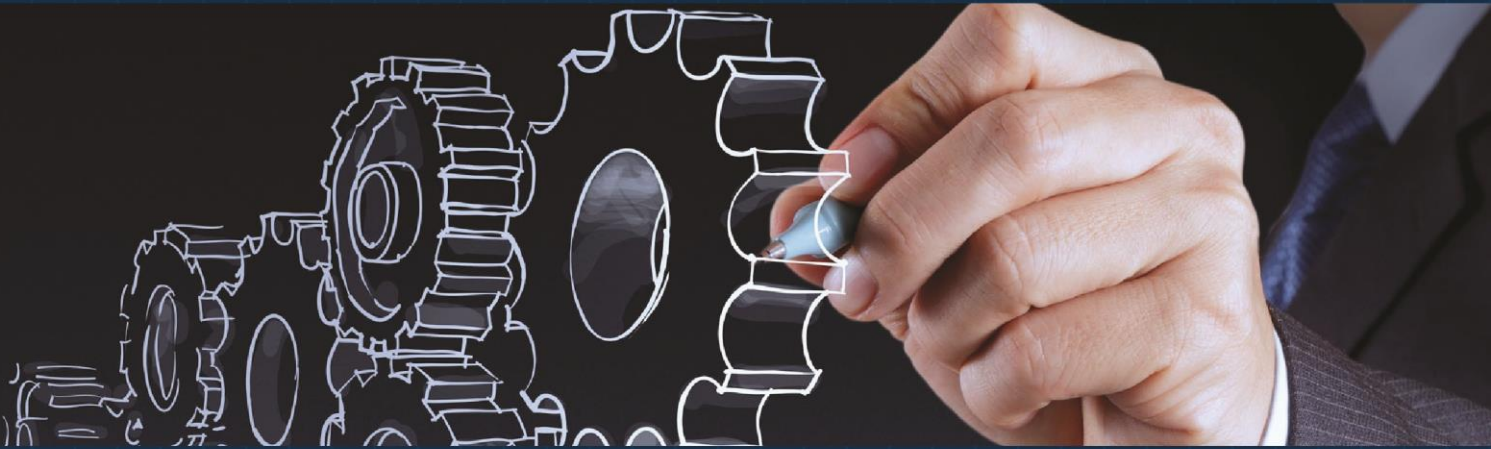




JOURNAL OF INTEGRATED SYSTEM

JIS



Examining Experience Economy Dimensions on Virtual Tour Satisfaction and Destination Visit Intention

101-114 Taffy Ukhtia Panduputri, Santi Novani

Pemetaan Komunikasi Walikota Kediri Melalui Instagram Terkait Dukungan Pemerintah Terhadap UMKM (Periode 20 Agustus 2019 – 20 November 2020)

115-132 Grisna Anggadwita, Nikita Aida Alfisyahrina, dan Astri Ghina

Penerapan Metode Six Sigma Dalam Perbaikan Kualitas Kampas (Lining) Produk Brake Shoe Pada PT X

133-149 Olivia Shagan, Yurida Ekawati

Analisis Peramalan dan Pengelompokan Jumlah Turis ke Jepang

150-167 Laurence, Devanny Gumulya, J. Sandra Sembel, Magdalena Lestari Ginting

Analisis Penerapan Metode “Non-Value Added Activity Elimination (Novaceli)” pada Organisasi Nir Laba di Lingkungan GKI

168-180 Rudy Wawolumaja, Santoso, Winda Halim, Vania Carolina

Kualitas Pelayanan Aplikasi DANA Terhadap Kepuasan Konsumen

181-198 Akbar Gunawan, Nuraida Wahyuni, Vidya Nur Sheka

Penggunaan Technology Acceptance Model Dalam Mengukur Kualitas Layanan Platform E-Commerce

199-215 Hesti Maheswari, Ruth Kiris D. Siregar

Analisis Tingkat Kepuasan Masyarakat Terhadap Program Inovasi Pembangunan dan Pemberdayaan Kewilayahan (PIPPK) (Studi Kasus: RT. 04 Kelurahan Sukawarna, Kecamatan Sukajadi, Bandung)

216-227 Raden Roro Christina, Melina Hermawan, Novi, Khaterine Santika Wijaya, Moch Sofyan Arief S.

