

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PADA PRODUK KACA PADA WAREHOUSE DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* (Studi Kasus: PT. TOYOTA ASTRA MOTOR SPLD)

Jessen Jekaharap¹, Nia Budi Puspitasari²

*¹Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

*²Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstrak

PT. Toyota Astra Motor divisi SPLD merupakan divisi PT Toyota Astra Motor yang berada di bidang logistic yang memiliki pangsa pasar yang besar di Indonesia. Dikarenakan pangsa pasar yang besar dan banyaknya ketatnya bisnis, maka PT. Toyota Astra Motor divisi SPLD memberikan kualitas yang tinggi. Oleh karena itu perusahaan mempunyai proses yang dibuat dengan mempertimbangkan standar yang sudah ditetapkan. Namun pada kenyataannya pada produk kaca masih sering terjadi berbagai penyimpangan dan hambatan yang mengakibatkan produk dianggap cacat atau defect. Sehingga pengendalian kualitas sangatlah perlu dilakukan agar perusahaan dapat mengoreksi terjadinya kesalahan atau penyimpangan dalam prosesnya. Setelah adanya koreksi ini, diharapkan perusahaan mampu meminimalkan kerugian baik yang dilihat dari sisi kuantitas, kualitas, ataupun waktu. Salah satu cara untuk melakukan perbaikan dan peningkatan kualitas dalam suatu perusahaan adalah dengan metode six sigma. Six Sigma itu sendiri merupakan suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan dalam persejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk (barang dan jasa), upaya giat menuju kesempurnaan (zero-defect-kegagalan nol)

Kata kunci: Pengendalian Kualitas, Six Sigma, DMAIC, DPMO, *Fault Tree Analysis*, FMEA, Produk Kaca, *Warehouse*

Abstract

PT. Toyota Astra Motor SPLD division is a division of PT Toyota Astra Motor operating in the logistics sector with a large market share in Indonesia. Due to its significant market share and the highly competitive business environment, PT. Toyota Astra Motor SPLD division is committed to delivering high quality standards. Therefore, the company has established processes that are developed in accordance with predetermined standards. However, in reality, glass products frequently experience various deviations and obstacles that result in the products being considered defective. As such, quality control is essential to enable the company to correct errors or deviations occurring within its processes. Following these corrections, the company is expected to minimize losses in terms of quantity, quality, and time. One approach to improving and enhancing quality within a company is through the Six Sigma method. Six Sigma itself is a vision of quality improvement aimed at achieving a target of 3.4 failures per million opportunities (DPMO) for every product transaction (goods and services), representing a vigorous effort toward perfection (zero defects).

Keywords: *Quality Control, Six Sigma, DMAIC, DPMO, Fault Tree Analysis, FMEA, Glass Product, Warehouse*

1. Pendahuluan

Industri adalah suatu kegiatan yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi dan/atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya. (Sandi, 2010). Sebuah industri selalu dihadapkan pada lingkungan kompetisi yang ketat, alasan tersebut dikarenakan output yang dihasilkan oleh setiap kelompok industri haruslah mempunyai eksklusivitas yang dapat menjadi pembeda dan menarik nilai pasar. Salah satu faktor yang menentukan eksklusivitas adalah nilai kualitas dari suatu produk. Kualitas suatu produk adalah kemampuannya untuk memberikan kinerja yang sesuai atau bahkan melebihi apa yang diinginkan pelanggan. Kualitas adalah faktor dasar pelanggan untuk mendapatkan produk dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan ekspektasi (Keller, 2016).

Logistik adalah suatu proses yang dilakukan secara strategis dalam mengelola pengadaan, pergerakan, dan juga penyimpanan material suku cadang serta barang jadi dan aliran informasi terkait dengan organisasi melalui jaringan pemasarannya, dalam prosedur dimana profit perusahaan (baik untuk saat ini ataupun di masa depan) bisa dimaksimalkan seefektif mungkin (Christopher, 2015). Seluruh aktivitas logistic dilakukan untuk mencapai tujuan utama, yaitu memastikan ketersediaan barang dan pengiriman tepat waktu ke lokasi yang dituju. Terdapat rangkaian kegiatan logistic yang harus dilakukan perusahaan, yaitu pengadaan barang, kegiatan produksi, dan distribusi. Dalam prosesnya, aktivitas logistic mempunyai standar performa tertentu yang harus diraih. Adapun tingkatan kinerja yang harus diraih dalam kegiatan logistic adalah lahirnya keseimbangan antara kualitas pelayanan yang diinginkan oleh pelanggan dengan seluruh biaya yang dikeluarkan demi menyentuh tujuan akhir perusahaan.

