

## PEMILIHAN ALTERNATIF PENINGKATAN PERFORMANSI PRODUKSI BERDASAR LEAN SIX-SIGMA INITIATIVE

Hari Supriyanto<sup>1</sup>, Putu Dana Karningsih<sup>2</sup>, M. Ferdian Rahma Supriyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Department of Industrial and System Engineering, Faculty of Industrial Technology,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

e-mail : <sup>1</sup>hariqive@ie.its.ac.id, <sup>2</sup>dana@ie.its.ac.id, <sup>3</sup>ferdian.work@gmail.com,

### ABSTRACT

Recently, market competition is getting tougher which requires better product quality. This condition will be more difficult if it is related to the higher demand for products. Processing resources that are increasingly efficient and effective need to be continuously worked on. If the production process stops, it will cause significant financial losses. Some activities are non-value-added, and these activities cause losses. Lean six sigma (LSS) is a way to explore the causes of waste or losses. Some of the tools used to identify problems are E-DOWNTIME waste, RCA (root cause analysis), and FMEA (Failure modes and effect analysis). From the activity tracing three critical wastes were obtained, namely waiting, defect, and excess processing waste. The initial sigma value for defect waste is 3.10; this sigma value is a problem. Recommendations for improvement are the creation and supervision of SOPs, and the provision of training to improve the abilities and skills of workers. With the application of LSS, there was an increase in the sigma value up to 3.25 and a reduction in costs up to 20%.

**Keywords :** activity, Lean, losses, RCA, six sigma.

### INTISARI

Akhir-akhir ini, persaingan pasar semakin ketat, yang membutuhkan kualitas produk yang semakin baik. Kondisi ini akan semakin sulit bila dihubungkan dengan permintaan produk yang semakin tinggi. Pengolahan sumber daya yang semakin efisien dan efektif, perlu terus menerus dikerjakan. Bila proses produksi berhenti akan menyebabkan kerugian finansial yang tidak sedikit. Terdapat aktifitas yang bersifat non value added, dan aktifitas tersebut menyebabkan timbulnya losses. Lean six sigma (LSS) adalah cara untuk menelusuri penyebab terjadinya waste atau losses. Beberapa tools yang dipakai untuk mengidentifikasi permasalahan adalah E-DOWNTIME waste, RCA (root cause Analisis) dan FMEA (Failure modes and effect analysis). Dri penelusuran aktifitas, diperoleh tiga waste kritis yaitu waiting, defect dan excess processing waste. Nilai sigma awal pada defect waste yaitu sebesar 3,10; nilai sigma ini merupakan permasalahan. Rekomendasi perbaikan adalah pembuatan dan pengawasan SOP, dan pengadaan pelatihan guna meningkatkan kemampuan dan keterampilan tenaga kerja. Dengan penerapan LSS, terjadi kenaikan nilai sigma sampai 3.25 dan terjadi pengurangan biaya sampai 20%.

**Kata Kunci :** aktifitas, Lean, losses, RCA, six sigma

### 1. PENDAHULUAN

Six-sigma adalah program yang sekarang banyak diterapkan untuk peningkatan kualitas perusahaan. Konsep Six-sigma diterapkan dalam divisi komunikasi Motorola sebagai tanggapan atas masalah yang terkait dengan klaim garansi yang tinggi. Organisasi lain yang menggunakan six sigma di pertengahan. 1990-an, adalah Polaroid, dan Texas Instrument, General Electric, dan diikuti oleh struktur organisasi lain seperti Sony, Dow Chemical, Bombardier dan GlaxoSmithKline-GSK (Antony, 2011; Taner, Bülent, and Antony, 2007). Keberhasilan upaya di Motorola tidak hanya mencapai tingkat kualitas six sigma tetapi fokusnya adalah pada pengurangan tingkat kerusakan dalam proses melalui pemanfaatan yang efektif terhadap alat dan teknik statistik yang kuat. Ini akan mengarah pada peningkatan kualitas produksi, meningkatkan produktivitas dan kepuasan pelanggan, sehingga dapat mengurangi biaya operasi, kualitas, dan sebagainya.

