**IDENTIFICATION OF QUALITY IMPROVEMENTS WITH A LEAN SIX SIGMA APPROACH**

Hari Supriyanto\*, Rindi Kusumawardani

Departemen Teknik Sistem dan Industri, FTIRS-ITS, Surabaya

Kampus Keputih-Sukolilo, Surabaya, 60111

[hariqive@ie.its.ac.id](mailto:hariqive@ie.its.ac.id), [rindi@its.ac.id](mailto:rindi@its.ac.id)

**ABSTRAK**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Faktor penting yang mendasari keputusan konsumen untuk memilih produk dan jasa yang diinginkan adalah kualitas produk. Walaupun kualitas pada awalnya dapat ditentukan oleh perusahaan, namun dalam perkembangan selanjutnya perencanaan kualitas harus memperhatikan keinginan dan kebutuhan konsumen. ini adalah cara memberikan pelayanan prima kepada pelanggan, quality to customer. Untuk memenuhinya maka perusahaan perlu menerapkan konsep lean thinking yang bertujuan untuk mengurangi pemborosan. Diperlukan suatu metodologi yang dapat mengurangi variasi produk, dari kesalahan proses produksi dengan metodologi Six Sigma. Perpaduan keduanya sering disebut Lean Six Sigma. Makalah ini diangkat untuk meningkatkan kualitas produk tangki pembawa fluida. Tingginya produk cacat terutama pada proses pengelasan, pemotongan dan pembengkokan, menyebabkan adanya pengerjaan ulang yang berujung pada kerugian. Perusahaan menginginkan adanya pengurangan produk cacat kurang dari 5%. Proses pengelasan, pemotongan dan pembengkokan merupakan penyumbang tertinggi produk cacat, sehingga perbaikan proses akan ditekankan pada proses-tersebut yang dianggap sebagai masalah utama.  Nilai Sigma awal, dari proses pengelasan, pemotongan dan pembengkokan secara berurutan cukup baik. Target yang ingin dicapai adalah meningkatkan nilai sigma dari proses tersebut. Alternatif yang dipilih yaitu membuat dan mengawasi pelaksanaan SOP, serta pelatihan untuk meningkatkan keterampilan, pengetahuan, dan kemampuan karyawan. Alternatif-alternatif tersebut dapat meningkatkan nilai sigma dari kondisi awal dari 2,90 menjadi 3,0. Kenaikan nilai sigma menunjukkan penurunan tingkat cacat per sejuta peluang (DPMO). |  | **KEYWORDS** |
|  | sigma  defect  quality  lean thinking  improvement |
|  |
|  |
|  |
|  |

1. **Pendahuluan**

Bertambahnya penduduk menyebabkan kebutuhan pasar dan konsumen semakin dinamis. Pertumbuhan terseabut menyebabkan pertumbuhan ekonomi dan peluang besar untuk memanfaatkan keunggulan bersaing. Bagi perusahaan peningkatkan 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]. 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 berpengaruh 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 [3], [5]. 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 yang serius dan berjenjang [6].

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 perbaikan yang sesuai apabila terdapat perbedan antara yang sebenarnya dengan standart [7]. 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 [8].

Penelitan ini akan memberikansolusi terhadap permasalahan kualitas produk, 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 [4], [9]. Adapun tujuannya adalah identifikasi *waste* yang paling berpengaruh, dan memberikan usulan perbaikan yang bertujuan untuk mereduksi terjadinya *waste*

**2. Metodologi**

Siklus *Six-Sigma* dipakai untuk membangun *continous process improvement*. Siklus yang dipakai adalah *Define, Measure, Analysis* dan *Control* seperti ditunjukkan pada gambar 1 [3]*.* Pendekatan *lean manufacturing* adalah pendekatan yang sifatnya sistematis untuk mengidentifikasi adanya inefiensi sumber daya dan mengeliminasi adanya *waste* (pemborosan) disepanjang *value stream* melalui *continuous process improvement*. Prinsip dari *lean manufacturing* adalah memperbanyak *added value activity* dengan mengurangi *waste* [10]. *Waste* diidentifikasikan sebagai *idle time* dimana tidak ada nilai tambah pada produk atau jasa. Strategi *lean manufacturing* adalah memberikan kemampuan pada perusahaan untuk berkompetisi dengan cara meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya. Target dari *lean manufacturing* adalah mengurangi 8 kategori *waste* meliputi *Overproduction, Motion, Inventory, Transportation, Waiting, Underutilized People, Defects, dan Inappropriate Processing* [11]*.*

*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 [12].