PT. Toyota Astra Motor divisi SPLD merupakan divisi PT Toyota Astra Motor yang berada di bidang *logistic* yang memiliki pangsa pasar yang besar di Indonesia. Dikarenakan pangsa pasar yang besar dan banyaknya ketatnya bisnis, maka PT. Toyota Astra Motor divisi SPLD memberikan kualitas yang tinggi. Oleh karena itu perusahaan mempunyai proses yang dibuat dengan mempertimbangkan standar yang sudah ditetapkan. Namun pada kenyataannya pada produk kaca masih sering terjadi berbagai penyimpangan dan hambatan yang mengakibatkan produk dianggap cacat atau *defect*.

Sehingga pengendalian kualitas sangatlah perlu dilakukan agar perusahaan dapat mengoreksi terjadinya kesalahan atau penyimpangan dalam prosesnya. Setelah adanya koreksi ini, diharapkan perusahaan mampu meminimalkan kerugian baik yang dilihat dari sisi kuantitas, kualitas, ataupun waktu. Salah satu cara untuk melakukan perbaikan dan peningkatan kualitas dalam suatu perusahaan adalah dengan metode six sigma.

Six Sigma itu sendiri merupakan suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan dalam persejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk (barang dan jasa), upaya giat menuju kesempurnaan (*zero-defect-kegagalan nol*) (Gasperz, 2002).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Six Sigma

Six Sigma merupakan suatu upaya yang bersifat *continuous improvement* yang bertujuan menurunkan variasi dalam proses agar meningkatkan proses tersebut supaya menghasilkan suatu produk dengan *defect-target* minimum 3,4 DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan untuk memberikan *customer value* yang baik, (Gasperz, 2002).

Metode *Six Sigma* dirumuskan berdasarkan sebuah metodologi penyelesaian masalah yang sederhana yaitu DMAIC, yang merupakan singkatan dari *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* dimana menggabungkan berbagai macam perangkat statistik serta pendekatan berbasis perbaikan proses yang mendukung.

2.2 DMAIC

DMAIC merupakan suatu siklus *improvement* berbasis data, yang digunakan untuk meningkatkan, mengoptimasi dan menstabilkan desain suatu proses bisnis pada suatu perusahaan. DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) merupakan sebuah komponen dasar dari metodologi Six Sigma, yang digunakan untuk meningkatkan kinerja suatu proses dengan mengeliminasi kecacatan, (Breyfogle, 2003).

2.3 SIPOC Diagram

Diagram SIPOC dapat digunakan untuk memberikan batasan atau ruang lingkup penelitian sepanjang *value stream*. Diagram SIPOC adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi elemen yang berkaitan untuk pengembangan proses sebelum proses pengembangan itu dimulai. Penggambaran ruang lingkup dilakukan sebelum penggambaran lebih rinci untuk setiap proses (Gupta, 2004). Elemen diagram SIPOC adalah sebagai berikut (Gupta, 2004).

2.4 Fault Tree Analysis

Fault tree analysis merupakan teknik analitis, menganalisis lingkungan dan operasi untuk menemukan jalan/ solusi dari masalah-masalah yang muncul. FTA merupakan model grafik dari variasi paralel dan kombinasi kesalahan yang muncul sebagai hasil dari pendefinisian masalah yang ada. Kesalahan bisa disebabkan oleh kesalahan *hardware, human error* atau kejadian lainnya. FTA memperlihatkan hubungan logika dari penyebab dasar yang menjadi penyebab masalah yang merupakan penyebab utama yang berada

diatas (*Fault Tree Handbook*, 1981)

2.5 Failure Mode and Effect Analysis

Menurut penjelasan (Rakesh, Jos, & Mathew, 2013), *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) merupakan suatu model sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah suatu permasalahan yang ada di suatu sistem. FMEA menggunakan kriteria-kriteria kemungkinan kejadian (*occurrence*), deteksi (*detection*), dan tingkat kerusakan (*severity*) untuk menentukan *risk priority numbers* (RPN) agar nantinya digunakan untuk menentukan aksi dari risiko yang diprioritaskan. Membantu mengidentifikasi akar penyebab (*root cause*) dari suatu permasalahan.