Selanjutnya, six-sigma, sebagai metodologi dan filosofi untuk peningkatan kualitas, telah mendapatkan perhatian yang cukup luas di berbagai perusahaan (Li, Susan, and Chad, 2017). Penerapan metodologi six-sigma memungkinkan organisasi untuk mempertahankan keunggulan kompetitif mereka, dengan mengintegrasikan antara proses dengan teknik, statistik dan manajemen proyek (De Koning and De Mast, 2006). Banyak artikel dan buku yang memberikan konsep dasar dan manfaat metode six-sigma (Al-Najjar and Alsyough, 2004; Timans et al., 2016). Demikian pula penerapan Six-sigma di sektor jasa masih terbatas meskipun telah dianut oleh banyak perusahaan besar yang berorientasi pada layanan seperti Lloyd, American Express, JP Morgan, ESB, Egg, Financial Services, Zurich, BT dll. Dekade terakhir telah melihat banyak organisasi jasa seperti Bank of America, Citibank, Caterpillar, Mount Carmel Health System dan Baxter Healthcare di AS dan Eropa, sukses dengan implementasi six sigma (Chahande, Kedar, and Lakhe, 2019; Laureani, Brady, and Antony, 2013).

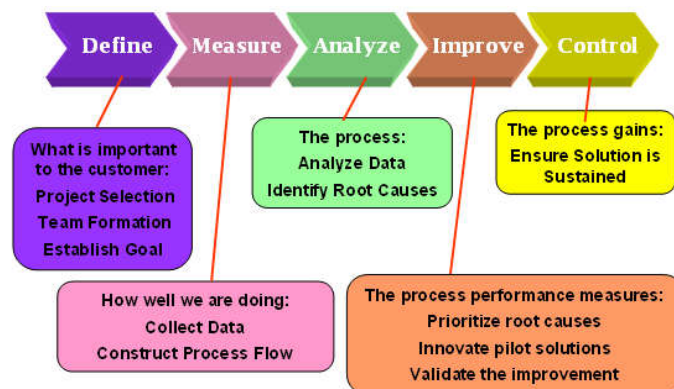
Program dan inisiatif yang dijalankan six sigma menjelaskan bahwa tindakan perbaikan adalah penting dan akan dilaksanakan dalam proyek demi proyek (*short* atau *long term project*). Ini memberikan bentuk dan struktur organisasi yang jelas dalam proyek *six sigma*, di mana proyek peningkatan dipimpin oleh *black belt* dan *green belt*. Untuk memandu aktivitas *black belt* dan *green belt*, program ini menyediakan metodologi yang terdiri dari kumpulan alat dan strategi yang sifatnya bertahap yang terdiri dari siklus perbaikan dengan lima fase – DMAIC. Fase ini dalam perusahaan yang menerapkan *six-sigma* telah menjadi semakin umum (Sodkomkham and Chutima, 2016). Tujuan dari makalah ini adalah untuk meninjau dan memeriksa praktik *lean* dan *six sigma* serta mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang mempengaruhi keberhasilan *lean* dan *six sigma*. Oleh karena itu, makalah ini mengintegrasikan proyek *lean* dan *six-sigma* dan aplikasi potensial dalam mengelola proyek yang sifatnya tradisional. Penerapan yang lebih luas pada organisasi akan berhasil, bila organisasi melibatkan program *lean six sigma* secara langsung melalui inisiasi dan keterlibatan manajemen senior, komitmen organisasi untuk selalu melakukan perubahan budaya menuju yang lebih baik (Dahlggaard and Dahlggaard-Park, 2006; Timans et al., 2016).

