

Pengaruh dan Pertimbangan Faktor Lingkungan untuk Peningkatan Kualitas pada Lini Produksi

H Harisupriyanto^{1)*}

¹⁾Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya
Kampus Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Email: hariqive@yahoo.com

Abstrak

Pemborosan (*waste*) yang berasal dari proses produksi muncul sebagai indikasi adanya problem dan dampak terhadap lingkungan, kesehatan dan keselamatan kerja. Indikasi *waste* tersebut adalah akibat dari *defect waste* di mesin *finishing* dan *waiting waste* di mesin *mounting*. *Defect waste* yang tinggi mengakibatkan *Environment, Health and Safety (EHS) waste* yang tinggi pula. Untuk itu perusahaan harus melakukan *continous process improvement* yang terus menerus. Tujuan yang ingin dicapai adalah identifikasi *waste* di proses produksi, mencari akar penyebab permasalahan dan memberikan alternatif solusi yang dapat dilakukan perusahaan untuk mengurangi dampak timbulnya *waste*. Identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan pada, *E-DOWNTIME* yakni sembilan jenis *waste*. Jenis *waste* ini meliputi *Environmental, Safety, and Health (EHS), Defect, OverProduction, Waiting, Not utilizing employee, Transportation, Inventory, Motion, dan Excessive processing waste*. Untuk memetakan proses yang mengindikasikan adanya *waste* (pemborosan), diperlukan *value stream mapping*. Pemetaan tersebut bertujuan untuk mencari *critical waste*. Berdasarkan pada *critical waste* maka dicari akar permasalahan yang dapat dirunut dengan penggunaan *RCA (root cause analysis)*. Untuk mencari prioritas resiko yang paling tinggi terhadap *waste* diperlukan *FMEA (failure mode and effect analysis)*. Dengan adanya prioritas tersebut maka alternatif solusi dapat dihasilkan. Alternatif perbaikan yang diusulkan adalah pembentukan tim *Total Productive Maintenance*, perbaikan kualitas produk, serta eksperimen terhadap pengurangan pemakaian komponen. Dengan pendekatan *value management* maka pembentukan dan pelatihan untuk tim *Total Productive Maintenance* adalah alternatif terbaiknya. Hasil akhir dari alternatif ini adalah meningkatnya nilai *sigma* produk dari 2,91 menjadi 3,08. Kenaikan *sigma* tersebut memberikan indikator perbaikan pada lini produksi dan dampak lingkungan.

Kata Kunci: EHS, *waste*, RCA, FMEA, *sigma*.

Abstract

Waste that comes from the process of production appears as an indication of the problem and the impact on the environment, health and safety. The waste is the result of a defect in the finishing machine and waste waiting in the engine mounting. Defect high waste resulting Environment, Health and Safety (EHS) waste is also high. Therefore, the company must conduct a continuous process of continuous improvement. The goal is to identify waste in the production process, find the root cause of the problem and provide alternative solutions that can be done by the company to mitigate the impact of the emergence of waste. Waste identification is done based on the *E-DOWNTIME* which consists of nine types of waste. This type of waste includes Environmental, Safety, and Health (EHS), Defect, Over Production, Waiting, Not utilizing employee, Transportation, Inventory, Motion, and Excessive waste processing. To map the process that indicates a required waste value stream mapping. The mapping aims to find critical waste. Base on critical waste then look for the root causes can be traced to the use of *RCA (root cause analysis)*. To search for the most high-risk priority to waste *FMEA (failure mode and effect analysis)* is needed. With the priority is the alternative solution can be generated. Alternatives proposed improvement is the formation of a team of Total Productive Maintenance, improvement of product quality, as well as experiments on reducing the use of components. With the value management approach, the establishment and training of a team of Total Productive Maintenance is the best alternative. The final result is the increasing alternative sigma value of the product becomes 3.08 2.91. The increase in the sigma provides an indicator of improvements on production lines and environmental impact.

Kata Kunci: EHS, *waste*, RCA, FMEA, *sigma*.

* Penulis korespondensi, HP: 0315946230
Email: hariqive@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini dunia perindustrian berkembang semakin pesat seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih. Di samping itu, jutaan inovasi baru juga dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Kondisi ini membawa persaingan yang semakin ketat. Untuk itu diperlukan inovasi produk yang terus menerus. Perusahaan harus mampu menciptakan keunggulan bersaing bagi produk, dan meningkatkan loyalitas konsumen. Perusahaan harus selalu melakukan *continuous process improvement* untuk menjaga kualitas produk.