3 Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah, perumusan masalah, dan penentuan tujuan penelitian di PT. Toyota Astra Motor divisi SPLD, yang kemudian dilanjutkan dengan studi pendahuluan berupa studi lapangan dan studi pustaka untuk memahami sistem kerja di lapangan serta mempelajari literatur yang relevan. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, dokumentasi, dan observasi lapangan untuk memperoleh data jumlah produk kaca dan jumlah defect dalam tiga periode terakhir, yang selanjutnya diolah menggunakan metode DMAIC untuk menghasilkan kesimpulan dan saran yang dapat diimplementasikan oleh perusahaan. Penelitian ini dilaksanakan di PT. Toyota Astra Motor divisi SPLD yang berlokasi di Kawasan Industri MM2100, Jl. Selayar Blk. A1, Mekarwangi, Kec. Cibitung, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, pada periode 16 Februari hingga 16 Maret 2023 dengan jam kerja Senin–Jumat pukul 08.00 hingga selesai, dengan objek penelitian berupa produk kaca mobil yang disimpan di warehouse perusahaan tersebut. Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian terapan (*applied research*) yang menggunakan variabel independen berupa *Critical to Quality* (CTQ) dan jumlah produk, serta variabel dependen berupa jumlah kecacatan produk di warehouse dan tingkat sigma sebagai gambaran kinerja kualitas perusahaan.

4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

4.1 Pengolahan Data DMAIC

Diawali dengan tahap *Define* dimana membuat Diagram SIPOC merupakan diagram yang berisi informasi mengenai Supplier, Input, Process, Output, dan Customer yang terlibat dalam pengelolaan produk kaca di PT. Toyota Astra Motor SPLD. Dalam diagram ini, supplier yang memasok produk kaca adalah Asahimas dan Mulia Glass, dengan input berupa produk kaca yang diterima oleh perusahaan. Proses yang berlangsung di dalam warehouse meliputi penerimaan, pengecekan, pemisahan, input data ke sistem, proses

penyimpanan barang di rak, proses picking item, proses checking item, hingga ready cargo for shipping. Output yang dihasilkan dari keseluruhan proses tersebut tetap berupa produk kaca yang siap untuk didistribusikan kepada customer, yaitu Depot dan Sub Depot yang tersebar di seluruh Indonesia.

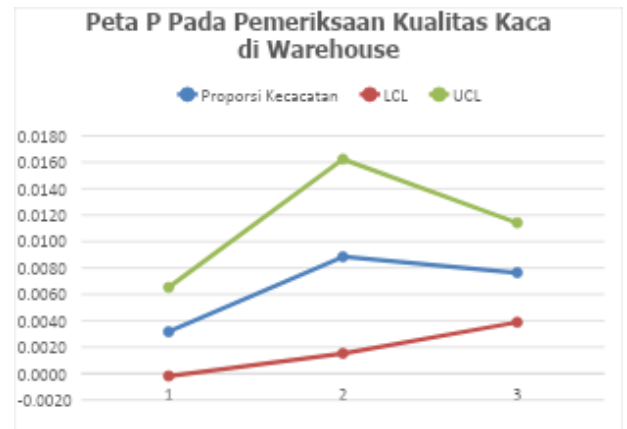


Gambar 1. Gambar Diagram SIPOC

Lalu dilanjutkan dengan tahap *Measure* dimana Pada tahap ini dilakukan pengolahan terhadap data dan melakukan perhitungan tingkat *sigma*. Pengolahan data kualitas dilakukan terhadap data kualitas yang dikumpulkan dari proses pemeriksaan kualitas produk kaca. Tujuan dari pengolahan data kualitas produk yaitu untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan.

Tabel.4.1 Data LCL dan UCL

Periode	Total	Total	Proporsi	LCL	UCL	Keterangan
	Inspeksi	kecacatan	Kecacatan			
	i	n	n			n
Desember	2529	8	0.0032	-0.0002	0.0065	In Control
Januari	1470	13	0.0088	0.0015	0.0162	In Control
Februari	4845	32	0.0066	0.0031	0.0101	In Control