ISSN : 2621 – 7104



Volume 4, Nomor 2

JOURNAL OF INTEGRATED SYSTEM

JIS

Volume 4, Nomor 2, Desember 2021

ISSN : 2621 – 7104

- | | |
|---|---------|
| <i>Examining Experience Economy Dimensions on Virtual Tour Satisfaction and Destination Visit Intention</i>
Taffy Ukhtia Panduputri, Santi Novani | 101-114 |
| <i>Pemetaan Komunikasi Walikota Kediri Melalui Instagram Terkait Dukungan Pemerintah Terhadap UMKM (Periode 20 Agustus 2019 – 20 November 2020)</i>
<i>Mayor of Kediri Communication Mapping through Instagram Related to Government Support on SMEs (Period 20 August 2019 – 20 November 2020)</i>
Grisna Anggadwita, Nikita Aida Alfisyahrina, dan Astri Ghina | 115-132 |
| <i>Penerapan Metode Six Sigma Dalam Perbaikan Kualitas Kampas (Lining) Produk Brake Shoe Pada PT X</i>
<i>Application of Six Sigma Method in Improving the Quality of Lining in Brake Shoe Products at PT X</i>
Olivia Shagan, Yurida Ekawati | 133-149 |
| <i>Analisis Peramalan dan Pengelompokan Jumlah Turis ke Jepang</i>
<i>Forecasting Analysis and Grouping of the Number of Tourists to Japan</i>
Laurence, Devanny Gumulya, J. Sandra Sembel, Magdalena Lestari Ginting | 150-167 |
| <i>Analisis Penerapan Metode “Non-Value Added Activity Elimination (Novaceli)” pada Organisasi Nir Laba di Lingkungan GKI</i>
<i>Analysis of the “Non-Value Added Activity Elimination (Novaceli)” Method in Non-Profit Organizations within GKI</i>
Rudy Wawolumaja, Santoso, Winda Halim, Vania Carolina | 168-180 |
| <i>Kualitas Pelayanan Aplikasi DANA Terhadap Kepuasan Konsumen</i>
<i>Quality Of ‘DANA’ Application Services On Consumer Satisfaction</i>
Akbar Gunawan, Nuraida Wahyuni, Vidya Nur Sheka | 181-198 |
| <i>Penggunaan Technology Acceptance Model Dalam Mengukur Kualitas Layanan Platform E-Commerce</i>
<i>Technology Acceptance Model Application for Measuring E-Commerce Platform Service Quality</i>
Hesti Maheswari, Ruth Kiris D. Siregar | 199-215 |
| <i>Analisis Tingkat Kepuasan Masyarakat Terhadap Program Inovasi Pembangunan dan Pemberdayaan Kewilayahan (PIPPK) (Studi Kasus: RT. 04 Kelurahan Sukawarna, Kecamatan Sukajadi, Bandung)</i>
<i>Community Satisfaction Analysis of Regional Innovation Development and Empowerment Program (PIPPK)(Case Study: RT. 04 Sukawarna Ward, Sukajadi District, Bandung)</i>
Raden Roro Christina, Melina Hermawan, Novi, Khaterine Santika Wijaya, Moch Sofyan Arief S. | 216-227 |

Penerapan Metode Six Sigma Dalam Perbaikan Kualitas Kampas (Lining) Produk Brake Shoe Pada PT X

Application of Six Sigma Method in Improving the Quality of Lining in Brake Shoe Products at PT X

Olivia Shagan¹, Yurida Ekawati^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Ma Chung, Malang

*Penulis Korespondensi: Yurida Ekawati, yurida.ekawati@machung.ac.id

Abstrak

Salah satu tujuan jangka pendek PT X adalah mampu meminimalkan defect pada produk brake shoe. Selama berjalannya proses produksi, part brake shoe yang menghasilkan kecacatan terbesar adalah kampas (lining). Padahal kualitas kampas berpengaruh langsung terhadap kualitas pengereman mobil. Penelitian ini menggunakan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC, untuk mengidentifikasi defect pada kampas serta mengurangi variansi dalam proses. Dua CTQ terbesar kecacatan kampas adalah kampas miring dan kampas keropos. Persentase muncul cacat tersebut sebesar 70,41% dari total kampas cacat. Kedua jenis kecacatan ini muncul secara signifikan disebabkan karena terdapat kerak pada permukaan matras cetakan (krom) yang digunakan pada proses hidrolis. Analisis improvement yang diterapkan adalah melakukan upaya preventive maintenance, yaitu membersihkan permukaan matras secara berkala dengan periode waktu setiap 5 kali cetak kampas. Setelah diterapkannya usulan perbaikan, diperoleh peningkatan level sigma dari 3,629 sigma menjadi 3,976 sigma. Usulan perbaikan ini juga terbukti efektif mampu mengurangi 2 jenis cacat terbanyak pada kampas yaitu kampas miring dan keropos. Pencapaian peningkatan level sigma ini dipertahankan dengan menerapkan pemberian insentif kepada operator hidrolis apabila mampu menghasilkan kampas cacat di bawah standar yang telah dibuat.