Dalam memenuhi keinginan konsumen, perusahaan akan menjalankan dan membangun proses *value delivery* yang baik. Perusahaan melakukan proses produksi, proses penjualan, dan proses-proses yang lain untuk mewujudkan *value* yang diinginkan konsumen. Di dalam membangun *value* tersebut sering muncul aktifitas yang tidak bernilai tambah (*non value added activity*). Aktifitas ini adalah aktifitas yang terindikasi sebagai *waste* dan harus dikurangi dan bila memungkinkan dihilangkan dalam *value stream*. Diperlukan pola pikir *lean* agar dapat memberikan *value* maksimal kepada konsumen dengan *resource* yang minimal.

Persaingan bisnis menggiring setiap manusia untuk ikut berperan dan menjaga lingkungan. Konsumen maupun perusahaan, harus ikut di dalam membangun kualitas lingkungan yang lebih baik. Hal ini didorong oleh sebuah kesadaran yang ingin melestarikan bumi untuk generasi selanjutnya. Kesadaran perusahaan untuk memperhatikan lingkungan tumbuh karena konsumen menginginkan produk yang dikonsumsi adalah ramah lingkungan, baik dilihat dari material maupun proses. Oleh karena itu, *improvement* proses yang dijalankan dengan mengikutsertakan lingkungan adalah faktor yang penting.

Data perusahaan menunjukkan bahwa *reject* produk di lapangan masih berkisar di angka 10% bahkan lebih yang memberi indikasi awal terhadap timbulnya problem. Ini menandakan bahwa di dalam proses masih banyak terdapat *non value added activity*. Aktifitas ini mengindikasikan adanya nilai *sigma* yang rendah; dari perhitungan awal berkisar pada 2.91 *sigma*. *Reject* yang tinggi memberi tanda adanya dampak terhadap lingkungan yaitu EHS (*Environment, Health and Safety*) *waste*. Indikasi ini merupakan *waste* yang harus diperbaiki. Diperlukan studi lebih lanjut untuk mengetahui faktor kritis penyumbang terjadinya *waste* ini. *Reject* produk yang tinggi akan menyerap biaya kualitas yang semakin besar, termasuk di dalamnya adalah *cost of non quality*. Upaya-upaya perbaikan kualitas produk dapat dilakukan dengan berbagai metode dan konsep. *Leansix sigma* merupakan salah satu jawaban bagi perusahaan yang memiliki masalah dibidang *reject* dalam *production flow process*.

Sedikit sekali diantara banyak *improvement* yang dilakukan dengan mempertimbangkan faktor lingkungan. Tulisan ini, memperkenalkan aplikasi proses *improvement* dengan mengintegrasikan metode *lean, green, dan six sigma*. Identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan pada, E-DOWNTIME yakni sembilan jenis *waste*. Jenis *waste* ini meliputi *Environmental, Safety, and Health (EHS), Defect, Over Production, Waiting, Not utilizing employee, Transportation, Inventory, Motion, dan Excessive processing waste*.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka tujuan yang ingin dicapai adalah identifikasi *waste* yang terjadi di sepanjang proses produksi, mencari akar penyebab permasalahan dan memberikan alternatif solusi yang mungkin dilakukan perusahaan untuk mengurangi dampak timbulnya *waste*.

2. METODE

Quality improvement adalah upaya yang selalu dan terus menerus dijalankan oleh pihak manajemen perusahaan. Tujuan utamanya adalah untuk mereduksi adanya pemborosan (*waste*). Secara umum metodologi yang dipakai akan mengikuti tiga tahap, yaitu tahap informasi dan identifikasi, tahap analisa dan tahap *generate alternative*.