Gambar 4 1 Peta Kendali P pada Pemeriksaan Kualitas Produk Kaca

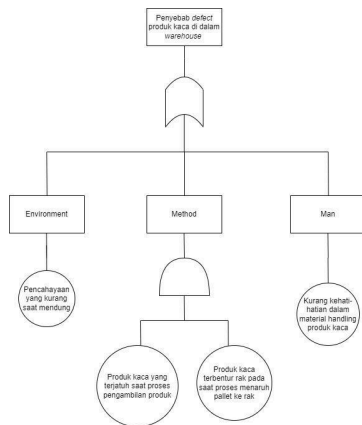
Dilanjutkan dengan perhitungan tingkat sigma digunakan untuk mengukur dan membandingkan kualitas pada setiap tahap pemeriksaan. Hasil perhitungan menunjukkan nilai sigma sebesar 4,01 dengan DPMO 6.000, yang berarti terdapat

kemungkinan 6.000 produk cacat dari setiap 1.000.000 produk yang diproduksi. Nilai ini menempatkan perusahaan pada level 4 σ yang sudah termasuk kategori world class. Untuk mencapai target sigma 6, perusahaan perlu menurunkan DPMO sebesar 99,94% dan meningkatkan tingkat sigma sebesar 49,62%. Oleh karena itu, diperlukan identifikasi serta analisis penyebab produk cacat agar dapat dilakukan perbaikan proses dan peningkatan level sigma perusahaan.

4.2 Pengolahan Data FTA

Dalam membuat *fault tree analysis*, yang harus dilakukan pertama kali adalah mengidentifikasi potensi penyebab dari kesalahan – kesalahan yang terjadi pada tiap part yang akan dikaji sehingga diperoleh penyebab secara umum yang menyebabkan kecacatan part yang kemudian dijadikan acuan untuk membuat fault tree. Setelah diketahui penyebab umum yang menyebabkan kecacatan di tiap part, maka selanjutnya dilakukan break down secara terperinci dalam cabang – cabang yang membentuk fault tree, sampai ditemukan kejadian paling dasar atau disebut dengan basic event. Langkah tersebut menerangkan semua urutan sebab dan akibat kejadian yang menyebabkan terjadinya top level event.

Berikut merupakan gambar dari hasil *Fault Tree Analysis* dari penyebab *defect* produk kaca dalam *warehouse*



Gambar 4 2 Gambar hasil analisis Fault Tree Analysis

4.3 Pengolahan Data FMEA

Metode Failure Mode Effects Analysis yang digunakan adalah proses karena data yang digunakan adalah data untuk bagian proses di produksi. Metode Failure Mode Effects Analysis (FMEA) digunakan dengan memberikan pembobotan severity, occurrence dan detection pada masing-masing penyebab kegagalan, lalu mencari nilai RPN dengan mengalikan factor severity, occurrence dan detection lalu melakukan ranking sesuai dengan nilai RPN terbesar. Ranking

pertama merupakan penyebab masalah yang menjadi prioritas untuk diperbaiki.

Berikut ini merupakan table analisis FMEA dari penyebab defect produk kaca pada warehouse setelah dilakukannya.

Tabel 5. 3 Tabel Hasil analisis FMEA

Mode Potensial Kegagalan	Penyebab kegagalan	Efek dari kegagalan	Severity (1-10)	Occurance (1-10)	Detection (1-10)	Risk of Priority Number (1-1000)
Proses binning dari receiving area ke rak penyimpanan	Produk kaca tersenggol garpu <i>forklift</i>	Produk kaca menjadi pecah atau retak	8	4	5	160
Proses picking dari rak penyimpanan	Produk kaca yang terlepas dari tangan saat handling manual	Produk kaca menjadi pecah atau retak akibat pallet baik	8	4	5	160
Material Handling	Operator tidak hati-hati, operator tidak focus, operator lelah	Produk kaca menjadi pecah	7	4	5	140
Rak penyimpanan produk	Penempatan produk kaca yang kurang strategis dan pencahayaan yang kurang saat mendung	Produk kaca kaca pecah	7	3	6	126

Dapat dilihat dari table 5.3 diatas bahwa RPN paling tinggi didapatkan pada mode potensial kegagalan di Proses binning dan proses picking, dimana penyebab kegagalannya berupa produk kaca yang tersenggol garpu *forklift* pada saat picking dan produk kaca yang terlepas dari tangan saat handling manual dan didapatkan skor RPN sebesar 160.

4.4 Metode 5W+1H

Teknik 5W 1H adalah suatu konsep dasar untuk pengumpulan informasi agar dapat memperoleh cerita yang utuh tentang suatu hal. Kalimat tanya biasa disebut juga kalimat untuk menggali informasi. Konsep ini menekankan bahwa kalimat tanya yang dipergunakan, dirumuskan dengan 5W 1H, yaitu *what* (apa), *Where* (di mana), *who* (siapa), *when* (kapan), *why* (mengapa), dan *how* (bagaimana).