Kata kunci: DMAIC; DPMO; preventive maintenance; Six Sigma

Abstract

One of the short-term goals of PT X is to be able to minimize defects in brake shoe products. During the course of the production process, the brake shoe's part that produces the greatest defects is canvas or lining. Even the quality of the lining directly affects quality of car braking process. This research using Six Sigma method with DMAIC stages, to identify defects in lining part and reduce the variance in the process. The two biggest CTQ of lining disability are inclined and spongy lining. The percentage of these defects appears at 70.41% of the total lining disability. Both types of defects appear significantly due to the incrustation on the mould surface (chrome) that used in the lining moulding process. Improvement analysis that had been applied was doing preventive maintenance efforts, to clean the mould surface regularly with a period of time for every 5 lining moulding. After implementation, an increased in sigma level was obtained from 3,629 sigma to 3,976 sigma. This proposed improvement also proved can effectively reduce the 2 most types of defects in lining product (inclined and spongy lining). The achievement of increasing the level of sigma needs to be maintained by applying incentives to hydraulic press's operators when they are able to produce defect in lining product under the standard that has been made.

Keywords: DMAIC; DPMO; preventive maintenance; Six Sigma

Informasi Artikel:

Diterima tanggal 3 Februari 2021; Disetujui tanggal 1 November 2021; Terbit online tanggal 30 Desember 2021

1. Pendahuluan

Demi meningkatkan efektifitas dan efisiensi perusahaan, salah satu tujuan jangka pendek dari PT X sebagai produsen kampas rem terbesar di kotanya adalah meminimalkan *defect* pada produk kampas rem *brake shoe*. Kecacatan pada produk *brake shoe* dapat ditemui pada setiap *part*-nya, yaitu kampas, ‘stang’, ‘daun’, maupun gabungan antara stang dan daun (‘sepatu’). Jenis kecacatan untuk setiap *part* tersebut sangat beragam seperti kampas miring, kampas keropos, kampas terlalu tipis, daun/stang bengkok, daun/stang gopel, kampas tidak rekat pada sepatu, dan lain sebagainya. Namun bagian kampas (*lining*) adalah *part* dengan frekuensi muncul cacat paling besar dibanding *part* lainnya. Padahal kampas adalah bagian penting dalam kampas rem *brake shoe* karena berpengaruh langsung terhadap kualitas pengereman.

Penelitian ini ditujukan untuk menelaah skala permasalahan kualitas dan menemukan penyebab kecacatan pada produk kampas (*lining*) dengan metode Six Sigma. Metode ini merupakan salah satu strategi bisnis yang dianggap mampu meningkatkan dan mempertahankan keunggulan operasional perusahaan (Rimantho dan Mariani, 2017). Luaran akhir dari penelitian ini adalah usulan solusi yang dapat diterapkan oleh perusahaan untuk meminimalisasi jumlah produk *defect* beserta usulan cara mengendalikannya.

Tabel 1. Jumlah *part brake shoe* ST 100 cacat dari setiap proses selama Oktober 2018 hingga September 2019

Nama <i>Part</i> yang Cacat	Jumlah Cacat				Total
	Proses <i>Punching</i>	Proses <i>Welding</i>	Proses Hidrolis	Proses Pemanasan Oven	
‘Daun’	325 buah	265 buah	-	-	590 buah
‘Stang’	431 buah	17 buah	-	-	448 buah
‘Sepatu’	-	1878 buah	-	37 buah	1.915 buah
Kampas (<i>lining</i>)	-	-	43.719 potong	-	43.719 potong
<i>Brake shoe</i> hampir jadi	-	-	-	320 buah	320 buah