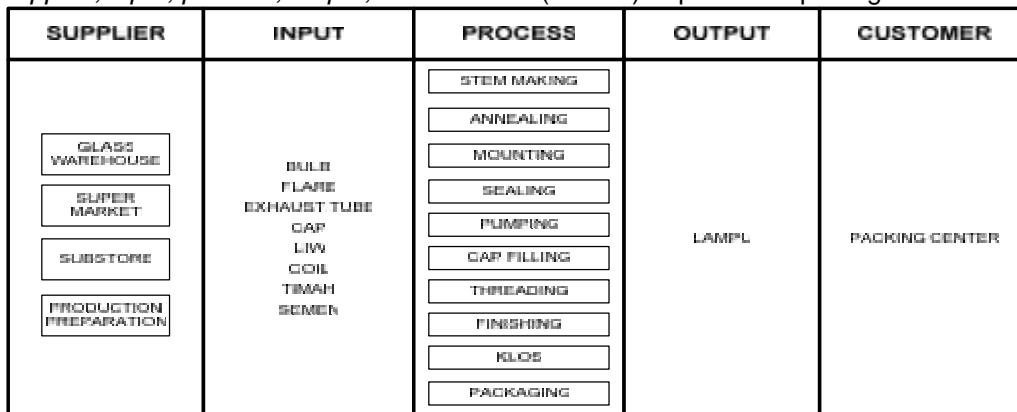
Tahap pertama, informasi dan identifikasi; adalah tahap pencarian informasi yang berhubungan dengan timbulnya problem. Diperlukan identifikasi awal berupa *supplier, input, process, output, dan customer (SIPOC)*. Selain itu identifikasi proses dapat dilakukan dengan memakai *value stream mapping*. Dari kedua identifikasi tersebut penelusuran problem terutama *waste* (pemborosan) akan diketahui. Pemborosan sering terindikasi dari adanya *non value added activity*. Pada tahap awal ini berdasarkan pada data pemborosan maka dapat dihitung nilai *sigma* awal.

Tahap kedua, analisa. Dari tahap pertama selanjutnya dilakukan analisa untuk menentukan *waste* kritis. Selanjutnya dicari akar penyebab masalah dengan pendekatan RCA (*root cause analysis*). Untuk mengetahui prioritas yang dipentingkan dapat didekati dengan FMEA (*failure mode and effect analysis*).

Tahap ketiga, *generate alternative*. Tahap ini adalah memilih alternatif yang memungkinkan untuk dijalankan perusahaan. Pemilihan didasarkan pada prioritas pada nilai RPN yang diperoleh dari FMEA. Langkah terakhir adalah memilih alternatif terbaik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk akhir dihasilkan dari beberapa komponen yang berbeda. Komponen dihasilkan melalui beberapa proses yang berbeda, yang masih berada dalam sebuah lini produksi yang sama. Secara umum, *supplier, input, process, output, dan customer* (SIPOC) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 SIPOC diagram

Produk akhir berasal dari proses *assembly* yaitu menggabungkan seluruh komponen. Biaya produksi yang dibutuhkan meliputi biaya material, tenaga kerja, dan energi. Berikut proporsi dari setiap komponen dan bagian pembentuk biaya produksi.

Tabel 1 Biaya produksi dalam prosentase

<i>Bulb</i>	24%	<i>Flare</i>	6%
<i>Coil</i>	18%	Powder	1%
<i>Exh. Tube</i>	4%	Material lain	9%
Timah	4%	Tenaga kerja	10%
<i>Cap</i>	15%	Energi	6%
LIW	3%		

Untuk menggambarkan aliran proses dipakai pemetaan dengan VSM (*Value stream mapping*). Dari penggambaran VSM, terlihat beberapa indikasi proses yang kurang bagus. Indikasi tersebut adalah jumlah *uptime* dan *yield*. Jumlah *uptime* merupakan jumlah waktu yang terserap dari waktu total kapasitas produksi. *Uptime* adalah indikator adanya *downtime* mesin. Perhitungan untuk *downtime*, diperoleh bahwa mesin *mounting* mempunyai prosentase waktu *uptime* terendah. *Yield* menunjukkan kemampuan proses untuk berproduksi. Pada pemetaan, terdapat mesin yang memiliki *yield* terendah, yakni mesin *finishing*.

Kedua indikasi yang terdapat di proses *mounting* dan proses *finishing* menunjukkan adanya *non value added activity*. Aktivitas-aktivitas ini merupakan aktivitas yang berpotensi untuk menimbulkan *waste*. Selanjutnya dilakukan klasifikasi terhadap aktivitas-aktivitas di sepanjang proses. Hasil akhir menunjukkan bahwa total *value added activity* adalah sejumlah 32%, *necessary but non value added activity* adalah sejumlah 56%, dan total *non value added activity* adalah 12%. Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum, aktivitas yang dijalankan masih mengandung *waste* yang cukup tinggi. Identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan pada, E-DOWNTIME yakni sembilan jenis *waste*. Jenis *waste* ini meliputi *Environmental, Safety, and Health (EHS), Defect, OverProduction, Waiting, Not utilizing employee, Transportation, Inventory, Motion, dan Excessive processing waste*.