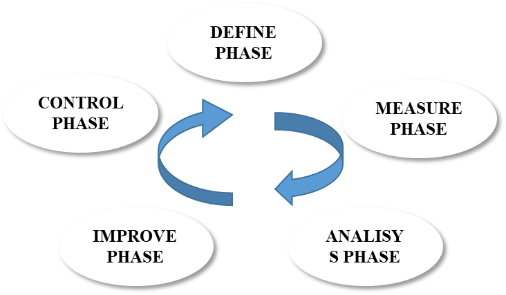
*Measure* *phase* dimulai dengan mengukur tingkat kinerja sekarang dengan *defect per million opportunities* (DPMO) dan nilai *sigma*.

*Analisys* p*hase* dimulai dengan mencari dan menentukan penyebab dari suatu masalah. Selanjutnya akar utama suatu permasalahan dapat dianalisis menggunakan diagram sebab akibat, *root cause analisys* (RCA) dan failure modes and effect analysis (FMEA) [13].

*Improvement* *phase* diperoleh dari nilai *risk priority number* (RPN) dari FMEA [14]. 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.

*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 diidentifikasikan sebagai *idle time* yang terjadi disepanjang proses dan tidak mempunyai nilai tambah. Strategi yang benar dari *lean manufacturing* adalahdapat mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas. Kekuatan dari kedua konsep ini disinergikan menjadi satu konsep yang tertintegrasi yaitu Konsep *Lean Six Sigma* [15].

Pemikiran *Lean Six Sigma* perlu disebarluaskan ke seluruh bagian tanpa memandang tipe industri atau tipe kegiatan [16]. 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* [7]*,* 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. Selanjutnya FMEA digunakan untuk mengidentifikasi tindakan-tindakan korektif

Secara umum metodologi yang dipakai akan mengikuti tiga tahap, yaitu tahap informasi dan identifikasi, tahap analisa, dan tahap *generate alternative.*

Tahap petama, informasi dan identifikasi, tahap ini mirip dengan tahap pertama *define*; adalah tahap pencarian informasi yang berhubungan dengan problem. Diperlukan identifikasi awal berupa mapping proses produksi yang bertujuan untuk memetakan seluruh proses. Salah satu *tools mapping* adalah *big picture mapping* [9]. Dari identifikasi tersebut penelusuran problem terutama *waste* (pemborosan) akan diketahui. Pemborosan sering terindikasi dari adanya *nonvalue added activity*. Pada tahap awal ini berdasarkan pada data maka dapat dihitung nilai *sigma* awal.

Tahap kedua, analisa. Dari tahap pertama selanjutnya dilakukan analisa untuk menentukan aktifitas dari waste kritis. Selanjutnya dicari akar penyebab masalah dengan RCA (*root cause analysis*). Untuk mengetahui prioritas atas kekritisan dipakai perhitungan RPN (*risk priority number*) dengan pendekatan FMEA (*failure mode and effect analisys*).

Tahap ketiga, *build alternative*. Tahap ini dimulai dari *generate alternative* yang memungkinkan untuk dijalankan perusahaan. Pemilihan didasarkan pada prioritas dari *risk priority number* (RPN) yang diperoleh dari FMEA. Langkah terakhir adalah pemilihan alternatif terbaik.

**3. HASIL**.

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 prroduksi tersebut dapat digambarkan dalam bentuk *value stream mapping,* seperti pada gambar 3. Proses produksi tangki mempunyai total *lead time* selama 82 jam atau 9,7 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 d*efine* (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 7% 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 kontinyu-terus menerus untuk mengurangi persentase cacat yang terjadi dengan tujuan untuk mereduksi biaya dan mencapai *zero defect* [17].

