

# ANALISIS IMPLEMENTASI *SIX SIGMA* UNTUK PERBAIKAN KUALITAS DAN MEMINIMALISIR AKTIVITAS *REPAIR* PRODUK SEPATU PADA DEPARTEMEN *ASSEMBLY* (Studi Kasus: PT Pelita Tomangmas)

Ulayya Farah Bittari<sup>1</sup>, Yusuf Widharto\*<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

*Pada era industri yang semakin berkembang saat ini menyebabkan semakin sengitnya persaingan, terutama di sektor manufaktur sepatu. PT. Pelita Tomangmas adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi sepatu ekspor untuk VOS dan FGS, namun menghadapi masalah kualitas di departemen assembly, di mana masih banyak terjadi defect dalam proses produksi. Berdasarkan perhitungan DPMO dan sigma rata-rata pada Oktober-Desember 2021, nilai masing-masing adalah 21363,04 dan 3,5264, serta pada bagian produksi memiliki indeks kapabilitas proses atau Cpk sebesar 0,67528. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menurunkan total produk yang cacat dan meminimalkan aktivitas perbaikan dalam proses produksi sepatu di departemen assembly PT Pelita Tomangmas dengan menggunakan metode Six Sigma melalui pendekatan DMAIC serta saran perbaikan akan dilakukan dengan menganalisis menggunakan diagram tulang ikan.*

**Kata kunci:** *six sigma; cacat; reject; perbaikan; DMAIC; sepatu ekspor.*

## Abstract

*[Analysis of Six Sigma Implementation For Quality Improvement and Minimizing Shoe Product Repair Activities In The Assembly Departement (Case Study: PT Pelita Tomangmas)] In the current era of growing industry, competition has intensified, especially in the shoe manufacturing sector. PT. Pelita Tomangmas is a manufacturing company that produces shoes for export to VOS and FGS. However, they are facing quality issues in the assembly department, where defects occur frequently in the production process. Based on the calculations of DPMO and the average sigma from October to December 2021, the values are 21363.04 and 3.5264 respectively. The production department also has a process capability index, or Cpk, of 0.67528. This research aims to reduce the total number of defective products and minimize repair activities in the shoe production process in the assembly department of PT Pelita Tomangmas. It will be achieved by using the Six Sigma method through the DMAIC approach. Improvement suggestions will be made by analyzing using a fishbone diagram.*

**Keywords:** *six sigma; defect; reject; repair; DMAIC; export shoes*

## 1. Pendahuluan

Di era perkembangan industri saat ini, persaingan semakin ketat di industri manufaktur sepatu untuk menciptakan produk yang berkualitas. Upaya yang harus dilakukan untuk bertahan adalah dengan memenuhi kepuasan pelanggan melalui produksi yang baik. dengan sistem operasi yang terkendali yaitu melalui pengendalian kualitas yang

diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dalam mencegah produk cacat dan mengurangi pemborosan material, waktu, dan tenaga kerja. Hal ini pada akhirnya dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi produksi.

PT. Pelita Tomangmas cabang Karanganyar merupakan perusahaan manufaktur pembuatan sepatu ekspor VOS dan FGS untuk pemasaran luar negeri ke sejumlah negara seperti 23 European Countries, UK, Belgium, Canada, USA Australia, New Zealand, Middle East, dan Asia sesuai dengan permintaan *buyer*. PT. Pelita Tomangmas memproduksi jenis

---

\*Penulis Korespondensi.

E-mail: yusufwidharto@lecturer.undip.ac.id

sepatu VOS dan FGS, diantaranya terdapat Gelert – Leather Boot, Kangol – Harrow Boot, Calvin Klein Golf, Karrimor – Hotrock, dan lainnya.

Berkaitan dengan permintaan konsumen, PT Pelita Tomangmas selalu berupaya untuk mempertahankan kepercayaan pelanggannya. Tindakan ini dilakukan dengan selalu memperhatikan mutu hasil produk, meskipun realitanya pasti ada beberapa produk yang tidak memenuhi spesifikasi sehingga perlu dilakukan perbaikan dan penyesuaian ulang. Pada kasus yang dihadapi oleh PT Pelita Tomangmas, terutama permasalahan produk cacat yang paling banyak terjadi pada tahap proses perakitan. Proses perakitan (*assembly*) merupakan proses yang sangat krusial dalam industri manufaktur sepatu karena pada proses ini akan dihasilkan produk final yang akan didistribusikan kepada pelanggan di berbagai negara.

Berdasarkan masalah di atas, diperlukan suatu pendekatan kualitas yang tidak hanya menekankan pada tingkat cacat, tetapi juga mengutamakan kepuasan pelanggan. Salah satu pendekatan tersebut adalah *Six sigma*. *Six sigma* adalah suatu metodologi terstruktur yang bertujuan untuk meningkatkan proses dengan fokus pada pengurangan variasi dan pengurangan produk/layanan yang tidak sesuai dengan standar, menggunakan alat statistik dan berbagai alat kualitas lainnya.

Metode *Six Sigma* (DMAIC) digunakan pendekatan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini. Keunggulan dari pendekatan DMAIC ini adalah pada proses/langkah yang dilakukan yaitu pengukuran masalah, fokus pada pelanggan, pengujian terhadap akar permasalahan, penghentian kebiasaan lama, pengelolaan risiko, pengukuran hasil, dan mempertahankan perubahan yang telah dilakukan.

Dengan penerapan metode *Six sigma* melalui pendekatan DMAIC, perusahaan dapat mengetahui sebab *defect* atau cacat produk dan merancang rencana untuk meningkatkan kualitas produk. Selain itu, metode ini juga mempertimbangkan pengendalian proses industri yang memiliki fokus pada kepuasan konsumen, sesuai dengan tujuan perusahaan yang berfokus pada kepuasan pelanggan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pengendalian Kualitas

Menurut Sofyan (1998) menjelaskan bahwa pengawasan dan pengendalian merupakan aktivitas yang perlu dilakukan untuk memastikan agar kegiatan operasional dan produksi yang dilaksanakan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Jika terjadi kesalahan, maka dapat langkah koreksi dapat diambil untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Fokus utama dari pengendalian kualitas adalah untuk memastikan bahwa produk yang diproduksi memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan dan sekaligus mengurangi biaya

### 2.2 Six Sigma

Menurut (Berman & Evan, 2007), *Six Sigma* ialah metode perbaikan proses bisnis yang berupaya untuk mengidentifikasi dan meminimasi faktor-faktor yang menyebabkan *fault* dan *defect*, lebih baik dalam memenuhi kebutuhan pelanggan, meningkatkan produktivitas, mencapai pemanfaatan sumber daya yang optimal, dan memperoleh hasil investasi yang lebih baik dalam hal produksi maupun layanan.