Dalam persaingan industri yang semakin ketat, setiap pelaku bisnis dituntut untuk dapat meningkatkan performansi perusahaan agar dapat bersaing dengan kompetitor. Menurut hasil riset, mempertahankan pelanggan 10 kali lebih murah dibandingkan dengan menarik pelanggan baru (Jiang and Nguyen, 2015). Oleh karena itu untuk memperoleh pangsa pasar yang lebih besar dan mempertahankan jumlah *customer*, perusahaan berupaya meningkatkan performansi perusahaan dengan berbagai cara, salah satunya adalah menerapkan *lean six sigma*. Pembuatan tangki adalah salah satu topik permasalahan; ini berhubungan dengan jumlah produksi yang setiap tahun meningkat, terutama untuk tangki air minum dan sanitasi. Dari data Biro Pusat Statistik, penyaluran air minum dan sanitasi secara umum mengalami peningkatan. Berdasarkan target yang ditetapkan oleh pemerintah untuk tangki sanitasi dan air minum layak, merupakan peluang bisnis yang bagus untuk pengusaha industri manufaktur tangki. Peluang ini disadari perusahaan, namun pada kenyataannya jumlah order yang diperoleh mengalami penurunan setiap tahunnya. Penurunan order disebabkan oleh meningkatnya *lead time production* dan biaya produksi. Ini indikasi penurunan performansi perusahaan. Diperlukan adanya pengukuran KPI-*Key Performance Indicator* untuk manufaktur, dan penerapan konsep *lean thinking* dan *six sigma* untuk mengidentifikasi problem yang timbul (Alosani et al., 2018; Kusriani, Fadriazal, and Vembri, 2018; Rao, 2016).

Dengan penerapan konsep *lean six sigma* diharapkan akan terjadi peningkatan kinerja dengan cara mengurangi atau bahkan menghilangkan *non value added activity*, dengan mengurangi *lead time* secara keseluruhan (Timans et al., 2016). Sehingga tujuan penerapan *lean six sigma* pada bisnis tangki ini adalah untuk meningkatkan kecepatan produksi, meningkatkan kualitas, meningkatkan produktivitas, dan menekan biaya. Beberapa alat yang digunakan untuk melakukan *improvement* dengan konsep *lean six sigma* adalah *Value Stream Mapping*, *Root Cause Analysis (RCA)*, dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

## 2. METODOLOGI

Siklus Six-Sigma digunakan untuk membangun *continuous process improvement*. Siklus yang digunakan adalah *Define, Measure, Analyze and Control (DMAIC)* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Metode yang digunakan untuk menentukan masalah berupa pemborosan (*waste*). Yang menjadi acuan untuk perbaikan adalah dengan pendekatan *lean thinking*. *E-downtime (Environment-healthy-safety, defect, over production, waiting, not utilizing employee, transportation, inventory, motion and excessive processing)* adalah pemborosan yang dipilih sebagai runutan untuk menemukan limbah kritis (Pech and Drahoš, 2018; Timans et al., 2016). Kekuatan kedua konsep tersebut disinergikan menjadi satu konsep yang terintegrasi, yaitu konsep *Lean Six Sigma*.

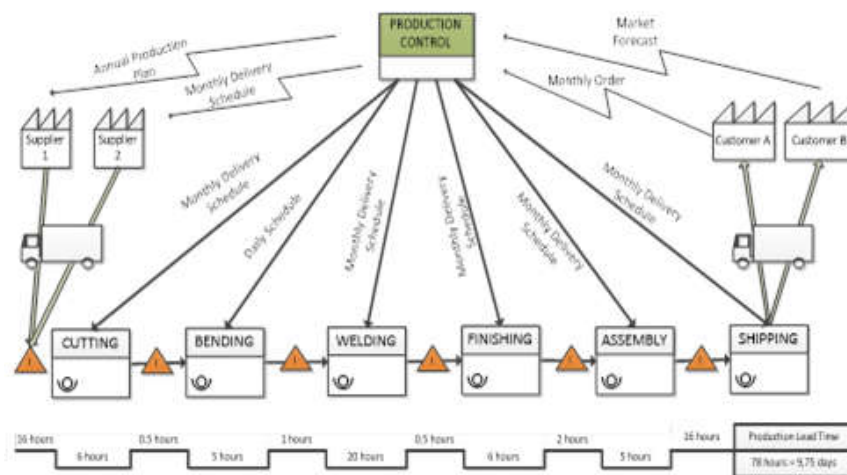


Gambar 1. A Powerful Methodology Lean Six Sigma (DMAIC)