Proses pembuatan produk melibatkan penggunaan energi panas dari api dengan prosentase besar. Penggunaan sumber energi panas ini membuat suhu lingkungan kerja menjadi lebih tinggi dari suhu kamar standar. Suhu yang tinggi akan berdampak kepada kondisi fisik pekerja. Selain suhu/temperature, *rework* produk yang menumpuk adalah komponen EHS yang lain, apalagi bila *defect* dan *rework* berdekatan dengan suhu tinggi. Selain suhu lingkungan yang cukup tinggi, penggunaan material dan energi dapat memberikan dampak lingkungan tersendiri. Data menunjukkan bahwa rata-rata prosentase *defect* adalah lebih dari 10%.

Waiting merupakan kondisi dimana peralatan produksi berhenti. Kejadian ini berkaitan dengan *downtime* tiap mesin produksi. *Downtime* yang terjadi di dalam proses dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis *downtime*, yakni *planned down time* dan *financial down time*. *Planned down time* merupakan

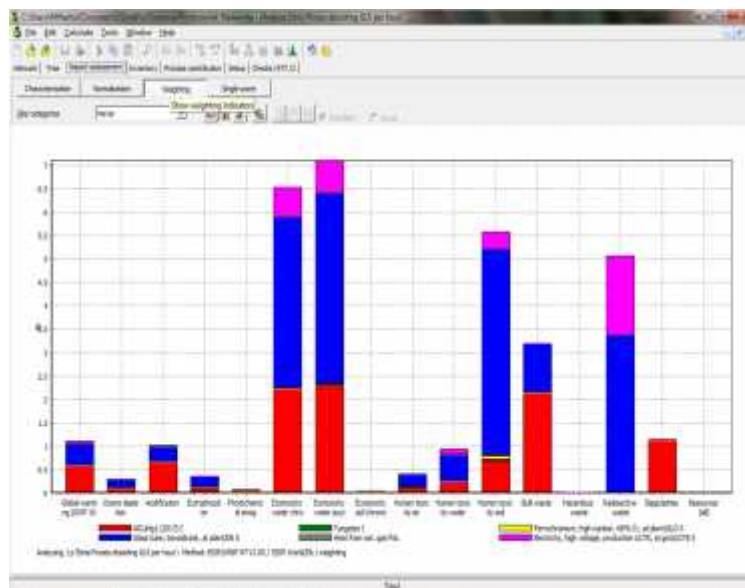
down time yang terencana. Kegiatan-kegiatan yang termasuk *planned down time* adalah preventive *maintenance*, hari libur, rapat dan pelatihan, tidak ada order, dan cuti. Sedangkan kegiatan-kegiatan yang termasuk *financial down time* adalah tidak adanya energi, material kosong, pekerja tidak masuk kerja (mangkir), *changeover*, *cleaning*, *breakdown*, *adjustment*, *empty position*, dan berhentinya mesin secara tiba-tiba. Proses *mounting* mempunyai prosentase *uptime* terendah. Hal ini terindikasi dengan terdapat banyak *down time* yang terjadi pada mesin ini.

Untuk mengetahui dampak lingkungan dari kegiatan produksi, digunakan *software Simapro*. *Software* ini menghitung dampak lingkungan dari sebuah proses dengan mempertimbangkan *life cycle* dari bagian-bagian penyusunnya. Dampak yang ditunjukkan tidak hanya dampak penggunaannya, tetapi dampak dari ekstraksi bahan baku, dan dampak selama pengiriman material dan energi. Material yang digunakan di dalam proses produksi meliputi *glass*, *ferochrom*, *tungsten*, dan aluminium. Dalam hitungan berat maka *Glass* merupakan bahan baku utama untuk *bulb*, *flare*, dan *exhaust tube*. *Ferochrom* merupakan bahan baku utama untuk pembuatan LIW. *Coil* yang menjadi bagian utama terdiri dari bahan *tungsten*. *Cap* adalah tempat ulir dari lampu; yang akan bersinggungan dengan aliran listrik. *Cap* lampu ini terbuat dari bahan aluminium. Kebutuhan untuk tiap jenis material adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Rekapitulasi kebutuhan tiap komponen

Material	Perbulan (Gr)	Perjam (Gr)	Material	Perbulan(Gr)	Perjam (Gr)
Glass	1.054.289.880	1.464.292	AlCuMg	294.296.760 Gr	408.746 gr
FeCr	1.823.400	2.533	NG	138.888 m3	192.90 m3
Tungsten	2.735.100	3.799	Listrik	647.753 KWH	899.66 KWH