Secara terminologi *six sigma* berasal dari simbol  $\sigma$  (*sigma*) yang merupakan simbol dari standar deviasi yaitu sebaran dari keseluruhan rata-rata data. *Six* menggambarkan tingkat penerimaan mutu yaitu memiliki nilai enam kalinya dari standar deviasi. Nilai *sigma* disebutkan dalam DPU (*Defect Per Unit*). Ketika nilai *sigma* pada suatu proses semakin tinggi, maka jumlah dan variasi cacat akan semakin berkurang. Akibatnya yaitu biaya kualitas menurun dan waktu produksi (*Cycle time*) menjadi lebih efisien.

Dalam implementasi *six sigma*, sasaran untuk mengontrol cacat atau proses yang gagal ditetapkan pada tingkat 3,4 DPMO yang berarti hanya 3,4 unit cacat dari setiap 1 juta unit produk yang diproduksi. Hal ini menunjukkan bahwa perusahaan mampu menghasilkan produk dengan kepuasan pelanggan menyentuh 99,9997%. Cacat (*defect*) merupakan karakteristik yang dapat diukur dari suatu proses, dimana hasil produksinya tidak memenuhi batasan yang telah ditetapkan berdasarkan spesifikasi pelanggan. *Six sigma* merupakan praktik yang dapat membantu perusahaan menghilangkan cacat tersebut.

Keuntungan dari implementasi *Six sigma* dalam masing-masing perusahaan bervariasi sesuai dengan jenis industri yang ditekuni. Namun, secara umum *six sigma* memiliki potensi untuk menghasilkan pengembangan dalam aspek berikut ini (Pande dkk., 2002) :

1. Pengembangan produk
2. Pengurangan cacat
3. Retensi pelanggan
4. Pengurangan waktu siklus
5. Perbaikan produktivitas
6. Pertumbuhan pangsa pasar
7. Pengurangan biaya

Dibawah ini yaitu peluang terjadinya kesalahan dan presentase produk tanpa cacat dalam skala “*level sigma*”

**Tabel 1** Tingkat Pencapaian Sigma

Tingkat Pencapaian Sigma	DPMO ( <i>Defect per Million Opportunity</i> )	COPQ ( <i>Cost of poor Quality</i> )	Tingkat Kepuasan Pelanggan
1-sigma	691,462 (sangat tidak kompetitif)	Tidak dapat dihitung	30,9%
2-sigma	305,538 (rata-rata industri Indonesia)	Tidak dapat dihitung	69,2%
3-sigma	66,807	25-40% dari penjualan	93,3%
4-sigma	6,210 (rata-rata industri USA)	15-25% dari penjualan	99,4%
5-sigma	233 (rata-rata industri Jepang)	5-15% dari penjualan	99,98%
6-sigma	3,4 (Industri kelas dunia)	<1% dari penjualan	99,9997%

Berikut adalah istilah yang menjadi penting dalam metode *Six sigma*:

- DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) *Defect* yakni kegagalan dalam memenuhi keinginan pelanggan, sementara *Defect Per Opportunities* (DPO) adalah ukuran kegagalan yang diukur dalam rangka program pengoptimalan kualitas *six sigma*. DPO menunjukkan jumlah cacat dan gagal per satu kesempatan, sedangkan untuk DPMO adalah besarnya DPO dikalikan dengan konstanta satu juta
- CTQ  
*Critical to Quality* (CTQ) merupakan tolak ukur internal yang mengkritik kualitas terkait dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan. Penerapan CTQ melibatkan penentuan fitur-fitur karakteristik kualitas yang relevan dengan pelanggan. Selain itu, CTQ perlu dimasukkan ke dalam rincian alur kerja dari suatu proses bisnis. Secara umum, karakteristik kualitas yang biasanya dipertimbangkan meliputi: (Gasperz, 2001) :
  1. Mutu produk
  2. Layanan purna-jual
  3. Interaksi antara pegawai dan konsumen
- Kapabilitas proses  
Kapabilitas proses adalah indikator utama kinerja yang menggambarkan sejauh mana proses mampu menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh manajemen berdasarkan harapan dan keinginan pelanggan. Indeks kapabilitas proses adalah semua produk yang memenuhi spesifikasi diklasifikasikan sebagai “*acceptable*” sedangkan produk yang diluar spesifikasi disebut sebagai “*defect*”. *Defect* adalah faktord yang dapat menyebabkan ketidakpuasan pelanggan.

Menurut Thomas (2002) pendekatan perbaikan yang digunakan dalam *Six sigma* melibatkan suatu pola perbaikan dalam lima fase (DMAIC), Berikut penjelasan kelima fasenya:

- *Define*  
Tahapan *define* yaitu tahap awal yaitu fase menetapkan permasalahan, menentukan syarat konsumen dan membentuk tim, serta menetapkan tujuan.
  - *Measure*  
Kegiatan utama pada fase *measurement* yaitu mengerti arti dari data, mengevaluasi kemampuan proses sesuai dengan kondisi aktual, menentukan langkah perbaikan berdasarkan kondisi aktual, dan mengukur kinerja proses saat ini dengan tujuan yaitu untuk membandingkannya dengan sasaran yang telah ditetapkan.
  - *Analyze*  
Dalam tahap analisis, kegiatan yang dilakukan adalah mengenali hubungan sebab-akibat antara berbagai faktor yang sedang diselidiki guna menentukan faktor utama yang memerlukan pengendalian.
  - *Improvement*  
*Improvement* merupakan tahap untuk meningkatkan proses dan mengeliminasi akar penyebab cacat. Hal ini adalah langkah dalam memaksimalkan kualitas dengan pendekatan *Six sigma* yang melibatkan pengukuran (dengan mempertimbangkan peluang, cacat, dan kapabilitas proses saat ini), memberikan rekomendasi perbaikan, melakukan analisis, dan akhirnya menerapkan tindakan perbaikan..
  - *Control*  
Pada fase ini mencakup pengendalian proses secara *continue* untuk mengoptimalkan kapabilitas proses menuju sasaran *six sigma*. Pada tahap ini, hasil *quality improvement* didokumentasikan, dipublikasikan, dan digunakan sebagai pedoman standar.
- ### 3. Metode Penelitian
- #### 3.1 Pengumpulan Data
1. Data Primer  
Data primer diperoleh dari kegiatan observasi langsung di lokasi objek penelitian yakni departemen *assembly* PT Pelita Tomangmas. Data yang diambil berupa data faktual yang berkaitan dengan masalah yang sedang diteliti, proses produksi, dan hasil wawancara dengan pihak terkait serta selalu mematuhi protokol kesehatan.
  2. Data Sekunder  
Data sekunder mencakup data internal yang diperoleh dari pihak Kontrol Kualitas (QC) serta PPIC dari Departemen *Assembly*. Data ini bersifat kualitatif dan berkaitan dengan kecacatan produk sepatu PT Pelita Tomangmas Karanganyar serta studi literatur dan data pendukung lainnya.