Pemikiran *Lean Six Sigma* perlu disebarluaskan ke semua bagian tanpa memandang jenis industri atau jenis aktivitas. Dengan demikian *Lean Six Sigma* dapat diterapkan di semua proses. *Lean Six Sigma* yang diterapkan di industri manufaktur akan menjadi *Lean Six Sigma Manufacturing*, demikian pula *lean Six Sigma* yang diterapkan di industri jasa akan menjadi *Lean Six Sigma Service*. Tahapan terpenting adalah mencari penyebab timbulnya *critical to quality* (CTQ) yang merupakan problem utama. *Tools* yang digunakan adalah *Roots Cause Analysis* (RCA), dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Selanjutnya FMEA digunakan untuk mengidentifikasi tindakan-tindakan korektif (Okwuobi et al., 2018). Setelah itu dilakukan penyusunan rancangan perbaikan untuk mengurangi kegagalan pada aktifitas yang kritis. Penetapan usulan perbaikan didasarkan pada nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk tanki digunakan untuk mengangkut kargo yang bersifat cair (liquid). Besar kecilnya kapasitas tangki yang diangkut oleh truk yang diproduksi juga bervariasi, mulai dari 5000 liter, 7000 liter, dan 8000 liter. Secara umum proses produksi tangki terbagi dalam enam tahapan yaitu proses *cutting*, *bending*, *welding*, *finishing*, *assembly* and *shipping*. Proses produksi dapat digambarkan dalam bentuk *value stream mapping* seperti ditunjukkan pada Gambar 2 (Gunduz and Naser, 2019). Proses produksi tangki memiliki total lead time 78 jam atau 9,75 hari. Berdasarkan pengamatan, masih banyak *non-value-added activities* yang mengindikasikan adanya pemborosan, terutama pada proses pengelasan. Pemborosan dapat dilihat dari proses yang berulang, karena terdapat ketidaktepatan; ini mengakibatkan terjadinya penumpukan material.



Gambar 2 VSM-Value Stream Mapping proses pembuatan tangki

Untuk menganalisis kinerja manufaktur perusahaan diperlukan pengukuran berbasis *Key Performance Indicator*-KPI (Rødseth et al., 2016; Varisco et al., 2018). Indikator dengan pengukuran KPI ini dapat merepresentasikan hasil operasi manajemen. Ada enam indikator produksi yaitu *productivity*, *quality*, *cost*, *delivery*, *safety*, dan *work morale*. Agar penelusuran dan identifikasi masalah tidak meluas, KPI yang digunakan dibatasi hanya pada 4 (empat) indikator pengukuran yaitu produktivitas, kualitas, biaya, dan keselamatan.

Filosofi dari *lean manufacturing* merupakan suatu konsep pemikiran dan inisiatif di bidang manufaktur untuk mengurangi terjadinya aktivitas *non-nilai tambah*. Konsep ini mengarahkan setiap pelaku usaha di dunia manufaktur untuk mengklasifikasikan aktivitas selama proses produksi terlebih dahulu. Aktivitas tersebut terbagi menjadi tiga klasifikasi, yaitu *value added activity*, *non-value added activity*, and *necessary but non value added activity* (Furterer, 2018).