2. Tinjauan Pustaka

Peningkatan kualitas dengan metode Six Sigma juga telah digunakan pada penelitian yang dilakukan Dharmawan dan Ekawati (2016) pada PT Fajar Indah yang memproduksi knalpot. Tahapan penelitian yang digunakan juga menggunakan DMAIC *steps*, dengan melakukan analisis RCA dan FMEA untuk memunculkan usulan solusi perbaikan. Kemudian Windarti (2014) juga melakukan penelitian dengan judul “Pengendalian Kualitas untuk Meminimasi Produk Cacat pada Proses Produksi Besi Beton”. Obyek yang diteliti adalah besi beton diameter 12 mm. Hasil akhir yang diperoleh adalah level sigma yang sebelum dilakukan perbaikan hanya 2,96 menjadi sebesar 3,17 setelah dilakukan analisis perbaikan menggunakan metode Six Sigma. Kemudian penelitian serupa dengan metode Six Sigma juga telah dilakukan oleh Safrizal dan Muhadjir (2016) dengan obyek penelitian adalah kecacatan roti yang diproduksi UD. Delima Bakery. Ditemukan bahwa penyebab kecacatan muncul pada proses pengadonan, pencetakan, dan pembakaran. Namun tidak ada realisasi usulan perbaikan, sehingga tidak dapat diketahui ada atau tidaknya peningkatan nilai sigma.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif. Analisis pada penelitian ini menggunakan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC, yaitu *Define, Measure, Analyze, Improvement, Control*. Penerapan langkah DMAIC sebagai cara untuk meningkatkan kualitas produk dalam konsep Six Sigma dapat meningkatkan efektifitas penanggulangan terhadap masalah-masalah yang muncul selama penelitian (Smętkowska dan Mrugańska, 2018). Setelah melakukan tahapan DMAIC, kemudian hasil pengolahan data akan

dianalisis. Hal ini ditujukan untuk mengetahui apakah usulan solusi perbaikan yang diberikan benar efektif dapat meningkatkan kapabilitas proses yang ditunjukkan lewat adanya peningkatan level sigma sebelum dan sesudah penerapan usulan perbaikan atau tidak.

2.1 Tahap *Define*

Evans dan Lindsay (2007) menjelaskan tahapan *define* atau perumusan adalah tahapan mendefinisikan atau menyatakan masalah yang juga sering disebut *project scoping* atau penentuan cakupan proyek. Oleh karena itu tahapan ini berkaitan dengan identifikasi masalah proses atau produk yang mengalami kesalahan atau kegagalan. Tahapan *define* pada penelitian ini akan melakukan pengidentifikasian CTQ (*Critical to Quality*) pada proses produksi kampas. CTQ dapat diartikan sebagai elemen dari proses yang berpengaruh langsung terhadap pencapaian kualitas yang diinginkan (Kusumawati dan Fitriyeni, 2017). Penentuan CTQ tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan spesifik konsumen.

2.2 Tahap *Measure*

Defrianto dan Farida (2016) menyebutkan bahwa tahapan *Measure* digunakan untuk mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, *output*, dan atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja (*performance baseline*) pada awal obyek penelitian *Six Sigma*. Cara yang dapat digunakan untuk mengukur adalah dengan menghitung DPMO (*Defect per Million Opportunities*) (Montgomery, 2009).

DPO (*Defect per Opportunities*) adalah banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan.

$$DPO = \frac{\text{Total number of defects}}{\text{Number of units} \times \text{Number of opportunities}} \quad (1)$$

DPMO (*Defect per Million Opportunities*) adalah banyaknya cacat atau kegagalan per satu juta kesempatan.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2)$$

2.3 Tahap *Analyze*

Pada tahap ini akan ditentukan penyebab dari setiap masalah yang menjadi prioritas dalam penelitian, menganalisis masalah-masalah tersebut, mengidentifikasi dan mengurutkan penyebab potensial dari masalah yang sudah diprioritaskan, serta mengukur tingkat *importance* dari setiap penyebab potensial (Takao dkk., 2017). *Tools* yang akan digunakan pada penelitian ini untuk mencapai tujuan tersebut adalah *Pareto Diagram*, *Fishbone Diagram*, dan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Sedangkan penguraian faktor-faktor yang penyebab terjadinya cacat akan dianalisis menggunakan salah satu 7 *Basic Tools of Quality*, yaitu *Fishbone Diagrams*. Penentuan jenis kecacatan kampas yang mayoritas muncul akan dilihat menggunakan *Pareto Diagram*. Sedangkan penguraian faktor-faktor yang penyebab terjadinya cacat akan dianalisis menggunakan salah satu 7 *Basic Tools of Quality*, yaitu *Cause-and-Effect Diagrams* (*Fishbone*). Kemudian faktor-faktor yang penyebab jenis kecacatan tersebut akan digunakan pada analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pada analisis FMEA, *Potential Causes* dengan RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi akan dicarikan solusi perbaikan untuk meminimalkan kecacatan.