### 3.2 Pengolahan Data

Sebelum pengolahan data, dilakukan pengujian data terlebih dahulu dengan tiga jenis pengujian data yaitu uji kecukupan data, uji keseragaman data, serta uji normalitas data. Selanjutnya, data diolah dengan menggunakan metode *Six sigma* dengan pendekatan DMAIC. Tahapan pengolahan data yang dilakukan sebagai berikut:

#### a. Define

Pada fase ini, dilakukan identifikasi proses pada produksi sepatu VOS dan FGS di departemen perakitan, penetapan masalah dan identifikasi cacat yang terjadi pada proses tersebut, penentuan CTQ, serta pembuatan diagram SIPOC.

#### b. Measure

Pada fase ini mencakup tahap menentukan stabilitas proses, menghitung nilai DPO dan DPMO, menghitung nilai atau level sigma, serta menghitung stabilitas proses.

#### c. Analyze

Pada fase ini, terjadi analisis korelasi antara sebab dan akibat dari berbagai faktor yang sedang diteliti untuk mengidentifikasi faktor utama yang perlu untuk dikelola. Pada fase ini, ditentukan target kinerja CTQ dan dilakukan identifikasi faktor-faktor penyebab masalah untuk meningkatkan pemahaman terhadap proses dan masalah yang sedang diteliti.

#### d. Improve

Fase ini adalah langkah untuk memperbaiki proses dan menghilangkan akar penyebab cacat. Dalam fase ini, dilakukan peningkatan kualitas dengan pendekatan six sigma melalui langkah-langkah seperti pengukuran (dengan mempertimbangkan peluang, kerusakan, dan kapabilitas proses saat ini), penyusunan rekomendasi perbaikan, analisis, dan melakukan tindakan perbaikan. Selain itu, pada tahap ini berbagai solusi ditawarkan untuk mengurangi jumlah cacat.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilaksanakan dengan metode *Six Sigma* melalui lima fase (DMAIC) yang digunakan untuk menuntaskan kasus *defect* yaitu :

### Fase Define

Pada fase ini mencakup proses produksi dan mengidentifikasi masalah, mengidentifikasi *key process* yang disajikan dalam bentuk diagram SIPOC. mengidentifikasi jenis kecacatan terbanyak, serta mengidentifikasi CTQ (*Critical to Quality*).

#### 1. Identifikasi Key Process

Berikut adalah tabel diagram SIPOC pada departemen perakitan PT Pelita Tomangmas

**Tabel 2** Diagram SIPOC

Suppliers	Inputs	Processes	Outputs	Customers
- PT Bintang Indonesia	- Upper part	1. Lasting		
- PT Sam Shin Pack	- Bottom part (Rubber, Eva, PVC)	2. Quality Control Lasting 1		
- PT Hong In Rubber	- Laste	3. Upper Buffing		
- PT Taeyong	- Lace clips & strap	4. Upper Marking		
- PT Korio	- Primer	5. Quality Control Lasting 2		
- PT Toraber	- Cement	6. Dust off Process		
- VOS	- Sockliner	7. Cementing		
	- Label	8. Upper & Bottom Attaching		
	- Hangtag	9. Sockliner Process		
	- Stuffing paper	10. Quality Control Bonding	Export Shoes	
	- Inner Box	11. Stich Outsole to Upper	VOS dan FGS	Warehouse
	- Master Box	12. Shoelace Process	(All Models)	
	- Latex	13. Glue off Process		
	- Lem Apu-0510	14. Outsole and Upper Washing		
	- MEK	15. Quality Control Final		
		16. Hangtag and Label Sticker Process		
		17. Quality Control Barcode		
		18. Innerbox Process		
		19. Packing		

#### • Supplier

PT Pelita Tomangmas Karanganyar memperoleh sekitar 80% *material part upper* dan *bottom* dari *supplier* yaitu VOS (*Upper Kulit* dan *bottom*). Komponen *outsole* juga didapatkan dari *supplier* diantaranya PT Toraber, PT Hong In, dan PT Korio. Komponen *pack* seperti *barcode*, *sticker* karton dan *sticker* harga diperoleh dari *supplier* yaitu PT Taeyong. Komponen *accessories* berasal dari *supplier* yaitu PT Bintang Indonesia. Sedangkan untuk *masterbox* berasal dari *supplier* yaitu PT Sam Shin Pack. Bagian *upper* dan *outsole* yang telah melewati pemeriksaan kemudian disimpan pada di gudang bahan mentah hingga dapat digunakan pada proses produksi.

#### • Input

Berikut merupakan komponen *input* yang dibutuhkan dalam proses produksi produk sepatu PT Pelita Tomangmas:

- Upper part
- Bottom part (Rubber, Eva, Welt PVC)
- Laste
- Lace clips & strap
- Primer
- Cement
- Latex
- Lem Apu-0510 (Lem outsole to upper)
- MEK (Cuci Outsole)
- Sockliner
- Label
- Hangtag