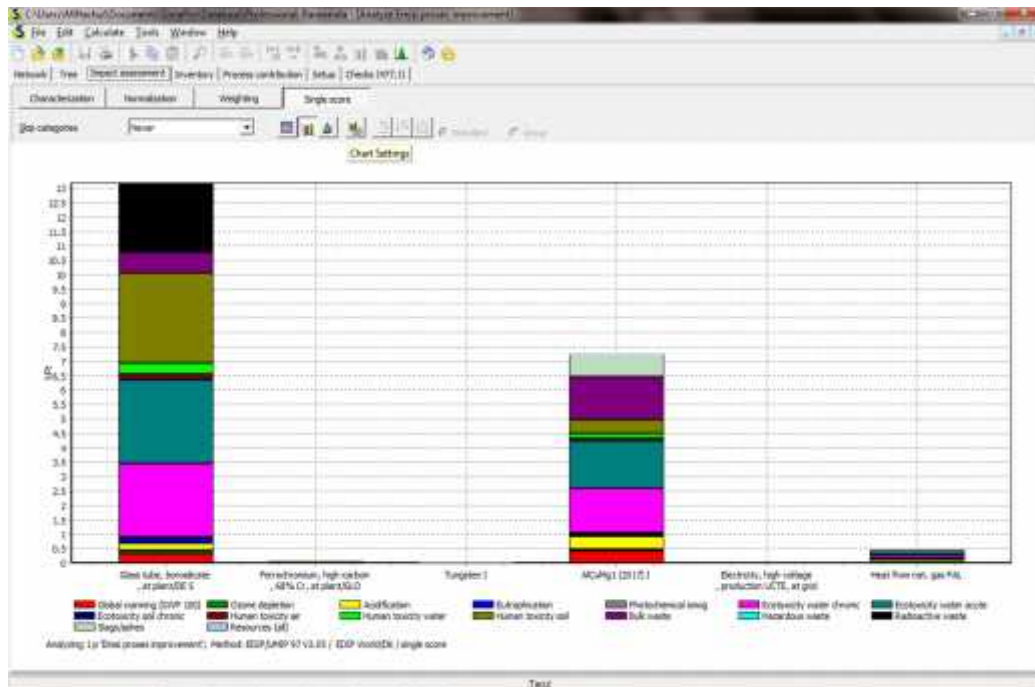
Dari data masukan yang dibutuhkan maka dengan pemakaian *software* Simapro 7.1 diperoleh hasil dampak lingkungan seperti pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Hasil perhitungan dengan penggunaan *software* SimaPro

Dampak lingkungan dari hasil proses produksi adalah cukup besar. Dari output di atas kontribusi terbesar penyumbang dampak lingkungan adalah penggunaan material kaca (*glass*), *cap*, dan penggunaan energi listrik. Semakin rendah efisiensi akan berakibat pada semakin besar jumlah dan kebutuhan material dan energi. Semakin rendah efisiensi akan mengakibatkan dampak lingkungan yang semakin besar.

Salah satu indikator utama dampak lingkungan adalah *global warming*. *Global warming* disebabkan oleh gas-gas rumah kaca, seperti karbon dioksida, metana, dinitrogen oksida, dan lain sebagainya. Karbon dioksida (81.3%) merupakan penyumbang terbesar terjadinya efek rumah kaca. *Output* dari *simapro software*, menunjukkan bahwa jumlah CO₂ yang teremis ke lingkungan adalah sebesar 5.042.698 ton setiap bulannya.