Tabel 5. 4 Tabel hasil analisis 5W + 1H

Faktor	What	Who	Where	When	Why	How
Man	Kurang kehati-hatian dalam <i>material handling</i> produk kaca	Operator	Di tempat kerja	Pada saat persiapan dan	tidak hati-hati dan kelelahan	Melakukan pelatihan khusus terkait <i>material handling</i> kaca
Method	Produk kaca yang terlepas dari tangan saat handling manual	Operator	Di rak penyimpanan produk kaca	Saat proses <i>picking</i> produk kaca	Operator <i>forklift</i> yang kurang hati-hati	Dilakukan pengawasan yang lebih teliti pada saat proses pengambilan produk
	Produk kaca yang tersenggol garpu <i>forklift</i>	Operator	Pada rak penyimpanan produk kaca	Saat proses <i>binning</i> produk kaca	Operator <i>forklift</i> yang terlalu terburu-buru	Menegur operator yang kurang disiplin
Environment	Pencahayaannya yang kurang saat mendung	Operator	Pada rak bagian penyimpanan produk kaca	Saat cuaca sedang mendung	Pencahayaannya yang kurang saat cuaca mendung	Penambahan pencahayaan pada tempat penyimpanan khususnya penyimpanan produk kaca

5. Analisis Data

Hasil penelitian berdasarkan data laporan jumlah produksi dan jumlah defect selama kurun waktu 3 bulan terakhir (periode Desember hingga Februari) ditemukan berdasarkan observasi dan wawancara CTQ yang ditemukan hanya 1 yaitu berupa produk kaca defect akibat pecah, lalu dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode Six Sigma yang menunjukkan bahwa tingkat cacat produk perusahaan untuk produk kaca adalah 6000 DPMO. Nilai sigma perusahaan adalah 4,01. Nilai ini dikatakan cukup baik dikarenakan masih kurang dari nilai 6 sigma yang memiliki kriteria 3,4 DPMO. Dari perhitungan untuk mencapai target sigma sebesar 6, maka penurunan DPMO yang harus dicapai adalah sebesar 99,94% dan peningkatan tingkat sigma sebesar 49,62%. Untuk meningkatkan nilai sigma ini, perlu dilakukan identifikasi dan analisis penyebab proses yang menghasilkan produk cacat sehingga dapat memberikan solusi perbaikan yang diharapkan untuk meningkatkan level sigma sekarang.

Terjadinya produk cacat kaca pecah dapat disebabkan oleh banyak hal. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa terdapat tiga aspek yang berpotensi menyebabkan produk pecah. Ketiga aspek tersebut meliputi Manusia, Metode, dan Lingkungan. Identifikasi terhadap penyebab terjadinya kaca pecah ini dilakukan dengan menggunakan FTA. Penyebab timbulnya kaca pecah ini berdasarkan dari 3 aspek tersebut yaitu Metode kerja: kurangnya kehati-hatian dalam material handling produk kaca. Manusia: operator terburu-buru, operator kurang hati-hati, dan operator kurang fokus. Lingkungan: tempat penyimpanan yang kurang pencahayaan saat cuaca sedang mendung. Dimana setelah dianalisis sebab akibat untuk dapat menurunkan tingkat cacat produk, dilakukan analisis lagi dengan menggunakan FMEA untuk menentukan potensial penyebab kecacatan apa yang perlu menjadi prioritas dalam penanggulangannya. Dan didapatkan pada mode potensial kegagalan di Proses binning dan proses picking, dimana penyebab kegagalannya berupa produk kaca yang tersenggol garpu forklift pada saat picking dan produk kaca yang terlepas dari tangan saat handling manual dan didapatkan skor RPN sebesar 160.

Dimana berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan terdapat beberapa solusi perbaikan yang bisa dilakukan oleh perusahaan yang pertama yaitu melakukan pelatihan operator forklift dan pelatihan operator material handling agar lebih meningkatkan kualitas SDM sehingga mengurangi probabilitas kecacatan khususnya untuk produk kaca, melakukan pengawasan yang lebih teliti pada saat proses picking dan binning produk, dan melakukan penambahan pencahayaan pada bagian lingkungan penyimpanan produk khususnya produk kaca agar terhindar dari hal yang dapat merugikan perusahaan.

6. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian berdasarkan data laporan jumlah produksi dan jumlah defect selama kurun waktu 3 bulan terakhir (periode Desember hingga Februari) ditemukan berdasarkan observasi dan wawancara CTQ yang ditemukan hanya 1 yaitu berupa produk kaca defect akibat pecah. dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode Six Sigma yang menunjukkan bahwa tingkat cacat produk perusahaan untuk produk kaca adalah 6000 DPMO. Nilai sigma perusahaan adalah 4,01. Nilai ini dikatakan cukup baik dikarenakan masih kurang dari nilai 6 sigma yang memiliki kriteria 3,4 DPMO. Dari perhitungan untuk mencapai target sigma sebesar 6, maka penurunan DPMO yang harus dicapai adalah sebesar 99,94% dan peningkatan tingkat sigma sebesar 49,62%. Terjadinya produk cacat kaca pecah dapat disebabkan oleh banyak hal. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa terdapat tiga aspek yang berpotensi menyebabkan produk pecah. Ketiga aspek tersebut meliputi Manusia, Metode, dan Lingkungan. Identifikasi terhadap penyebab terjadinya kaca pecah ini dilakukan dengan menggunakan FTA. Penyebab timbulnya kaca pecah ini berdasarkan dari 3 aspek tersebut yaitu Metode kerja, Manusia, dan Lingkungan. Dilakukan analisis lagi dengan menggunakan FMEA untuk menentukan potensial penyebab kecacatan apa yang perlu menjadi prioritas dalam penanggulangannya. Dan didapatkan pada mode potensial kegagalan di Proses binning dan proses picking, dimana penyebab kegagalannya berupa produk kaca yang tersenggol garpu forklift pada saat picking dan produk kaca yang terlepas dari tangan saat handling manual dan didapatkan skor RPN sebesar 160. berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan terdapat beberapa solusi perbaikan yang bisa dilakukan oleh perusahaan yang pertama yaitu melakukan pelatihan operator forklift dan pelatihan operator material handling agar lebih meningkatkan kualitas SDM sehingga mengurangi probabilitas kecacatan khususnya untuk produk kaca, melakukan pengawasan yang lebih teliti pada saat proses picking dan binning produk, dan melakukan penambahan pencahayaan pada bagian lingkungan penyimpanan produk khususnya produk kaca agar terhindar dari hal yang dapat merugikan perusahaan. Sebaiknya perusahaan lebih memperhatikan kinerja operator dengan melakukan diskusi dengan operator yang bersangkutan, melakukan evaluasi secara berkala, dan melakukan pelatihan untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia perusahaan terutama pada operator forklift yang menangani produk kaca. Usulan saran perbaikan yang sudah disebutkan tadi sangat perlu dilakukan secepatnya guna untuk meningkatkan kualitas produk dan menurunkan probabilitas kecacatan di periode kedepannya.

Daftar Pustaka

- Armina, P. (2016). *Langkah-langkah efektif Menyusun SOP*. Depok: Huta Publisher
- Besterfield, D. H. (1995). *Total Quality Management*. Prentice Hall.
- Balol, W. (2017). Peningkatan Kualitas Produk Dengan Menerapkan Konsep DMAIC Di *Plant Thermoforming* PT. TX Pandaan.
- Breyfogle, F. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*
- Effendi, Y. (2008). *Perencanaan Model Preventive Maintenance dengan Desain Modularity untuk Penggantian Komponen Produksi*.
- Gasperz, V. (2002). *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Bandung: Trassano.
- Gupta, Praveen. (2004). *Optimizing Six Sigma*.
- Harsono, A; Kartika, W; & Permata, G. (2016). *Usulan Perbaikan Produk Cacat Menggunakan Metode Fault Mode And Effect Analysis dan Fault Tree Analysis Ada PT. Sygma Examedia Arkanleema*
- Jardine, A. (1987). *Maintenance, Replacement and Reliability*. New York: Pitman Publishing.
- Mittal; Gupta; Kumar; Owad; Mahlawat; Singh. (2023). *The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company*.
- Maulana, Yono. (2018). Jenis-jenis Control Chart (Peta Kendali) dan Rumus-rumusny. Online at <https://www.yonomaulana.com/2018/03/jenis-jenis-control-chart-peta-kendali.html>, accessed 4 April 2023.
- Pranavi & Umasankar. (2021). *Application of Six Sigma approach on hood outer panel to reduce the defect in painting peel off*.
- Suherman, A. (2019). *Pengendalian Kualitas Dengan Metode Failure Mode Effect And Analysis(FMEA) Dan Pendekatan Kaizen untuk Mengurangi Jumlah Kecacatan dan Penyebabnya*.
- Suliantoro, H., & Sya'roni, M. (2017). *Analisis Pengurangan Defect Produksi Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Pada Unit Painting Smartphone Merk Polytron. 9*.
- Sya'roni & Suliantoro. (2017). *Analisis Pengurangan Defect Produksi Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Pada Unit Painting Smartphone Merk Polytron*.
- Srinivisan; Muthu; Prasad; Satheesh. (2014). *Reduction of paint line defects in shock absorber through Six Sigma DMAIC phases*.