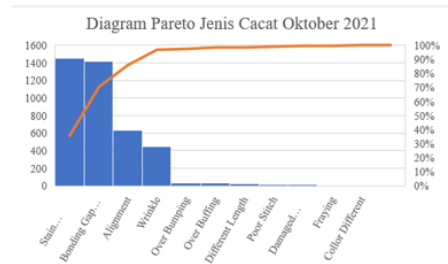
- m) *Stuffing paper*
- n) *Inner Box*
- o) *Master Box*
- Proses
  - Proses produksi sepatu pada departemen *assembly* PT Pelita Tomangmas Karanganyar terdiri dari tahap persiapan dari departemen *sewing* menuju ke proses *assembly* yaitu dengan pemasangan *laste* pada bagian *upper*, pemberian *latex* pada *upper*, *heating process* 1 (oven), *toe lasting*, *side lasting*, *shoe lace pool*, *heel lasting*, *quality control lasting* 1. Jika lolos inspeksi langsung menuju oven (*heating process* 2), namun jika tidak lolos inspeksi maka menuju stasiun kerja perbaikan dahulu. Kemudian setelah *heating process* 2 (oven), dilanjutkan *bumping upper*, pembuatan pola *outsole* dan *upper*, *quality control lasting* 2. Jika lolos inspeksi langsung menuju stasiun kerja *upper buffing*, namun jika tidak lolos inspeksi maka menuju stasiun kerja perbaikan sebelumnya atau dikembalikan kepada operator sesuai dengan *defect* sepatu. Kemudian setelah proses *upper buffing*, dilanjutkan cuci *outsole*, buang debu, *heating process* 3 (oven), lalu masuk ke proses *cementing*. Proses *cementing* dimulai dari pemberian *primer* pada *outsole*, *heating process* 4 (oven), *primer* pada *upper*, pengeleman *outsole* dan *upper*, *heating process* 5 (oven). Selanjutnya menuju tahap menyatukan bagian *upper* dan *bottom* sepatu terdiri dari proses tempel dan *press universal* (dibantu dengan mesin *press*). Setelah itu proses buang lem, *cooling process* (oven pendingin), dilanjutkan dengan pencabutan *laste* yang terdiri dari proses pelepasan tali sepatu/strap terlebih dahulu lalu pengambilan *laste*, *quality control bonding*. Jika lolos inspeksi langsung menuju proses *finishing* yaitu proses jahit *outsole to upper*, namun jika tidak lolos inspeksi maka menuju ke stasiun perbaikan *bonding* atau dikembalikan kepada operator yang bersangkutan sesuai dengan *defect* sepatu. Kemudian setelah jahit *outsole to upper*, dilanjutkan ke proses gunting benang, *sockliner process* meliputi kegiatan pemberian lem, memasukkan *sockliner* dan *sockliner pressing* (dibantu dengan mesin *press*). Setelah itu pemasangan tali sepatu/strap, proses buang lem, pencucian *outsole* dan *upper*, proses bakar benang, *quality control finishing*. Jika lolos inspeksi maka dilanjutkan ke *toe stuffing process*, namun jika tidak lolos inspeksi maka menuju stasiun kerja perbaikan *finishing* atau jika sudah *reject*, maka produk akan difilter berdasarkan tingkat kecacatan yang terdeteksi baru dilanjutkan ke proses selanjutnya. Setelah itu dilanjutkan ke proses pemasangan *innerbox* sesuai dengan jenis dan model sepatu, pemasangan *barcode*, *hangtag*, *sticker*, *quality control barcode*. Jika lolos inspeksi, maka sepatu dilanjutkan ke proses *packing* yaitu memasukkan sepatu ke dalam *innerbox* dan disalurkan ke departemen

*packing/warehouse*, namun jika tidak lolos inspeksi maka dikembalikan ke operator yang bersangkutan.

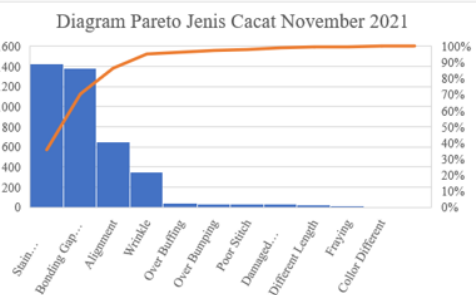
- *Output*
  - Output* yang diperoleh dari proses *assembly* berupa produk *final* sepatu ekspor VOS dan FGS yang kemudian dikemas dalam *master box*.
- Pelanggan
  - Pelanggan yang dituju setelah proses produksi selesai adalah *warehouse* VOS dan FGS yang dikelola oleh perusahaan pembeli dimana untuk lot produksi yang telah lolos *quality control* akan di ekspor menuju ke negara tujuan sesuai permintaan pembeli.

#### 1. Identifikasi Jenis Cacat

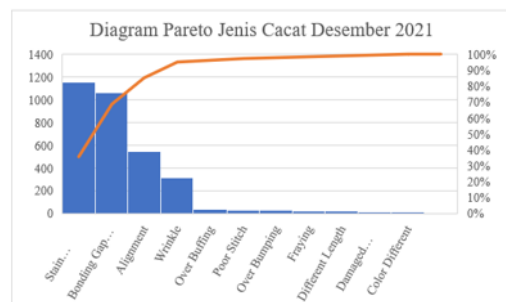
Presentase cacat dan *reject* sepatu VOS dan FGS di Departemen *Asssembly* dari yang paling kecil hingga paling besar, dapat diketahui dengan menggunakan diagram pareto. Diagram pareto adalah salah satu alat statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah utama kualitas dengan menghitung frekuensi cacat terbesar. Berdasarkan data jenis cacat pada produk sepatu selama bulan Oktober hingga Desember 2021 disajikan dalam bentuk diagram pareto sebagai berikut:



**Gambar 1** Diaram Pareto Jenis Cacat Bulan Oktober 2021



**Gambar 2** Diaram Pareto Jenis Cacat Bulan November 2021



**Gambar 3** Diaram Pareto Jenis Cacat Bulan Desember 2021

Dari diagram pareto diatas, dapat dilihat bahwa rata-rata jenis *defect* tertinggi adalah *Stain/Overcement* dan *Bonding Gap Upper to Outsole* dengan masing-masing presentase yaitu 35,60% dan 34,02%.

## 2. Identifikasi CTQ (*Critical to Quality*)

*Critical to Quality* atau CTQ merupakan karakteristik yang memiliki peran krusial dalam menentukan kualitas dan secara langsung terkait dengan kebutuhan khusus pelanggan. Identifikasi CTQ yang potensial dapat dilakukan dengan mempertimbangkan data riwayat cacat, tingkat keluhan pelanggan, serta pandangan internal internal PT Pelita Tomangmas Karanganyar untuk memprioritaskan perbaikan yang perlu dilakukan terlebih dahulu. Berdasarkan analisis data pada diagram pareto, ditemukan dua jenis *defect* dengan presentase tertinggi yaitu *stain/overcement* dengan presentase rata-rata 35,60% dan *bonding gap upper to outsole* dengan presentase rata-rata 34,02%. Oleh karena itu, perhitungan nilai sigma akan menggunakan 2 CTQ tersebut. Berikut merupakan penjelesan 2 jenis cacat terbesar :

- *Stain/Overcement*

Tedapat noda lem/cement perekat yang berlebihan dan tidak sesuai pola pada sepatu.

- *Bonding Gap Upper to Outsole*

Terdapat sedikit selisih jarak/*gap* berlebih antara bagian *upper* dengan *bottom* sepatu. biasanya dikarenakan kurangnya lem atau lem kurang merata.

