dapat dibagi menjadi dua yaitu *planned downtime* dan *unplanned downtime*.

Over processing merupakan jenis pemborosan karena langkah-langkah proses yang lebih panjang dari yang seharusnya. Termasuk dalam *waste* ini yaitu aktivitas yang dilakukan secara berulang-ulang (*rework*). Terjadi proses *rework* terhadap 3 proses produksi tangki yaitu pada proses *cutting, bending, dan welding*. Dengan rata-rata proses total waktu *rework* yang terjadi yaitu 16.25 jam.

Indikator kualitas merupakan KPI yang berhubungan dengan spesifikasi dari *customer*. Indikator kualitas diukur berdasarkan jumlah *defect*. Dimana semakin banyak *defect* dapat diklasifikasikan dalam kualitas yang rendah dan sebaliknya.

KPI biaya merupakan indikator yang mengukur seluruh biaya produksi dan operasional perusahaan. Dalam perhitungan KPI biaya, pengukuran dapat dilakukan pada *over production, transportation* dan *inventory waste*. *Over production* merupakan jenis pemborosan yang terjadi karena produksi melebihi kuantitas. Pengukuran *waste* ini dilakukan berdasarkan aktivitas logistik. *Waste* ini diukur dari tingkat keterlambatan *delivery* kepada pelanggan. Pengukuran *inventory waste* berhubungan dengan *warehousing* mulai dari material masuk sampai material keluar dari *warehouse*.

Pengukuran indikator *safety* dapat dilakukan dengan menghitung seberapa banyak kecelakaan kerja selama produksi. KPI *safety* berhubungan dengan *environmental, health and safety (EHS) waste*.

Waiting waste ditentukan berdasarkan *downtime* mesin. Tahapan awal yaitu menghitung nilai sigma terhadap *waiting*. *Sigma waiting* dihitung terhadap total waktu *waiting* terhadap total waktu produksi secara keseluruhan.

Diperoleh bahwa total waktu *unplanned downtime* yang terjadi selama delapan periode produksi yaitu 48 jam adalah 416 jam. Dengan demikian persentase sebesar 11.47 %. Berdasarkan perhitungan nilai *sigma*, untuk *sigma waste waiting* sebesar 3.27. Selanjutnya untuk menentukan biaya karena *waiting waste* berdasarkan pada biaya bertambahnya tenaga kerja karena bertambahnya waktu produksi. Diketahui bahwa total kerugian *downtime mesin* sebesar Rp 919.420.

Pengukuran *Over processing waste* berdasar pada jumlah *rework* yang terjadi selama proses produksi. *Rework* terjadi pada proses *cutting, bending, dan welding*. Berdasarkan waktu *rework*, persentase terjadinya *rework* yaitu sebesar 25 % dari total *production time* 498 jam selama 8 periode produksi. Berdasarkan perhitungan *sigma* diperoleh bahwa nilai *sigma* pada *waste Over processing* pada aktivitas *rework* yaitu sebesar 3.47. Biaya kerugian yang ditanggung oleh pihak perusahaan yaitu sebesar Rp 3.831.494.

Pengukuran *defect waste* berdasar pada jumlah *defect* yang terjadi selama proses *welding* yaitu sebesar 30%. Nilai *sigma* pada *defect waste* sebesar 2.93. Biaya kerugian yang ditanggung akibat terjadinya *defect* pada proses *welding* yaitu sebesar Rp. 1.414.705

Pemilihan terhadap *waste* menunjukkan bahwa *Excess/ over processing waste* merupakan *waste* yang memiliki kerugian finansial yang paling besar yaitu sebesar Rp 3.831.494 selanjutnya *waste defect* dengan kerugian sebesar Rp 1.414.705 dan yang terakhir merupakan *waste waiting* dengan kerugian finansial sebesar Rp 919.420.

Penyebab *waiting waste* berdasarkan *downtime* mesin. Dari *pareto-chart* diperoleh bahwa yang paling berpengaruh yaitu proses *welding* dan *cutting* menunjukkan kontribusi 80% terhadap terjadinya proses *waiting*. Tabel 4. menunjukkan proporsi *waste*.

Tabel 1. Peringkat *waste* berdasarkan proporsinya

jenis <i>waste</i>	%	jenis <i>waste</i>	%
<i>Excess/ Over processing</i> (proses berlebih)	25	<i>Underutilized human</i> (kinerja tidak maksimal)	8
<i>Defects</i> (cacat produk)	23	<i>Movement</i> (gerakan operator)	7
<i>Waiting</i> (waktu tunggu)	18	<i>Unnecessary inventory</i> (inventory berlebih)	6
<i>Transportation</i> (perpindahan)	8	<i>Over production</i> (kelebihan)	5

Dari tabel di atas diambil 3 (tiga) *critical waste* yang menjadi dasar untuk *continous process improvement*. Tiga *critical waste* tersebut adalah *overprocessing waste*, *defects waste* dan *waiting waste*.