Untuk mengetahui sistem produksi secara keseluruhan dapat dilakukan dengan cara menvisualisasikan 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 disebakan 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 dapat diklasifikasikan dalam aktifitas yang *value adding (VA), necessary but not value adding (NNVA),* dan *non value adding (NVA)* [10]*.*



**Gambar 3**. VSM proses pembuatan tangki

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 *Key Performance Indicator*-KPI [18]. Indikator dalam pengukuran KPI ini dapat merepresentasikan hasil operasi manafuktur. 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 34%, *necessary but non value added activity* yaitu 44% dan *non value added activity* adalah 22%. 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* prosess/ prodduksi 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*). *T*erjadi 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.*

W*aiting waste* ditentukan berdasarkan *downtime* mesin. Tahapan awal yaitu menghitung nilai sigma terhadap *waiting*. S*igma* *waiting* dihitung terhadap total waktu *waiting* terhadap total waktu produksi secara keseluruhan.

Diperoleh bahwa total waktu *unplanned downtime* yang terjadi selama delapan periode produksi adalah 416 jam. Dengan demikian persentasi 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 1. menunjukkan proporsi *waste*.

**Tabel 1.** Peringkat *waste* berdasarkan proporsinya

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **jenis *waste*** | **%** |  | **jenis *waste*** | **%** |
| *Excess/ Over processing* (proses berlebih) | 25 |  | *Underutilized human* (kinerja tidak maksimal) | 8 |
| *Defect*s (cacat produk) | 23 |  | *Movement* (gerakan operator) | 7 |
| *Waiting*(waktu tunggu) | 18 |  | *Unnecessary inventory*(inventory berlebih) | 6 |
| *Transportation* (perpindahan) | 8 |  | *Over production* (kelebihan produksi) | 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 |
| Kekerasan pisau | Kesalahan operator |
| Konsleting | kejutan arus | stabilizer tidak ada |  |
| 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*** | ***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 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 | *Hasil pengela san 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 | 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** | ***Sigma*** |
| 30,9 %  69,2 %  93,3 %  99,4 %  99,98 %  99,9997 % | 690.000  308.000  66.800  6.210  320  3,4 | 1  2  3  4  5  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).

Dari perhitungan diperoleh bahwa *sigma* awal adalah 2,9 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. Selanjunya 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 [19] Tabel 5 menggambarkan alternatif yang mungkin untuk dijalankan dengan mempertimbangkan dua sisi yaitu biaya dan performansi.

**Tabel 5.** *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 | 1,2978 |
| 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 2,90 dan *defect per million opportunities* (DPMO) sebesar 69 000 dan *sigma* setelah pelaksanaan kobinasi alternatif 1 dan 3 mempunyai nilai *sigma* sebesar 3,30 dengan *defect per million opportunities* (DPMO) sebesar 46 000; terjadi peningkatan nilai *sigma* terhadap *Defect waste* sebesar 0,40, 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 perusahaan yang akan menjalankan perbaikan proses. Dengan perbaikan proses yang terus menerus *(continous process improvement*) diharapkan nilai sigma akan semakin baik.

**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 2.90 menjadi 3.30 dan terjadi reduksi cost sebesar 25%

**Daftar Pustaka**

[1] W. Timans, K. Ahaus, R. van Solingen, M. Kumar, and J. Antony, “Implementation of continuous improvement based on Lean Six Sigma in small- and medium-sized enterprises,” *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, vol. 27, no. 3–4, pp. 309–324, Mar. 2016, doi: 10.1080/14783363.2014.980140.

[2] A. M. H. Pereira, M. R. Silva, M. A. G. Domingues, and J. C. Sá, “Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study,” *Qual. Innov. Prosper.*, vol. 23, no. 3, pp. 103–121, 2019, doi: 10.12776/QIP.V23I3.1334.

[3] N. Jamil, H. Gholami, M. Z. M. Saman, D. Streimikiene, S. Sharif, and N. Zakuan, “DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a sustainable manufacturing system,” *Econ. Res. Istraz.* , vol. 33, no. 1, pp. 331–360, 2020, doi: 10.1080/1331677X.2020.1715236.

[4] A. Adeodu, M. G. Kanakana-Katumba, and M. Rendani, “Implementation of lean six sigma for production process optimization in a paper production company,” *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 14, no. 3, pp. 661–680, 2021, doi: 10.3926/jiem.3479.