LAMPIRAN

Perhitungan Tingkat Sigma, DPO, dan DPMO

1. Jumlah total unit kaca = 8844
2. Total produk cacat = 53
3. DPU (Defect per Unit) =

$$DPU = \frac{\text{Total Cacat}}{\text{Total Unit Produk}} = \frac{53}{8844} = 0,0060$$

4. Defect opportunities (CTQ) = 1
5. Defect per Million Opportunities (DPMO) =

$$DPMO = \frac{DPU}{CTQ} = \frac{0,0060}{1} \times 1.000.000 = 6.000$$

6. Perhitungan tingkat sigma dengan menggunakan Ms. Excel dengan rumus sebagai berikut:

$$= \text{NORMSINV} (1.000.000 - DPMO/1.000.000)+1.5$$

$$= \text{NORMSINV} (1.000.000 - 6.000 /1.000.000)+1.5$$

$$= 4,01$$

7. Penentuan nilai sigma yang ingin dicapai adalah 6 sigma
8. Perhitungan besar peningkatan sigma yang harus dicapai

$$\text{Peningkatan sigma (\%)} = \frac{\text{Sigma target} - \text{sigma baseline}}{\text{Sigma baseline}} \times 100\%$$

$$= \frac{6 - 4,01}{3,98} \times 100\%$$

$$= 49,62\%$$

9. Target DPMO sebesar 3.4 DPMO

10. Perhitungan besar penurunan DPMO yang harus dicapai

$$\text{Peningkatan sigma (\%)} = \frac{DPMO \text{ Baseline} - DPMO \text{ Target}}{DPMO \text{ baseline}} \times 100\%$$

$$= \frac{6.000 - 3.4}{6.000} \times 100\%$$

$$= 99,94\%$$

Tabel Konversi Nilai DPMO ke Nilai Sigma

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.386	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.563	0,53	833.977	1,04	677.242	1,55	480.061
0,03	929.219	0,54	831.472	1,05	673.645	1,56	476.078
0,04	927.855	0,55	828.944	1,06	670.031	1,57	472.097
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	666.402	1,58	468.119
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.144
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.172
0,08	922.196	0,59	818.589	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.850	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.656	0,64	805.106	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.505
0,15	911.492	0,66	799.546	1,17	629.300	1,68	428.576
0,16	909.877	0,67	796.731	1,18	625.516	1,69	424.655
0,17	908.241	0,68	793.892	1,19	621.719	1,70	420.740
0,18	906.582	0,69	791.030	1,20	617.911	1,71	416.834
0,19	904.902	0,70	788.145	1,21	614.092	1,72	412.936
0,20	903.199	0,71	785.236	1,22	610.261	1,73	409.046
0,21	901.475	0,72	782.305	1,23	606.420	1,74	405.165
0,22	899.727	0,73	779.350	1,24	602.568	1,75	401.294
0,23	897.958	0,74	776.373	1,25	598.706	1,76	397.432
0,24	896.165	0,75	773.373	1,26	594.835	1,77	393.580
0,25	894.350	0,76	770.350	1,27	590.954	1,78	389.739
0,26	892.512	0,77	767.305	1,28	587.064	1,79	385.908
0,27	890.651	0,78	764.238	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169
0,33	878.999	0,84	745.373	1,35	559.618	1,86	359.424
0,34	876.976	0,85	742.154	1,36	555.670	1,87	355.691
0,35	874.928	0,86	738.914	1,37	551.717	1,88	351.973
0,36	872.857	0,87	735.653	1,38	547.758	1,89	348.268
0,37	870.762	0,88	732.371	1,39	543.795	1,90	344.578
0,38	868.643	0,89	729.069	1,40	539.828	1,91	340.903
0,39	866.500	0,90	725.747	1,41	535.856	1,92	337.243
0,40	864.334	0,91	722.405	1,42	531.881	1,93	333.598
0,41	862.143	0,92	719.043	1,43	527.903	1,94	329.969
0,42	859.929	0,93	715.661	1,44	523.922	1,95	326.355
0,43	857.690	0,94	712.260	1,45	519.939	1,96	322.758
0,44	855.428	0,95	708.840	1,46	515.953	1,97	319.178
0,45	853.141	0,96	705.402	1,47	511.967	1,98	315.614
0,46	850.830	0,97	701.944	1,48	507.978	1,99	312.067
0,47	848.495	0,98	698.468	1,49	503.989	2,00	308.538
0,48	846.136	0,99	694.974	1,50	500.000	2,01	305.026
0,49	843.752	1,00	691.462	1,51	496.011	2,02	301.532
0,50	841.345	1,01	687.933	1,52	492.022	2,03	298.056