Selanjutnya dibuat *root cause analysis* terhadap terjadinya *downtime* pada mesin *cutting* dan mesin *welding*. Selanjutnya dianalisis seluruh *downtime* dalam *Root Cause Analysis(RCA)* untuk mengetahui sebab terjadinya *downtime*, seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. *Root Cause Analysis Downtime* Mesin Produksi

Waste	Subwaste	Why-1	Why-2	Why-3	Why-4	Why-5
Waiting	Downtime Cutting	Komponen elektronik rusak	Elemen listrik hangus	Kemampuan mesin pemotong kurang	Daya mesin kurang	Pemilihan Daya mesin
			Konsleting	kejutan arus	stabilizer tidak ada	Kesalahan operator
			Motor rusak	Transmission rusak	poros spindel kotor	poros spindel tidak dibersihkan
		Motor rusak	Control tidak berfungsi	Kerusakan komponen panel	Kurangnya maintenance	
		Downtime Welding	Kerusakan kabel	Sistem kendur	Benturan	Penempatan mesin tidak sesuai
	Travo converter daya hangus		Suhu tidak stabil	pendinginan rusak	Sirkulasi tidak baik	debu kipas tidak dibersihkan
			Hubungan pendek	Mesin las terkena air	Penempatan mesin tidak sesuai	
				Debu scrap yang menumpuk	tidak member sihkan debu	

Akar penyebab *defect waste* dicari dari proses *welding*. Jenis *defect* yang terjadi pada proses *welding* diklasifikasikan menjadi dua jenis *defect* yaitu *defect* karena keretakan dan karena keropos pada hasil pengelasan. Dari penelusuran kecacatan dapat ditentukan bahwa

proses pengelasan adalah proses yang menghasilkan produk cacat terbesar sehingga perbaikan akan dipusatkan pada proses ini.

Tabel 3. *Failure Mode and Effect Analysis Defect Waste*

Waste	Potential Failure Mode	Potential Effect	Severity	Potential Causes	Occurance	Control	Detection	RP N
Defect	Hasil pengelasan retak	Hasil pengelasan <i>reject</i> dan harus dilakukan proses pengelasan ulang	5	tidak melakukan pemeriksaan kandungan karbon elektroda	5	Analisa lebih lanjut	5	125
			5	Kemampuan operator masih kurang	4	Inspeksi visual	4	80
			5	Pengetahuan operator kurang	6	Control lapangan	6	180
			5	Skill operator kurang dalam pengelasan	6	Control lapangan	5	150
			5	Kesalahan setting mesin las	4	Control lapangan	4	80
	Hasil pengelasan keropos	<i>Hasil pengelasan reject</i> dan dilakukan pengelasan ulang	5	Operator lupa membersihkan	5	Inspeksi visual	5	125
			5	Kesalahan pemi lihan elektroda	5	Analisa lanjut	5	125
			5	Kesalahan setting arus las	5	Control lapangan	5	125

Dari timbulnya kecacatan maka dapat ditetapkan *Critical to Quality* (CTQ) untuk tiap proses yang kritis yaitu hasil pengelasan keropos dan hasil pengelasan keropos. Dengan telaah kecacatan di atas indikasi kecacatan dapat ditelusuri dari seluruh aktifitas *nonvalue adding* yang menyertainya. Aktifitas ini dalam konsep *lean* adalah merupakan *waste* (pemborosan).

Untuk perhitungan sigma level dan DPMO untuk proses pengelasan, dilakukan dengan bantuan *SPC Wizard's Sigma Calculator*. Jumlah produk cacat yang digunakan adalah semua produk yang dinyatakan cacat sesuai dengan standard kualitas yang ditetapkan oleh perusahaan. Dari tabel 3 ditunjukkan bahwa jumlah CTQ yang digunakan pada proses pemotongan sebanyak 2 CTQ, yaitu pengelasan retak dan pengelasan keropos.