### Fase *Measure*

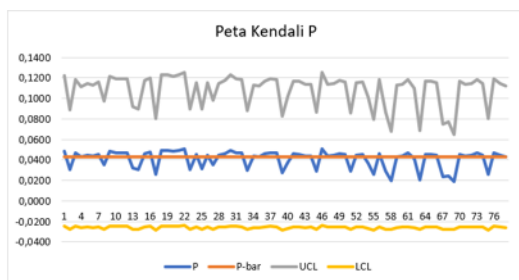
Dalam tahap ini, langkah-langkah yang dilakukan mencakup mengukur stabilitas proses atau menganalisa peta kendali, menghitung DPMO dan nilai sigma yang diperoleh dari perusahaan, nilai *yield*, serta mengukur kapabilitas proses. Pada tahap ini nilai sigma dihasilkan untuk setiap periode dan juga nilai sigma secara keseluruhan.

#### 1. Perhitungan Stabilitas Proses/Analisis Peta Kendali

Untuk mengevaluasi stabilitas proses, dilakukan analisis dengan menggunakan peta kendali yang bertujuan untuk menentukan apakah proses berada dalam batas kendali statistik atau tidak. Peta kendali yang digunakan untuk mengukur stabilitas proses adalah peta kendali p. Pemilihan peta kendali p disesuaikan dengan jenis data yang digunakan yaitu jumlah produk cacat dibandingkan dengan total produksi harian yang bervariasi. Berikut ini adalah langkah-langkah dan contoh perhitungannya

**Tabel 3** Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Proses

No	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	P	p-bar	UCL	CL	LCL
1	4152	203	0,0489	0,0427	0,1221	0,0427	-0,0244
2	2729	83	0,0304	0,0427	0,0887	0,0427	-0,0279
3	3261	153	0,0469	0,0427	0,1187	0,0427	-0,0249
4	3133	134	0,0428	0,0427	0,1115	0,0427	-0,0260
5	3579	159	0,0444	0,0427	0,1144	0,0427	-0,0256
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
78	3700	159	0,0430	0,0427	0,1119	0,0427	-0,0259
Total	265.201	11.331	3,204		0,125		-0,028



**Gambar 4** Peta Kendali P

Berdasarkan gambar grafik perbandingan sigma di atas, dapat dilihat bahwa nilai UCL (*Upper Control Limit*) dan LCL (*Lower Control Limit*) pada data diatas menunjukkan fluktuatif. Hal ini terjadi

karena terdapat variasi dalam jumlah sampel yang berbeda untuk setiap jumlah cacat dalam beberapa unit produk. Namun, tidak ada bukti data yang menunjukkan bahwa proses tersebut melewati batas kendali yang menunjukkan bahwa proses tersebut dalam keadaan stabil.

#### 2. Perhitungan Nilai DPMO, *Sigma*, dan *Yield*

Dalam perhitungan nilai sigma, diberikan izin toleransi pergeseran sebesar 1,5 sigma. Jumlah *opportunity* yang diterapkan pada perhitungan nilai sigma yaitu sesuai dengan CTQ yang telah ditentukan yaitu dua CTQ yang menjadi penentu karakteristik kualitas, diantaranya *stain/overcement* dan *bonding gap upper to outsole*. Berikut adalah perhitungan nilai DPMO dan *sigma* setiap periode.



**Tabel 4** Rekapitulasi Perhitungan Sigma Proses

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	CTQ	TOP	DPO	DPMO	Sigma
Oktober	93787	4092	2	187574	0,5728	572756,16	3,5354
November	91703	3998	2	183406	0,5568	556806,62	3,5300
Desember	79711	3241	2	159422	0,4723	472348,51	3,5924
<b>Total</b>	<b>265201</b>	<b>11331</b>	<b>2</b>	<b>530402</b>	<b>0,5340</b>	<b>533970,43</b>	<b>3,5264</b>

Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan nilai sigma proses :

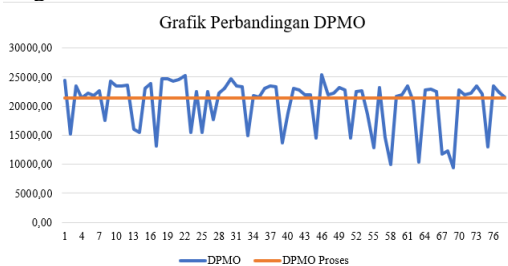
$$\begin{aligned} \text{TOP (Total Opportunities)} &= \text{Jumlah produk yang diproduksi} \times \text{Jumlah CTQ} \\ &= 265.201 \times 2 = 530.402 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DPO (Defect Per Opportunities)} &= \frac{D}{TOP} = \frac{11.331}{530.402} \\ &= 0,0214 \text{ peluang cacat untuk setiap satu kejadian} \end{aligned}$$

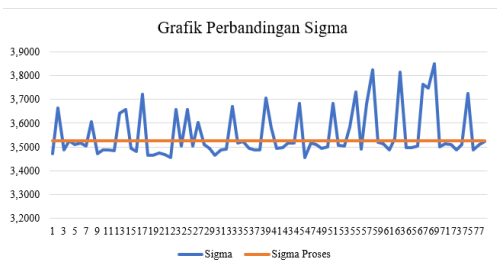
$$\begin{aligned} \text{DPMO (Defect Per Million Opportunities)} &= \text{DPO} \times 10^6 \\ &= 0,0214 \times 10^6 \\ &= 21363,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sigma Proses} &= \text{NORMSINV} \left( \frac{1000000 - 21363,04}{1000000} \right) + 1.5 \\ &= 3,5264 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 5.5 perhitungan sigma proses, produksi sepatu ekspor VOS dan FGS di departemen perakitan mempunyai nilai sigma proses sebesar 3,5264 dengan potensi kecacatan 21363,04 per satu juta unit produksi. Jika ditinjau dari nilai sigmanya, proses produksi sepatu pada departemen perakitan PT Pelita Tomangmas Karanganyar tergolong cukup baik. Hal ini disebabkan karena rata-rata nilai sigma industri di Indonesia umumnya berada di kisaran 2 hingga 3 sigma. Meskipun demikian, proses produksi perlu ditingkatkan untuk meningkatkan nilai sigma dan mengurangi jumlah cacat dan penolakan produk agar perusahaan dapat menghasilkan produk yang dapat lebih bersaing di pasar internasional. Dengan mengacu pada perhitungan DPMO dan level sigma, dapat disusun DPMO untuk setiap periode dan DPMO proses serta perbandingan sigma antara periode bulan Oktober-Desember 2021 dan sigma proses, yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 5** Grafik Perbandingan DPMO