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	16.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.429	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,43	26.803	3,94	7.344
2,42	178.786	2,93	76.359	3,44	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.215	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4.940	4,59	1.001	5,10	159	5,61	20
4,09	4.799	4,60	968	5,11	153	5,62	19
4,10	4.661	4,61	936	5,12	147	5,63	18
4,11	4.527	4,62	904	5,13	142	5,64	17
4,12	4.397	4,63	874	5,14	136	5,65	17
4,13	4.269	4,64	845	5,15	131	5,66	16
4,14	4.145	4,65	816	5,16	126	5,67	15
4,15	4.025	4,66	789	5,17	121	5,68	15
4,16	3.907	4,67	762	5,18	117	5,69	14
4,17	3.793	4,68	736	5,19	112	5,70	13
4,18	3.681	4,69	711	5,20	108	5,71	13
4,19	3.573	4,70	687	5,21	104	5,72	12
4,20	3.467	4,71	664	5,22	100	5,73	12
4,21	3.364	4,72	641	5,23	96	5,74	11
4,22	3.264	4,73	619	5,24	92	5,75	11
4,23	3.167	4,74	598	5,25	88	5,76	10
4,24	3.072	4,75	577	5,26	85	5,77	10
4,25	2.980	4,76	557	5,27	82	5,78	9
4,26	2.890	4,77	538	5,28	78	5,79	9
4,27	2.803	4,78	519	5,29	75	5,80	9
4,28	2.718	4,79	501	5,30	72	5,81	8
4,29	2.635	4,80	483	5,31	70	5,82	8
4,30	2.555	4,81	467	5,32	67	5,83	7
4,31	2.477	4,82	450	5,33	64	5,84	7
4,32	2.401	4,83	434	5,34	62	5,85	7
4,33	2.327	4,84	419	5,35	59	5,86	7
4,34	2.256	4,85	404	5,36	57	5,87	6
4,35	2.186	4,86	390	5,37	54	5,88	6
4,36	2.118	4,87	376	5,38	52	5,89	6
4,37	2.052	4,88	362	5,39	50	5,90	5
4,38	1.988	4,89	350	5,40	48	5,91	5
4,39	1.926	4,90	337	5,41	46	5,92	5
4,40	1.866	4,91	325	5,42	44	5,93	5
4,41	1.807	4,92	313	5,43	42	5,94	5
4,42	1.750	4,93	302	5,44	41	5,95	4
4,43	1.695	4,94	291	5,45	39	5,96	4
4,44	1.641	4,95	280	5,46	37	5,97	4
4,45	1.589	4,96	270	5,47	36	5,98	4
4,46	1.538	4,97	260	5,48	34	5,99	4
4,47	1.489	4,98	251	5,49	33	6,00	3
4,48	1.441	4,99	242	5,50	32		
4,49	1.395	5,00	233	5,51	30		
4,50	1.350	5,01	224	5,52	29		
4,51	1.306	5,02	216	5,53	28		
4,52	1.264	5,03	208	5,54	27		
4,53	1.223	5,04	200	5,55	26		
4,54	1.183	5,05	193	5,56	25		
4,55	1.144	5,06	185	5,57	24		
4,56	1.107	5,07	179	5,58	23		
4,57	1.070	5,08	172	5,59	22		
4,58	1.035	5,09	165	5,60	21		

Catatan: Tabel konversi ini
Mencakup pengeseran 1,5-
sigma untuk semua nilai Z

Sumber : Gasperz, 2002