Gambar 3 Pengaruh pada dampak lingkungan

Mesin *finishing*, yang memiliki tingkat *yield* terendah, terindikasikan dengan adanya beberapa jenis *defect*. Terdapat 368.172 unit *defect* pada total produksi 4.641.811 unit, sehingga yang terbuang di mesin *finishing* adalah sebesar 7.93%. Nilai ini setara dengan 79316.44284 DPMO (*defect per million opportunities*). Nilai sigma *wastedefect* ini adalah 2,91. Dari sudut pandang *financial waste*, *defectwaste* pada mesin *finishing* memegang peranan yang besar. Hal ini disebabkan oleh banyaknya material yang terlibat di mesin *finishing*, sementara itu biaya material merupakan biaya produksi terbesar pada produk. Mesin *finishing* mempunyai tingkat *yield* terendah memiliki tingkat *defect* yang cukup besar. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan yang erat antara *defect* dengan kondisi mesin. *Financial waste* yang ditimbulkan dari jumlah *defect* yang terjadi pada mesin *finishing* adalah sejumlah produk *defect* dikalikan dengan biaya yang ditimbulkan. Dengan *actual output* rata-rata per minggu sebesar 4.641.811 unit, dan jumlah *defect* adalah 368.172 unit. Dengan asumsi biaya produksi samadengan harga jual, maka biaya yang dibutuhkan untuk memproses satu buah lampu adalah Rp. 5000. Karena proses *finishing* melibatkan keseluruhan biaya, maka *financial waste* yang diakibatkan oleh *defect* dari mesin *finishing* ini adalah sebesar $368.172 \text{ unit} \times \text{Rp. } 5000/\text{unit} = \text{Rp. } 1.840.860.000$. Tiap bulan, biaya yang harus ditanggung perusahaan akibat *defectfinishing* adalah $\text{Rp. } 1.840.860.000 \times 4 = \text{Rp. } 7.363.440.000$

Indikator utama *financial down time* adalah adanya *waiting*. Perbaikan pada mesin adalah berupa aktivitas *corrective down time* yang meliputi *cleaning*, *adjustment*, dan *breakdown* mesin. Mesin *mounting* memiliki *down time* paling besar. Ini terlihat dari *uptime* mesin *mounting* sebesar 94.15%, memberi indikasi terendah dari keseluruhan mesin. *Financial waste* yang diakibatkan oleh adanya *waiting* ini adalah hilangnya waktu proses yang digunakan untuk berproduksi. Secara umum, *financial downtime* yang terjadi adalah sebesar 37.9%. Jika kapasitas produksi rata-rata total mingguan adalah 4.641.811 unit, maka unit terbuang karena *financial down time* adalah sebesar $37.9\% \times 4.641.811 = 1.731.798$. Ini menggambarkan *opportunity loss* yang ditanggung perusahaan dan tiap minggu adalah $\text{Rp. } 5000 \times 1.731.798 = \text{Rp. } 8.658.990.000$, atau tiap bulan adalah $\text{Rp. } 8.658.990.000 \times 4 = \text{Rp } 34.635.960.000$.

Selanjutnya dilakukan untuk mengetahui dampak *down time* khusus pada mesin *mounting*. Diambil sampel untuk mengetahui kontribusi mesin *mounting* terhadap keseluruhan waktu *down time* adalah sebesar 18.9%. Sehingga biaya *down time* adalah $18.9\% \times \text{Rp. } 34.635.960.000 = \text{Rp. } 6.234.472.800$.

Waste lainnya dihitung dengan cara yang sama dan diperoleh tiga waste dengankontribusi *financial waste* terbesar bagi perusahaan yaitu EHS, *defect*, dan *waiting waste*. Waste lainnya tidak dimasukkan ke dalam kategori kritis karena nilai *financial waste* jauh lebih kecil. Sehingga analisa berikutnya hanya diprioritaskan untuk ketiga waste tersebut.

Tabel 3 Root cause analysis untuk EHS waste

Waste	Sub Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
EHS	Environmental	Proses produksi menghasilkan dampak lingkungan	proses produksi membutuhkan banyak material	Besarnya material <i>bulb</i> dan <i>cap</i> yang terbuang	Proses produksi yang menghasilkan banyak <i>defect</i>	
				Proses produksi menghasilkan banyak <i>defect</i>		
	Safety	Proses produksi membahayakan pekerja	potongan kaca <i>bulb</i> banyak tercecer di lingkungan kerja	Saluran pembuangan tidak bisa menampung <i>defect</i> process	saluran pembuangan penuh	Pekerja tidak mengetahui saluran sudah penuh
					posisi saluran tidak tepat	Pekerja tidak memeriksa posisi saluran
						Pekerja terburu-buru memasang saluran pembuangan
		Tidak ada sistem pembuangan yang memadai				

Berdasarkan pada RCA di atas maka penelusuran risiko berikutnya adalah dengan pendekatan FMEA (*Failure mode and effect analysis*). Untuk menyusunnya maka perlu ditetapkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Selanjutnya disusun FMEA (*Failure mode and effect analysis*) untuk EHS waste. Hasil akhirnya adalah RPN (*risk priority number*). RPN ini yang akan dipakai sebagai acuan untuk membangun alternatif solusi perbaikan.