Dari hasil penelusuran awal terdapat aktifitas di sepanjang proses produksi, dan setelah dilakukan klasifikasi dan pemetaan aktifitas diperoleh hasil awal, dimana terdapat *value added activity* sebesar 22%, *necessary but non value-added activity* sebesar 44% dan kegiatan *non value-added activity* adalah sebesar 34%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses produksi tangki masih banyak mengandung *non value-added activity* (aktivitas yang tidak bernilai tambah). Aktivitas yang tidak nilai tambah ini mengindikasikan adanya *waste* (pemborosan). Secara garis besar *non value-added* terjadi pada proses pengelasan, seperti pengelasan yang dilakukan secara berulang-ulang. Dalam proses pemotongan terdapat tiga kegiatan *non value-added*; memotong dan memeriksa kembali bahan yang sedang diproses, membersihkan sisa-sisa dan menata kembali bahan yang tidak terpakai. Sedangkan pada proses *bending* terjadi proses pengerjaan ulang pada tingkat kelengkapan material yang tidak sesuai.

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

Indikator penting yang menjadi tolak ukur produksi adalah produktivitas. Indikator ini lebih menekankan pada efisiensi selama proses produksi. Identifikasi pengelompokan limbah yang termasuk dalam KPI produktivitas, adalah termasuk *defects, waiting, not utilizing employees, motion and Excess processing*. *Waiting waste* merupakan jenis pemborosan akibat aktivitas menunggu. Hal ini terkait dengan kejadian *downtime* mesin yang menyebabkan proses produksi menjadi tertunda. *Downtime* dalam suatu perusahaan dibedakan menjadi dua yaitu *plan downtime* dan *unplan downtime*.

*Excess processing* merupakan salah satu jenis pemborosan karena tahapan prosesnya lebih lama dari yang seharusnya. Termasuk dalam pemborosan ini adalah kegiatan yang dilakukan secara berulang (pengerjaan ulang). Terdapat 3 proses produksi tangki untuk proses pengerjaan ulang, yaitu proses pemotongan, pembengkokan, dan pengelasan. Dengan rata-rata total waktu terjadi pengerjaan ulang adalah selama 16,25 jam. Indikator kualitas adalah KPI yang terkait dengan spesifikasi pelanggan. Indikator kualitas diukur berdasarkan jumlah cacat. Dimana semakin banyak cacat dapat digolongkan kualitas rendah dan sebaliknya.

*Key performance incator*-KPI yang berhubungan dengan biaya adalah indikator yang mengukur seluruh biaya produksi dan operasional suatu perusahaan. Untuk mengetahui KPI ini maka beberapa indikator yang dapat dipakai untuk menghitung KPI biaya; pengukuran dapat dilakukan pada produksi berlebih, pengangkutan dan pemborosan ketika berhubungan dengan *inventory*. *Over production* adalah jenis pemborosan yang terjadi karena produksi berlebihan. Pengukuran pemborosan dilakukan berdasarkan kegiatan logistik. Pemborosan ini diukur dengan tingkat keterlambatan pengiriman ke pelanggan. Pengukuran *inventory waste* berkaitan dengan pergudangan, mulai dari material yang masuk hingga material yang keluar dari gudang. Pengukuran untuk indikator keselamatan (*safety*) dapat dilakukan dengan menghitung berapa banyak kecelakaan kerja selama produksi. Keselamatan KPI berkaitan dengan limbah lingkungan, kesehatan dan keselamatan (EHS). Untuk menelusuri adanya *waiting waste* maka ditentukan berdasarkan *downtime* mesin. Tahapan berikutnya yaitu menghitung nilai *sigma* terhadap *waiting*. *Sigma waiting* dihitung terhadap total waktu *waiting* terhadap total waktu produksi secara keseluruhan.

Dari data penggunaan mesin maka diperoleh bahwa total waktu *downtime* yang tidak direncanakan (48 jam) yang terjadi selama delapan periode produksi yaitu adalah 416 jam. Dengan demikian persentase sebesar 11,47%. Berdasarkan perhitungan nilai *sigma*, untuk *waiting waste* mempunyai nilai *sigma* sebesar 3,27. Selanjutnya untuk menentukan biaya terjadinya *waiting waste* menyebabkan bertambahnya waktu, sehingga membutuhkan tambahan biaya karena adanya tambahan tenaga kerja. Diketahui bahwa total kerugian adanya *downtime* mesin adalah sebesar Rp 1.414.705.