Tabel 4. Konversi DPMO ke nilai *Sigma*

Presentase yang memenuhi spesifikasi	DPMO	<i>Sigma</i>
30,9 %	690.000	1
69,2 %	308.000	2
93,3 %	66.800	3
99,4 %	6.210	4
99,98 %	320	5
99,9997 %	3,4	6

Untuk perhitungan DPMO, data-data yang dibutuhkan adalah jumlah produk yang cacat (*defects*), jumlah produk yang diperiksa (*units inspected*) dan banyaknya CTQ penyebab kecacatan (*opportunities per unit*).

$$DPMO = \frac{\text{Banyaknya produk cacat}}{\text{Banyaknya produk yang diperiksa} * CTQ \text{ potensial}} * 1\,000\,000$$

Dari perhitungan diperoleh bahwa *sigma* awal adalah 2,93 ini menunjukkan prosentase produk yang memenuhi spesifikasi yang diharuskan adalah sekitar 93%, dan nilai *Defect per million Opportunities* adalah 69 000.

DPMO mengindikasikan berapa banyak kesalahan muncul jika sebuah aktivitas diulang sebanyak sejuta kali [3]. Jika dalam perhitungan 6 *sigma*, dinyatakan bahwa perhitungan DPMO sebanyak 3,4 maka artinya dari produksi satu unit produk dalam prosesnya hanya memiliki 3,4 kali kesempatan untuk mengalami kegagalan. Perhitungan DPMO adalah sebagai berikut :

Berdasarkan pada analisa yang terdapat di FMEA, terdapat 3 alternatif yang mungkin dapat digunakan untuk melakukan *improvement* yaitu,

1. Pembentukan tim pembuatan SOP,
2. Penjadwalan *maintenance* mesin produksi dan
3. Pelatihan untuk meningkatkan *knowledge, skills and abilities* operator.

Terdapat tiga kriteria yang digunakan dalam penilaian keseluruhan alternatif yang mungkin dapat digunakan untuk dilakukan *improvement*, yaitu:

1. produktivitas,
2. kualitas dan
3. *Cycle Time*

Dari ketiga alternatif di atas, secara keseluruhan memiliki delapan kombinasi alternatif perbaikan yang dapat di-*generate* kan dan dipilih oleh perusahaan. Selanjutnya untuk memilih alternatif terbaik dilakukan pendekatan *value* dengan mempertimbangkan dua faktor yaitu *performance* dan *cost*.

Bila seluruh solusi di atas dipakai sebagai dasar untuk membangun alternatif dan kombinasinya maka dapat dibuat 8 alternatif dan kombinasi alternatif yang berbeda. Setiap alternatif dapat ditelusuri berapa biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan alternatif tersebut. Pada saat yang sama ketika alternatif dan kombinasi alternatif sudah terbentuk maka dibutuhkan penilaian performansi dari para ahli. Untuk menilai tiap alternatif dan kombinasinya ditentukan kriteria-kriteria penilaian. Setiap alternatif mempunyai komponen biaya dan performansi. Untuk memilih alternatif yang mungkin untuk dijalankan maka antara performansi dan biaya dipertimbangkan bersama-sama [17]. Tabel 5 menggambarkan alternatif yang mungkin untuk dijalankan dengan mempertimbangkan dua sisi yaitu biaya dan performansi.

Tabel 5. *Value* Pemilihan Alternatif

Alternatif	Bobot KPI			<i>Performance</i>	<i>Cost (Rp.)</i>	<i>Value</i>
	<i>Productivity</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>			
	0,4	0,3	0,3			
0	12	13	15	13,2	123.015.685	1
1	21	18	19	19,5	140.015.685	1,2978
2	19	18	20	19	131.015.685	1,3512
3	20	20	18	19,4	128.861.764	1,4030
1,2	20	17	20	19,1	148.015.685	1,2026
1,3	24	22	21	22,5	145.861.764	1,4378
2,3	19	22	22	20,8	136.861.764	1,4161
1,2,3	22	22	19	21,1	153.861.764	1,2780

Kombinasi alternatif 1 dan 3, berdasarkan perhitungan pada pendekatan *value*, yang paling tinggi diperkirakan akan dapat mereduksi *cost* seiring dengan penurunan *rework* dan *defect product*. Alternatif yang diajukan yaitu pembuatan dan pengawasan SOP, serta pengadaan pelatihan untuk meningkatkan *skills, knowledge, and abilities* setiap karyawan. Pada perhitungan awal, *cost* yang ditimbulkan akibat *rework* adalah Rp 3.831.494 sedangkan setelah dilakukannya kombinasi alternatif 1 dan 3, *cost* yang ditimbulkan adalah Rp 2873620,5 sehingga terjadi reduksi *cost* sebesar Rp 957 873,5 atau reduksi biaya 25%.