Tabel 4 FMEA untuk EHS waste

Waste	Potential Failure Mode	Potential Effect	Severity	Potential Causes	Occurrence	Control	Detection	RPN
EHS	Proses mempunyai dampak lingkungan	Dampak lingkungan sedang, kesehatan terganggu	5	proses banyak menghasilkan <i>defect</i>	9	<i>Adjustment, maintenance,</i>	2	90
		luka ringan pada operator, gangguan kesehatan	5	Potongan kaca <i>bulb</i> banyak tercecer	9	<i>Cleaning</i>	2	90
	Proses produksi berbahaya bagi pekerja		5	proses produksi menghasilkan <i>defect</i>	9	<i>Adjustment, maintenance,</i>	2	90
			5	saluran pembuangan penuh	7	<i>cleaning, membuang sisa scrap</i>	3	105
			5	posisi saluran tidak tepat	5	<i>Adjustment</i>	2	50
	Operator mendapatkan luka ringan	5	tidak ada saluran pembuangan	2	Membuat saluran pembuangan,	2	20	

Dari FMEA di atas, diperoleh tiga penyebab utama terjadinya EHS waste, yakni proses produksi yang banyak menghasilkan *defect*, pecahan kaca yang banyak tercecer di lingkungan kerja, serta problem pada saluran pembuangan untuk *scrap*. Untuk *defect waste*, didapatkan empat penyebab utama terjadinya *defect*, yakni banyaknya jenis *coil* yang dibutuhkan dalam proses produksi, material *bulb* dan *flare* yang kurang bagus, setting *pinching burner* yang kurang sesuai, pemegang cap yang tidak stabil, *vitrite cap* pecah, gunting *pumping* kurang sesuai, lubang dipenuhi kotoran, serta *coil* putus karena mesin *pumping* dan mesin *sealing*. Selanjutnya berdasarkan pada FMEA yang telah disusun, didapatkan alternatif perbaikan untuk setiap *root causes* nya.

Tabel 0 Alternatif perbaikan terhadap setiap *root causes*

Root cause	Improvement
Potongan kaca tercecer di lingkungan kerja	perbaikan pada proses produksi untuk mengurangi jumlah <i>defect</i> , memperbaiki SOP pembersihan lini produksi
proses banyak menghasilkan <i>defect</i>	perbaikan pada proses produksi untuk mengurangi <i>defect</i>
Material <i>bulb</i> dan <i>flare</i> kurang baik	penelitian dan perbaikan kualitas material
LIW bengkok	memberi alat pelurus LIW di <i>uncap chain</i>
<i>roller element</i> rusak	perubahan jadwal PM untuk <i>roller element</i>
Setting <i>inserting element</i> kurang tepat	pengecekan berkala pada <i>inserting element</i>
Setting gas pembakaran kurang sesuai	pengecekan setting gas pembakaran secara berkala

Dari penelusuran dan analisa di atas terdapat 3 alternatif, yakni

1. Pelatihan dan pembentukan tim *Total productive maintenance*. Tim ini merupakan sebuah tim yang akan bertugas sebagai operator dan sekaligus sebagai tim *maintenance*. Tujuannya adalah untuk melakukan pengecekan dan perbaikan terhadap proses yang menghasilkan *defect* dan sering mengalami *breakdown*.
2. Perbaikan kualitas *bulb* dan *flare*.
3. Perbaikan jumlah dan jenis *coil* yang digunakan.

Untuk menilai setiap alternatif dan kombinasinya diperlukan pendekatan *value*. Pendekatan ini memerlukan penilaian dari dua sisi yaitu pertama, performansi alternatif dan kedua, biaya yang dipakai untuk membangun alternatif. Untuk menilai performansi setiap alternatif diperlukan kriteria yaitu *defect* (0.4), *downtime* (0.4) dan output proses (0.2). Tabel di bawah ini menggambarkan perhitungan *value* didasarkan pada dua factor yaitu performansi dan biaya.