**Gambar 6** Grafik Perbandingan Sigma

Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi nilai DPMO dan sigma proses

**Tabel 5** Rekapitulasi Perhitungan Sigma Proses

Perhitungan Nilai Sigma Proses	
Variabel	Unit
Ukuran sampel (U)	265.201
Defect (D)	11.331
Opportunity	2
Total Opportunity	530.402
Defect per Opportunity (DPO)	0,0214
Defect per Million Opportunity (DPMO)	21.363,04
Level Sigma	3.5264

Selanjutnya menuju ke tahap perhitungan *yield* untuk menentukan besar persentase produk yang tidak *defect* dalam proses produksi. Perhitungan nilai *yield* pada produk sepatu ekspor VOS dan FGS di departemen perakitan adalah sebagai berikut.

a. *Opportunity Level Yield*

$$\begin{aligned} Y &= \frac{\text{Total Opportunity} - \text{Total Defect}}{\text{Total Opportunity}} \times 100\% \\ &= \frac{530.402 - 11.331}{530.402} \times 100\% \\ &= 97,86\% \end{aligned}$$

b. *Throughput Yield*

$$\begin{aligned} Y &= \left( 1 - \frac{\text{Total Defect}}{\text{Total Produksi}} \right) \times 100\% \\ &= \left( 1 - \frac{11.331}{265.201} \right) \times 100\% \\ &= 95,73\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *yield* yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa proses produksi sepatu VOS dan FGS pada departemen perakitan PT Pelita Tomangmas mempunyai nilai *opportunity level yield* sebesar 97,86% dan nilai *throughput yield* sebesar 95,73%. Pengukuran kapabilitas proses menggunakan indeks kapabilitas proses ( $C_{pk}$ ). Berikut merupakan penentuan nilai  $C_{pk}$  menggunakan tabel konversi level sigma

**Tabel 6** Konversi Level *Sigma*

Level <i>Sigma</i>	Pergeseran Proses $\pm 1,5\sigma$	
	$C_{pk}$	DPMO
3	0,5	66.807
4	0,833	6.210
5	1,167	233
6	1,5	3,4

Perhitungan nilai indeks kapabilitas proses didapatkan dari hasil interpolasi pada tabel diatas dengan nilai sigma sebesar 4,71. Berikut perhitungannya :

$$\frac{3,5264-3}{4-3} = \frac{x-0,5}{0,833-0,5}$$

$$\frac{0,5264}{1} = \frac{x-0,5}{0,833-0,5}$$

$$x = 0,17528 + 0,5$$

$$x = 0,67528 \text{ (cukup mampu)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa nilai  $C_{pk}$  yang diperoleh sebesar 0,67528. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan pada proses produksi sepatu ekspor VOS dan FGS pada departemen perakitan cukup baik karena berada dalam rentang  $0,5 \leq C_{pk} < 1,5$ . Walaupun demikian, tetap diperlukan usaha perbaikan untuk meningkatkan mutu produk karena pada level ini terdapat peluang terbaik untuk melakukan program peningkatan kualitas *Six Sigma*

Perhitungan nilai sigma target untuk produksi bulan Januari 2022 ditunjukkan sebagai berikut

**Tabel 8** Perhitungan Nilai Sigma Target

Minggu ke-	Jumlah Produksi	Nilai Sigma	CTQ	DPMO	DPO	Banyaknya Ketidaksesuaian
0	0	0	0	0	0	0
1	12860	3,5523	2	20068,0	291,0	582
2	15302	3,5798	2	18773,0	117,5	470
3	16446	3,6089	2	17478,0	73,2	439
4	21630	3,6399	2	16183,0	60,9	487
5	709	3,6731	2	14888,0	5,0	50

Merujuk pada tabel perhitungan diatas, perhitungan peningkatan sigma dilakukan dengan menggunakan data dari periode terakhir, yakni pada minggu terakhir Desember 2021, hal ini dikarenakan periode tersebut mencerminkan kondisi perusahaan terkini. Selain itu, untuk setiap minggu produksi berikutnya, diasumsikan terjadi peningkatan sekitar  $\pm 0,792\%$  sebagai hasil penyesuaian dengan situasi Perusahaan dan tujuan Perusahaan untuk mengurangi cacat dan penolakan dengan tujuan mencapai cacat maksimum sebanyak 2028 pasang sepatu pada produksi bulan Januari 2022. Target nilai sigma yang ingin dicapai adalah 3,6661 sigma. Oleh karena itu, perusahaan perlu meningkatkan sebesar 3,96% dan menurunkan DPMO sebesar 29,03%. Jika peningkatan sigma sebesar  $\pm 0,0291$  berhasil dalam satu minggu, maka dibutuhkan lima periode untuk meningkatkan nilai sigma dari 3,5264 menjadi 3,6661.

2. Identifikasi Penyebab Masalah

Berikut adalah gambar diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) pada proses produksi sepatu pada departemen perakitan PT Pelita Tomangmas Karanganyar :

**Fase Analyze**

Fase *analyze* merupakan fase ketiga dari metode DMAIC yang mencakup kegiatan mengidentifikasi akar masalah yang memiliki dampak signifikan pada CTQ dengan menggunakan diagram tulang ikan serta menentukan tindakan perbaikan yang harus dilakukan untuk meningkatkan nilai sigma di masa yang akan datang.

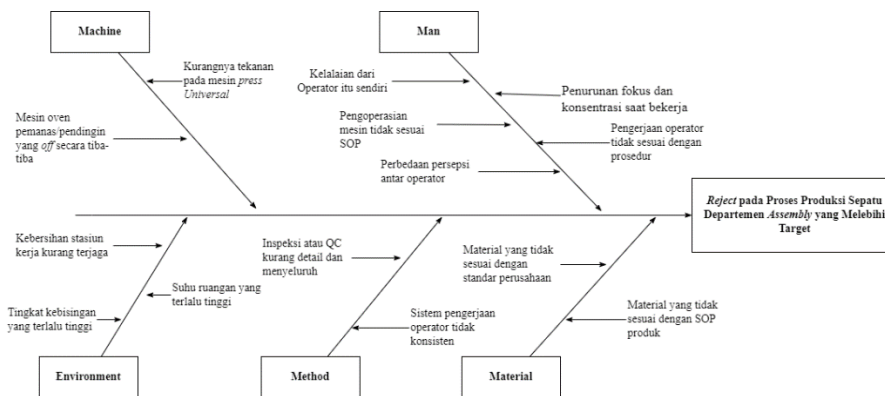
1. Penetapan Target Kinerja dan CTQ

Penetapan target kinerja dan CTQ dilakukan untuk periode Januari 2022. Berdasarkan perhitungan DPMO pada fase *measure* sebelumnya, diperoleh nilai DPMO *baseline* sebesar 21363,04 dan nilai sigma *baseline* sebesar 3,5264. Dengan total target produksi sebanyak 66.947 pasang sepatu pada bulan Januari 2022 dan target cacat dan *reject* dalam proses produksi ditetapkan sebesar 1339 pasang sepatu, yang setara dengan 15150 DPMO atau 3,6661 sigma. Rincian target tersebut sebagai berikut:

**Tabel 7** Nilai Sigma dan DPMO

	Baseline	Target
<b>Sigma</b>	3,5264	3,6661
<b>DPMO</b>	21363,04	15150
<b>Peningkatan sigma %</b>		3,96%
<b>Penurunan DPMO %</b>		29,08%





Gambar 7 Fishbone Diagram

### Fase Improve

Setelah mengetahui akar penyebab masalah, langkah berikutnya masuk pada fase *improvement* atau perbaikan melalui penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk memperbaiki proses produksi. Berikut adalah usulan yang dapat diberikan

#### 1. Manusia (*Man*)

Berikut ini adalah beberapa usulan perbaikan yang kami ajukan kepada perusahaan:

- Pengadaan sosialisasi secara mendetail dan menyeluruh mengenai SOP produk sepatu kepada setiap Admin dan QC pada tiap Departemen
- Pengadaan sosialisasi kembali terkait dengan prosedur produksi perusahaan pada departemen *assembly* untuk menyamaratakan persepsi antar operator agar tidak terjadi kesalahpahaman dan kesalahan dalam produksi
- Pembuatan rencana penilaian kinerja individu bagi setiap operator berdasarkan parameter kinerja standar dengan mengaplikasikan skala untuk mengukur faktor kinerja, dengan menggambarkan skala penilaian secara numerik (*Rating Scale*). Penilaian dilakukan berdasarkan jumlah cacat, sehingga operator dapat menjalankan tugas sesuai dengan prosedur operasi standar yang telah ditetapkan. Penilaian akan dilakukan dengan observasi secara langsung oleh HR/ Kepala Departemen/Admin untuk mengetahui kinerja pada setiap operatornya sehingga perusahaan dapat mempertahankan kualitas proses produksinya dan mengurangi resiko terjadinya produk *defect* dan *reject*.
- Penetapan sistem laporan harian tertulis berisi kesalahan/cacat apa saja yang harus di *rework* pada stasiun kerja perbaikan/dikembalikan ke operator, sehingga dapat menjadi bahan evaluasi kinerja operator dikemudian hari.
- Untuk menjaga konsentrasi dan fokus operator, perusahaan dapat memberikan sosialisasi kepada operator untuk melakukan peregangan (*stretching*) pada sela-sela waktu bekerja, istirahat, dan sebelum melakukan kegiatan bekerja dan siap sedia botol air minum di dekat operator tersebut (tepatnya dibawah *line* produksi agar tidak mengganggu proses produksi) sehingga jika

operator merasa fokus dan konsentrasinya menurun dapat istirahat sejenak untuk minum dan peregangan pada sela waktu bekerja.

#### 2. Bahan (*Material*)

Berikut merupakan usulan perbaikan yang kami berikan kepada perusahaan :

- Pengadaan evaluasi *supplier* untuk pertimbangan untuk pemesanan material pada periode berikutnya yaitu dengan dilakukannya *crosscheck* mengenai kualitas barang dari pemasok dengan standar kualitas material dari perusahaan.
- Departemen *Raw Material* bagian QC memperketat inspeksi tiap material pada saat material datang serta pada saat *transfer* material ke departemen persiapan untuk diproduksi terutama pada produk yang memiliki tingkat *reject* tinggi agar meminimalisir adanya material yang tidak sesuai SOP yang lolos inspeksi.

#### 3. Mesin (*Machine*)

Dengan melakukan perawatan mesin dengan menggunakan metode perawatan intensif, yang berarti perawatan dilakukan secara periodik sehingga dapat mempertahankan performansi mesin dan mencegah kerusakan mesin yang sifatnya mendadak

#### 4. Metode (*Method*)

Berikut merupakan usulan perbaikan yang kami berikan kepada perusahaan :

- Pengadaan pelatihan mengenai metode dan prosedur SOP *quality control* atau teknis inspeksi secara mendetail dan menyeluruh terhadap produk sepatu perusahaan serta pentingnya dilakukan pengawasan secara periodik pada saat proses produksi terutama pada produk dengan tingkat *reject* nya tinggi.
- Pengadaan pengujian sampel dari produk PO sepatu yang telah diproduksi untuk menguji kualitas dan apakah produk sudah memenuhi standar SOP yang telah ditentukan sebelum nantinya disimpan di *warehouse* dan diekspor.
- Melaksanakan penjadwalan produksi yang terstruktur, termasuk memastikan sistem pelaksanaan yang konsisten sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan serta prosedur proses produksi yang telah ditetapkan perusahaan dan telah diajarkan selama *training* kepada operator.

## 5. Lingkungan (*Environment*)

Berikut merupakan usulan perbaikan yang kami berikan kepada perusahaan :

- Pengadaan sosialisasi untuk menerapkan kebiasaan 5S/5R (Ringkas, Rapi, Rajin, Rawat, dan Resik) untuk selalu membersihkan dan membereskan stasiun kerjanya masing-masing agar selalu terjaga.
- Untuk mengatasi suhu/temperature ruangan yang tinggi, perusahaan dapat menambah ventilasi alami
- Untuk mengatasi kebisingan yang dirasakan oleh operator terlalu tinggi, saya memberikan usulan kepada perusahaan untuk memberikan fasilitas *hearing protection* kepada operator terkait dengan tingkat kebisingan yang terpapar melebihi 85 desibel, contoh alat pelindungnya seperti *ear plug* untuk mengurangi kebisingan paparan dan risiko gangguan pendengaran apabila terpapar terus menerus.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT Pelita Tomangmas Karanganyar, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proses produksi pada departemen *assembly* PT Pelita Tomangmas Karanganyar, terdapat 11 jenis cacat yang mungkin terjadi yaitu *bonding gap upper to outsole, wrinkle, poor stitch, stain/overcement, alignment, different length, over buffing, fraying, damaged outsole, color different, dan over bumping*. Dari hasil pengolahan data identifikasi cacat dan direpresentasikan dengan diagram pareto dapat dilihat pada gambar 5.5, 5.6, dan 5.7 dimana dihasilkan dua jenis cacat dengan presentase terbesar yaitu *stain/overcement* dengan persentase 35,60% dan *bonding gap upper to outsole* dengan presentase 34,02% sehingga dua jenis cacat tersebut menjadi fokus perusahaan untuk dilakukan tindakan preventif untuk mencegah terjadinya *defect* atau *reject*.
2. Berdasarkan pengolahan dan perhitungan data yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai DPMO pada *baseline* adalah sebesar 21363,04 yang berarti bahwa terjadi sebanyak 21363,04 kemungkinan *defect* dalam satu juta kali kesempatan produksi. Adapun nilai sigma yang didapatkan adalah sebesar 3,5264 yang masih tidak sesuai dengan target *defect* perusahaan pada bulan Januari 2022 yaitu nilai sigma sebesar 3,6661 dengan nilai DPMO sebanyak 15150 sehingga perusahaan harus segera mengupayakan perbaikan kualitas proses produksi agar dapat mencapai target yang diinginkan.
3. Berdasarkan dari pengumpulan dan pengolahan data serta wawancara dengan pihak perusahaan, dapat diidentifikasi penyebab terjadinya *defect* atau *reject* dengan direpresentasikan melalui diagram *fishbone*