Berdasarkan nilai *sigma* awal dari *defect* adalah 2,93 dan *defect per million opportunities* (DPMO) sebesar 69 000 dan *sigma* setelah pelaksanaan kobinasi alternatif 1 dan 3 mempunyai nilai *sigma* sebesar 3,20 dengan *defect per million opportunities* (DPMO) sebesar 46 000; terjadi peningkatan nilai *sigma* terhadap *Defect waste* sebesar 0,27, dan terjadi penurunan nilai DPMO.

Bila penurunan *defect per million opportunities* (DPMO) ini ternyata belum dapat menutup biaya yang harus dikeluarkan untuk *improvement* maka strategi perbaikannya perlu untuk dirubah. Artinya diperlukan biaya yang lebih rendah untuk melakukan *improvement*.

Dari tabel di atas pengambilan keputusan terakhir, tergantung pada menejemen yang akan menjalankan perbaikan proses. Dengan perbaikan proses yang terus menerus (*continous process improvement*) diharapkan nilai *sigma* akan semakin baik.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Terdapat tiga *waste* yang muncul dan sering terjadi adalah *over processing, defect, waiting waste*.
2. Alternatif terpilih untuk melakukan *mprovement* yaitu pembuatan tim dan pengawas SOP serta pengadaan pelatihan guna meningkatkan kemampuan dan keterampilan tenaga kerja.
3. Terjadi kenaikan *sigma* dari *sigma* 2.70 menjadi 3.20 dan terjadi reduksi *cost* sebesar 25%

Daftar Pustaka

- [1] Timans, W., Ahaus, K., van Solingen, R., Kumar, M., & Antony, J. (2016). Implementation of continuous improvement based on Lean Six Sigma in small-and medium-sized enterprises. *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(3-4), 309-324.
- [2] Desai, D., & Prajapati, B. N. (2017). Competitive advantage through Six Sigma at plastic injection molded parts manufacturing unit: A case study. *International journal of lean six sigma*, 8(4), 411-435.
- [3] Cavanagh, R.R., Peter, S.P., and Robert, P.N. (2002). *The Six Sigma Way*, Penerbit Andi, Jogjakarta
- [4] Evan, J.R. dan Linsay, W.M. (2007). Pengantar Six Sigma; *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat.
- [5] Antony, J., Kumar, M., & Madu, C. N. (2005). Six sigma in small-and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(8), 860-874.
- [6] Albliwi, S. A., Antony, J., & Lim, S. A. H. (2015). A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, 21(3), 665-691.
- [7] Deolia, P., Verma, P. L., & Bajpai, L. The Contribution of Total Quality Management And Six Sigma to Achieve the Success in Terms of Quality.
- [8] Pyzdek, T. (2002). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Greenbelts, Black belts, and Managers at all Levels*, Tucson, Quality Publishing, Inc

- [9] Rathilall, R., & Singh, S. (2018). A Lean Six Sigma framework to enhance the competitiveness in selected automotive component manufacturing organisations. *South African journal of economic and management sciences*, 21(1), 1-13.
- [10] Girmanová, L., Šolc, M., Kliment, J., Divoková, A., & Mikloš, V. (2017). Application of Six Sigma using DMAIC methodology in the process of product quality control in metallurgical operation. *Acta technologica agriculturae*, 20(4), 104-109.
- [11] Bhote, K. R. (2003). *The power of ultimate Six Sigma: Keki Bhote's proven system for moving beyond quality excellence to total business excellence*. AMACOM Div American Mgmt Assn.
- [12] Antony, J. (2011). Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(2), 185-190.
- [13] Gaspersz, V. (2007). *Lean Six Sigma*. Gramedia Pustaka Utama.
- [14] Hines, P., & Taylor, D. (2000). Going lean. *Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School*, 3-43.
- [15] Baker, B. (2003). Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality With Lean Speed. *Quality Progress*, 36(10), 96.
- [16] Andersen, B., & Fagerhaug, T. (2006). *Root cause analysis: simplified tools and techniques*. ASQ Quality Press.
- [17] Supriyanto, H., & Maftuhah, D. I. (2017). A lean Six-Sigma manufacturing process case study. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 8(7), 498-509.
- [18] *DaimlerChrysler Corporation; Ford Motor Company; General Motors Corporation* (July 2001). *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Reference Manual*
- [19] FMEA Worksheet, <URL:
www.ad12.k12.co.us/Quality/dokuments/FMEAWorksheet.pdf>
- [20] Dighe, S. B., & Kakirde, A. (2014). Lean manufacturing implementation using value stream mapping: A case study of pumps manufacturing company. *International Journal of Science and Research*, 3(6), 2492-2498.