Pengukuran atas *excess processing waste* didasarkan pada jumlah pengerjaan ulang yang terjadi selama proses produksi. Pengerjaan ulang terjadi pada proses pemotongan, pembengkokan, dan pengelasan. Berdasarkan waktu pengerjaan ulang, persentase terjadinya pengerjaan ulang adalah 26.06% dari total waktu produksi sebanyak 498 jam selama 8 periode produksi. Berdasarkan hasil perhitungan *sigma* didapatkan nilai *sigma excess processing* pada kegiatan *rework* sebesar 2.87. Biaya kerugian yang ditanggung perusahaan adalah Rp 3.831.494. Pengukuran *defect waste* adalah berdasar pada jumlah *defect* yang terjadi selama proses *welding* yaitu sebesar 30%. Nilai *sigma* pada *defect waste* sebesar 2,78. Biaya kerugian yang ditanggung akibat terjadinya *defect* pada proses *welding* yaitu sebesar Rp 919.420.

Berdasarkan pada kerugian finansial dari setiap *waste*, maka selanjutnya pemilihan terhadap *waste* menunjukkan bahwa *Excess processing waste* merupakan *waste* yang memiliki kerugian finansial yang paling besar yaitu sebesar Rp 3.831.494 diikuti oleh *waste waiting* dengan kerugian finansial sebesar Rp 1.414.705 dan yang terakhir merupakan *waste defect* dengan kerugian sebesar Rp 919.420. Seperti yang dijelaskan di depan bahwa penyebab *waiting waste* dikarenakan adanya *downtime* mesin. Dari *pareto-chart* diperoleh bahwa proses yang berhubungan *waiting* dan yang paling berpengaruh yaitu proses *welding* dan *cutting* menunjukkan kontribusi 80% terhadap terjadinya proses *waiting*. Selanjutnya dibuat *root cause analysis* terhadap terjadinya *downtime* pada mesin *cutting* dan mesin *welding* dengan memakai pendekatan *five why*, untuk mengetahui sebab terjadinya *downtime* seperti yang dijabarkan pada Tabel 1 (Laureani et al., 2013).

**Tabel 1.** 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	Daya mesin kurang	Pemilihan Daya mesin tidak tepat
			Konsleting	kejutan arus	stabilizer tidak ada	Kesalahan operator

Waste	Subwaste	Why-1	Why-2	Why-3	Why-4	Why-5
		Motor rusak	Transmisi rusak	Poros spindel kotor	tidak membersihkan poros spindel	
		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	tidak membersihkan debu pada kipas pendingin
			Hubungan pendek	Mesin las terkena air	Penempatan mesin tidak sesuai	
				Debu scrap yang menumpuk	tidak member sihkan debu	

Akar penyebab *defect waste* khususnya didapatkan dari dari proses *welding*. Jenis *defect* yang terjadi pada proses *welding* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis *defect* yaitu *defect* karena keretakan dan karena keropos yang dihasilkan oleh hasil pengelasan. Untuk menelusuri lebih jauh lagi dari dua macam *failure* ini, maka penelusuran lebih detail untuk mendapatkan macam *defect* yang kritis akan dipakai dengan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis-FMEA*, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. *Failure Mode and Effect Analysis Defect Waste*