Tabel 6 *Value* setiap alternative

Alternatif	Performance (P)			Alternatif	Performance (P)		
		Cost (C)	Value			Cost (C)	Value
0	3.2	18,266,694,743	1	1,2	6.55	68,250,884,229	0.55
1	5	24,729,744,743	1.15	1,3	5	70,772,715,479	0.4
2	4.65	25,254,444,743	1.05	2,3	5.2	71,297,415,479	0.42
3	4.1	27,776,275,993	0.84	1,2,3	5.65	96,027,160,222	0.34

Hasil perhitungan *value* di atas menunjukkan bahwa alternatif yang paling baik untuk diaplikasikan adalah alternatif 1, yakni dengan melakukan pembentukan dan pelatihan tim *total productive maintenance*. Tim ini akan melakukan beberapa aktivitas yang bertujuan untuk mengurangi terjadinya *defect* dan *waiting waste*. Dengan berkurangnya *defect waste*, diharapkan dampak EHS waste akan tereduksi. Dengan penerapan alternative pertama maka bila dilihat dari sudut pandang jumlah kejadian *defect*, di mesin finishing terjadi penurunan 56976 DPMO, atau terjadi terjadi penurunan sebesar 28,16%; ini berarti terjadi kenaikan sigma. Dengan nilai DPMO yang baru maka

nai sigma menjadi 3.08. Penurunan *defect* (DPMO) ini memberi dampak bagus terhadap penurunan EHS *waste*.

Secara finansial, aplikasi alternatif 1 ini akan mampu menurunkan *defect* sebesar 28,16% atau terjadi penurunan *financial waste* dari faktor *defect* di mesin *finishing* ini sendiri adalah sebesar Rp. 2.073.544.704 ($7.363.440.000 \times 28,16\% = \text{Rp. } 2.073.544.704$). Sementara itu dengan perhitungan yang sama untuk pemborosan karena *waiting* terjadi penurunan total waktu down time mesin mounting sebesar 33,51%. Dengan besar penurunan *financial waste* karena *waiting* adalah sebesar $33,51\% \times \text{Rp. } 6.234.472.800 = \text{Rp. } 2.089.390.884$

Dikarenakan terjadi penurunan *defect* maka penggunaan material dan energy secara langsung mengalami penurunan dalam jumlah pemakaiannya. Penurunan ini mengakibatkan dampak penurunan pada EHS *waste*,

Tabel 7 Penurunan kebutuhan material

Material	Awal		Improvement	
Glass	1.054.289.880	Gr	1.464.292	gr
FeCr	1.823.400	Gr	2.5	gr
Tungsten	2.735.100	Gr	3.8	gr
AlCuMg	294.296.760	Gr	409	gr
NG	138.888	m3	193	m3

Hasil dari *software* simapro menunjukkan penurunan dampak lingkungan, yang terlihat dari indikator karbon dioksida yang menunjukkan terjadinya penurunan.

Tabel 8 Penurunan karbon dioksida

Substance	Unit	Awal	Improvement
Carbon dioxide	tn.lg	2479.442	2424.1507
Carbon dioxide, biogenic	Kg	105546.1	103,192.38
Carbon dioxide, fossil	Kg	2761923	2,700,331.90
Carbon dioxide, land transformation	Lb	214.1128	209.34

4. SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah.

- Dengan metode *lean six sigma* dapat ditemukan tiga *waste* utama yang terjadi di departemen ini, yakni EHS, *defect*, dan *waiting waste*
- EHS *waste* muncul dikarenakan timbulnya *defect* dan pemakaian *energy* (*burner*) yang semakin besar.
- Solusi alternative terbaik adalah pembentukan dan pelatihan tim *total productive maintenance*.

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] Harisupriyanto, *Seminar on Application and research in industrial technology (SMART);* Generate alternatif berdasarkan reduksi waste dan RCA', ISBN: 978-602-14272-0-0 hal D-25, UGM Yogyakarta, 2013.
- [2] Olson, E.G. & Brady, N., *Green Sigma And The Technology Of Transformation For Environmental Stewardship, IBM J. RES. & DEV, 53., 2009.*
- [3] Pyzdek, T. & Keller, P.A., *The Six Sigma Handbook. A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*, New York: Mc. Graw Hill. Inc., 2010.
- [4] Qiu, X. & Chen, X., *Evaluate The Environmental Impacts Of Implementing Lean In Production Process Of Manufacturing Industry*, Chalmers University Of Technology, 2009.
- [5] Sitorus, P.M.T., *Quality Planning Improvement with Lean Six Sigma Approach and Economic Valuation with Willingness to Pay, IEEE, 2011.*
- [6] Thornes, P., *Light Bulb Clarity : New Electric Politics* [Online], Available: www.ceolas.net [Accessed 22 March 2012].
- [7] Wang, H., *A Review of Six Sigma Approach: Methodology, Implementation, and Future Research, IEEE, 2008.*