[5] B. Setiawan, E. Rimawan, and D. S. Saroso, “Quality Improvement Using The DMAIC Method To Reduce Defect Product In The PVC Compounds Industry,” vol. 8, no. 4, pp. 5388–5405, 2021.

[6] F. Olanrewaju, A. C. Uzorh, and I. Nnanna, “Austin Chima Uzorh , Innocent Nnanna . Lean Six Sigma Methodology and Its Lean Six Sigma Methodology and Its Application in the Manufacturing Industry – A Review,” no. October, 2019, doi: 10.11648/j.ajmie.20190403.11.

[7] V. Gupta, R. Jain, M. L. Meena, and G. S. Dangayach, “Six-sigma application in tire-manufacturing company: a case study,” *J. Ind. Eng. Int.*, vol. 14, no. 3, pp. 511–520, 2018, doi: 10.1007/s40092-017-0234-6.

[8] V. Sunder M, S. Mahalingam, and S. N. Krishna M, “Improving patients’ satisfaction in a mobile hospital using Lean Six Sigma–a design-thinking intervention,” *Prod. Plan. Control*, vol. 31, no. 6, pp. 512–526, 2020, doi: 10.1080/09537287.2019.1654628.

[9] C. V. Vasconcellos de Magalhaes Castro and J. B. De Camargo Junior, “The benefits and challenges of a continuous improvement area in a manufacturing plant,” *Quaestum*, vol. 1, pp. 1–6, 2020, doi: 10.22167/2675-441x-20200528.

[10] S. Ghosh and K. Lever, “A lean proposal: development of value stream mapping for L’Oreal’s artwork process,” *Bus. Process Manag. J.*, vol. 26, no. 7, pp. 1925–1947, 2020, doi: 10.1108/BPMJ-02-2020-0075.

[11] A. O. Adeodu, M. G. Kanakana-Katumba, and R. Maladzhi, “Implementation of lean six sigma (Lss) methodology, through dmaic approach to resolve down time process; a case of a paper manufacturing company,” *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 59, no. February, pp. 37–47, 2020.

[12] R. Acero, M. Torralba, R. Pérez-Moya, and J. A. Pozo, “Value stream analysis in military logistics: The improvement in order processing procedure,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.3390/app10010106.

[13] R. Sawhney, K. Subburaman, C. Sonntag, P. R. Venkateswara Rao, and C. Capizzi, “A modified FMEA approach to enhance reliability of lean systems,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 27, no. 7, pp. 832–855, 2010, doi: 10.1108/02656711011062417.

[14] A. Sutrisno and T. Lee, “Service reliability assessment using failure mode and effect analysis (FMEA): survey and opportunity roadmap,” *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 7, 2012, doi: 10.4314/ijest.v3i7.3s.

[15] M. P. Khan, N. A. Talib, and T. O. Kowang, “The development of a sustainability framework via lean green six sigma practices in SMEs based upon RBV theory,” *Int. J. Innov. Creat. Chang.*, vol. 12, no. 5, pp. 135–156, 2020.

[16] J. Antony, R. Snee, and R. Hoerl, “Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 34, no. 7, pp. 1073–1093, 2017, doi: 10.1108/IJQRM-03-2016-0035.

[17] U. C. Shaju, K. Sarkar, Z. Hashem, and K. Hasan, “Redalyc.A CASE STUDY OF SIX SIGMA DEFINE-MEASURE-ANALYZE-IMPROVE-CONTROL (DMAIC) METHODOLOGY IN GARMENT SECTOR,” 2017, doi: 10.14807/ijmp.v8i4.650.

[18] A. Chakrabarty and K. C. Tan, “The current state of six sigma application in services,” *Manag. Serv. Qual.*, vol. 17, no. 2, pp. 194–208, 2007, doi: 10.1108/09604520710735191.

[19] I. Liviu, T. Ana-Maria, and C. Emil, “WAREHOUSE PERFORMANCE MEASUREMENT – A CASE STUDY Ilieş Liviu Babeş B,” *Jel*, vol. 19, no. M, pp. 307–312, 2008, [Online]. Available: http://steconomiceuoradea.ro/anale/volume/2009/v4-management-and-marketing/50.pdf.