Waste	Potential Failure Mode	Potential Effect	Severity	Potential Causes	Occurance	Control	Detection	RPN
Defect	Hasil pengelasan retak	Hasil pengelasan reject dan harus dilakukan proses pengelasan ulang	5	tidak melakukan pemeriksaan kandungan karbon elektroda	5	Analisa lebih lanjut	5	125
			5	Kemampuan operator kurang	4	Inspeksi visual	4	80
			5	Pengetahuan operator kurang	6	Pengawasan lapangan	6	180
			5	Skill operator kurang dalam pengelasan	6	Pengawasan lapangan	5	150
			5	Kesalahan setting mesin las	4	Pengawasan lapangan	4	80
	Hasil pengelasan keropos	Hasil pengelasan reject 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	Pengawasan lapangan	5	125

FMEA memberikan gambaran resiko setiap *failure* nya. Sebagai acuan pemilihan maka *risk priority number-RPN* adalah mengakomodasikan resiko dalam *severty*, *occurance* dan *detection*. Dari nilai RPN selanjutnya dipilih resiko tertinggi dengan pedoman RPN tertinggi. Alternatif yang akan digunakan untuk melakukan *improvement* yaitu, 1. Pembentukan tim pembuatan SOP, 2. Penjadwalan *maintenance* mesin produksi dan 3. Pelatihan untuk meningkatkan *knowledge*, *skills* and *abilities*.

Untuk mengukur tiap alternatif, maka terdapat tiga kriteria yang digunakan dalam penilaian alternatif yang akan digunakan untuk *improvement*, yaitu produktivitas, kualitas dan *Cycle Time*. Secara keseluruhan dari alternatif awal selanjutnya dikombinasikan sehingga memiliki delapan kombinasi alternatif perbaikan yang mungkin dapat dipilih oleh perusahaan. Selanjutnya untuk memilih alternatif terbaik dilakukan pendekatan *value* yang mempertimbangkan dua faktor yaitu *performance* dan *cost* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Value Pemilihan Alternatif**

Alternatif	Bobot KPI			Performance	Cost (Rp.)	Value
	Productivity	Quality	Cycle Time			
	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	1,297909705
2	19	18	20	19	131.015.685	1,351502543
3	20	20	18	19,4	128.861.764	1,403021145
1,2	20	17	20	19,1	148.015.685	1,202575041
1,3	24	22	21	22,5	145.861.764	1,437565413
2,3	19	22	22	20,8	136.861.764	1,416340782
1,2,3	22	22	19	21,1	153.861.764	1,278021931

Berdasarkan perhitungan pada pendekatan *value*, yang yang memiliki *value* tertinggi yaitu pada kombinasi alternatif 1,3. Alternatif yang diajukan yaitu pembuatan dan pengawasan pelaksanaan SOP, serta pengadaan pelatihan untuk meningkatkan *skills, knowledge, and abilities* setiap karyawan. Berdasarkan nilai *sigma* awal dari *defect waste* adalah 3,10 dan *sigma* setelah pelaksanaan kombinasi alternatif 1 dan 3 nilai *sigma* adalah 3,25, artinya terjadi peningkatan nilai *sigma* dari sisi *Defect waste* sebesar 0,15. Alternatif 1 dan 3 diperkirakan akan dapat mereduksi biaya seiring dengan penurunan *rework* dan *defect product*. Pada perhitungan awal, biaya yang ditimbulkan akibat *rework* adalah Rp 3.831.494 sedangkan setelah dilakukannya alternatif 1 dan 3, biaya yang ditimbulkan adalah Rp 3.065.195.2 sehingga terjadi reduksi biaya sebesar Rp 766.298,80 atau terjadi reduksi biaya 20%.

## KESIMPULAN

Berikut kesimpulan yang dapat diambil.