yang terbagi menjadi lima aspek yaitu *man, machine, material, method, dan environment*. Pada aspek *man* terdiri dari faktor kelalaian dari operator itu sendiri, penggunaan mesin yang salah/tidak sesuai dengan prosedur, operator mengalami penurunan fokus dan konsentrasi saat bekerja, pengerjaan operator tidak sesuai dengan SOP yang telah ditentukan oleh perusahaan (terjadi *misscom*), serta persepsi antar operator berbeda. Pada faktor *machine*, terdiri dari dari mesin oven pemanas/pendingin non aktif (*off*) secara tiba-tiba (*Error*) dan kurangnya tekanan pada mesin *press universal*. Pada faktor *material*, terdiri dari faktor material yang tidak sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan perusahaan dan material yang tidak sesuai dengan SOP produk. Pada faktor *method* terdiri dari faktor sistem pengerjaan dari operator yang tidak konsisten dan inspeksi atau *quality control* yang dilakukan kurang mendetail dan menyeluruh terhadap produk. Pada faktor *environment* terdiri dari kebersihan pada stasiun kerja yang kurang terjaga, suhu/temperature pada ruang/line produksi yang cukup tinggi, serta tingkat kebersihan yang cukup tinggi.

4. Usulan perbaikan yang diberikan untuk mengurangi cacat yang dihasilkan pada produk sepatu di departemen *assembly* PT Pelita Tomangmas Karanganyar, yaitu dengan pengadaan sosialisasi mengenai SOP produk sepatu kepada setiap admin dan QC, pengadaan sosialisasi terkait dengan SOP teknis proses produksi untuk menyamaratakan persepsi antar operator, pembuatan rancangan penilaian kinerja tiap operator dengan menggunakan *rating scale*, penetapan sistem laporan harian tertulis mengenai jenis cacat yang harus di *rework* pada SK perbaikan untuk menjadi bahan evaluasi kinerja operator dikemudian hari, pengadaan sosialisasi kepada operator untuk melakukan peregangan sejenak dan selalu siap sedia botol air minum dengan tujuan operator selalu rutin untuk minum air putih agar tidak kehilangan fokus dan keseimbangan pada saat bekerja, pengadaan evaluasi supplier, memperketat inspeksi tiap material pada departemen *raw material*, melakukan perawatan mesin dengan menggunakan metode *preventive maintenance*, pengadaan pelatihan mengenai metode dan prosedur SOP *quality control* yang mendetail dan menyeluruh terhadap produk, pengadaan pengujian sampel dari produk PO sepatu yang telah diproduksi untuk menguji kualitas, menerapkan penjadwalan produksi yang tertata, pengadaan sosialisasi untuk menerapkan kebiasaan 5S/5R pada stasiun kerja masing-masing operator, upaya untuk mengatasi suhu ruang produksi

yang tinggi dengan memberi tambahan ventilasi, menggunakan cat anti panas pada atap pabrik dan lain sebagainya, serta upaya untuk mengatasi kebisingan yang terlalu tinggi dengan pemberian fasilitas *hearing protection* berupa *ear plug* untuk mengurangi kebisingan paparan dan risiko gangguan pendengaran.

#### **Daftar Pustaka**

- Assauri, Sofyan. (1998). Manajemen Operasi dan Produksi. Jakarta : LPFE UI
- Berman, Evan. (2007). Manajemen Ritel. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Besterfield, Dale H. (1994). Quality Control, Fourth Edition. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Brue, Greg. (2002). Six Sigma for Manager. Jakarta : Canary.
- Fandy Tjiptono. (2008). Strategi Pemasaran, Edisi III. Yogyakarta : CV. Andi Offset.
- Feigenbaum, Armand V. (1991). Total Quality Control. Trind Editions New York: McGraw Hill Inc.
- Gaspersz, V. (2001). Metode Analisis Untuk Peningkatan Kualitas. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Gaspersz, Vincent. (2007). Lean Six Sigma for Manufacturing and Services Industries. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ivanda, M.A. (2018). Analisis Pengendalian Kualitas dengan Metode Six Sigma Pada Proses Produksi *Barecore* PT. Bakti Putra Nusantara.
- Juran, J.M, Frank M., & Gryna. (1993). Quality Planning and Analysis. Third Edition. New York : Mc Graw.
- Kartika, Hayu. (2013). Analisis Pengendalian Kualitas produk CPE Film Dengan Metode Statistical Process Control Pad PT. MSI. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, I, 50-58.
- Kotler, Philip & Kevin L., Keller. (2016). Marketing Managemen, 15th Edition. Pearson Education, Inc.
- Kotler, Philip, Armstrong, & Garry, (2008). Prinsip-prinsip Pemasaran, Jilid I. Jakarta : Erlangga.
- Montgomery. Douglas C. (2009). Statistical Quality Control: A Modern Introduction (6 *th* ed). Asia: John Wiley & Sons, Inc.
- Pande, Peter S. Robert P, Newman, Roland R, Cavanagh. (2002). The Six Sigma Way : Bagaimana GE, Motorola dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka. Andi. Yogyakarta.
- Pyzdex, Thomas. (2002). The Six Sigma Handbook, Panduan Lengkap untuk Greenbelts, Blackbelts dan Manager Pada Semua Tingkatan. Jakarta : Salemba Empat.
- Scherkenbach, Wiliam W., Deming's. (1991) Road to Improvement. Tennessee : SPC Press, Inc., Knoxville.