1. *Waste* kritis pada proses produksi tangki yaitu *waiting, defect* dan *excess processing waste*
2. Alternatif *improvement* yang dapat dipilih yaitu pembuatan dan pengawasan pelaksanaan SOP; serta pengadaan pelatihan dan keterampilan untuk meningkatkan keahlian dan kemampuan tenaga kerja.
3. Terjadi kenaikan *sigma* dari *sigma* 3.10 menjadi 3.25 dan terjadi reduksi *cost* sebesar 20%

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Najjar, B., and Alsyouf, I. 2004. "Enhancing a Company's Profitability and Competitiveness Using Integrated Vibration-Based Maintenance: A Case Study." *European Journal of Operational Research* 157(3):643–57.
- Alosani, M., Yusoff, R. 2018. "The Effect of Six Sigma on Organizational Performance: The Mediating Role of Innovation Culture." *Akademiabaru.Com* 1(1):17–28.
- Antony, J. 2011. "Six Sigma vs Lean: Some Perspectives from Leading Academics and Practitioners." *International Journal of Productivity and Performance Management* 60(2):185–90.
- Chahande, N., Kedar, A., and Lakhe, R. 2019. "A Literature Review on Six Sigma Approach to Healthcare Quality." *Ijies.Net* 4(1):4–10.
- Dahlgaard, J., and Dahlgaard-Park, S. M. 2006. "Lean Production, Six Sigma Quality, TQM and Company Culture." *TQM Magazine* 18(3):263–81.
- De Koning, H., and De Mast, J. 2006. "A Rational Reconstruction of Six-Sigma's Breakthrough Cookbook." *International Journal of Quality and Reliability Management* 23(7):766–87.
- Furterer, S. L. 2018. "Applying Lean Six Sigma Methods to Reduce Length of Stay in a Hospital's Emergency Department." *Quality Engineering* 30(3):389–404.
- Gunduz, M., and Naser, A. 2019. "Value Stream Mapping as a Lean Tool for Construction Projects." *International Journal of Structural and Civil Engineering Research* (April):69–74.
- Jiang, J., and Nguyen, T. 2015. "Process Improvement by Application of LSS and TRIZ Meth. Case Study in Coffee Company." *Int. J. of Application or Innovation in Engineering and Management* 4(3):208–19.
- Kusrini, E., Fadrizal, N., and Vembri, N. H. 2018. "Determining KPI for Warehouse Performance Measurement - A Case Study in Construction Materials Warehouse." *MATEC Web of Conferences* 154:6–9.
- Laureani, A., Brady, M., and Antony, J. 2013. "Applications of Lean Six Sigma in an Irish Hospital." *Leadership in Health Services* 26(4):322–37.
- Li, N., Susan E., and Chad L. 2017. "How to Use Lean Six Sigma to Improve Service Processes in Higher Education: A Case Study." (May 2017):129–45.
- Okwuobi, S., Felix, I., Ajayi, O., Enesi, S., Aworinde, A., Olatunji, O., and Stephen, A. 2018. "A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine." *Machines* 6(4).
- Pech, M., and Drahoš, V. 2018. "Methods of Lean Production to Improve Quality in Manufacturing." *Quality*

- Innovation Prosperity* 22(2):1–15.
- Rao, K. P. 2016. “The International Journal Of Business & Management What Six Sigma Can Learn From The Systems : ISO 9000.” 4(1):251–57.
- Rødseth, H., Strandhagen, J., Schjølberg, P. 2016. “Key Performance Indicators for Integrating Maintenance Management and Manufacturing Planning and Control, HAL Id : Hal-01417400
- Sodkomkham, T., and Chutima P. 2016. “Lean Six Sigma Application in Rear Combination Automotive Lighting Process.” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 131(1).
- Taner, M.T., Bülent, S., and Antony, J. 2007. “An Overview of Six Sigma Applications in Healthcare Industry.” *International Journal of Health Care Quality Assurance* 20(4):329–40.
- Timans, W., Ahaus, K., Solingen, R., Kumar, M., and Antony, J. 2016. “Implementation of Continuous Improvement Based on LSS in SM-Sized Enterprises.” *TQM & Business Excellence* 27(3–4):309–24.
- Varisco, M., Johnsson, C., Mevik, J., Schiraldi, M., and Zhu. 2018. “KPIs for Manufacturing Operations Management: Driving the ISO22400 Standard towards Practical Applicability.” *IFAC-PapersOnLine* 51(11):7–12.