2.4 Tahap *Improvement*

Tahap *Improve* merupakan rencana tindakan untuk melaksanakan tindakan perbaikan dan peningkatan kualitas produk yang dihasilkan setelah mengetahui penyebab kerusakan atas terjadinya jenis-jenis kerusakan produk. Oleh karena itu, *improvement* penyelesaian masalah

atau perbaikan kinerja ini sering diikuti dengan perubahan teknis atau organisasional untuk menilai solusi yang ditawarkan dibandingkan dengan kriteria penting seperti biaya, waktu, sumber daya, budaya organisasional, dan lain sebagainya (Evans dan Lindsay, 2007). Pada tahap ini akan dilakukan penerapan usulan berupa *preventive maintenance*.

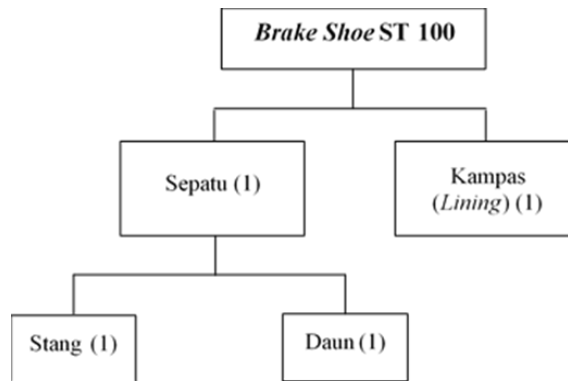
2.5 Tahap Control

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mempertahankan proses perbaikan agar dapat terus berjalan dan terkendali. Cara yang dapat dilakukan bervariasi, bergantung dengan hasil dari tahapan *improve*. Proses *control* yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah dengan memperbaiki instruksi kerja agar solusi yang ditawarkan dapat dijalankan selama produksi kampas berjalan. Kemudian untuk memastikan perbaikan ini tetap dilakukan oleh operator, maka akan diberlakukan penerapan sistem kompensasi dengan pemberian insentif.

3. Pembahasan

3.1 Pengumpulan Data

Jenis kampas rem yang digunakan sebagai obyek dalam penelitian ini adalah *brake shoe* tipe ST 100. *Brake shoe* sendiri terdiri dari beberapa *part*. Dua *part* penting pada *brake shoe* yaitu 'sepatu' dan kampas (*lining*). 'Sepatu' merupakan gabungan 'daun' dan 'stang'. *Bill of Material* (BOM) produk *brake shoe* dapat dilihat pada Gambar 1. Data primer pada penelitian ini diperoleh melalui observasi dan wawancara. Observasi dilakukan pada proses hidrolis, yaitu mesin pencetak kampas, untuk mengetahui permasalahan kualitas pada bagian kampas, serta solusi terbaik yang memungkinkan untuk dilakukan implementasi. Wawancara juga dilakukan terhadap manajer produksi, supervisor produksi, serta operator mesin untuk memperdalam informasi terkait sebab dan akibat kampas (*lining*) cacat yang muncul pada proses hidrolis.



Gambar 1. BOM produk *brake shoe*



Gambar 2. *Brake shoe*

Gambar 3. Elemen *brake shoe*: stangGambar 4. Elemen *brake shoe*: daunGambar 5. Elemen *brake shoe*: kampas (*lining*)

Data sekunder diperoleh dari bagian produksi dan bagian *Quality Control* PT X. Data yang diperoleh berupa data jumlah produksi *brake shoe* ST 100 setiap bulan selama bulan Oktober 2018 hingga bulan September 2019, beserta jumlah produksi serta jumlah cacat *part brake shoe* ST 100 dari proses oven (pemanasan), *welding* (pengelasan), *punching*, serta proses hidrolis. Kemudian juga diperoleh data mengenai jumlah kampas cacat setelah implementasi solusi.

3.2 Pengolahan Data

Kampas (*lining*) merupakan *part* dengan jumlah kecacatan sangat besar dibanding *part* lainnya. Kampas yang cacat ini muncul pada proses hidrolis. Sebelum menuju proses hidrolis, bahan kampas yang terbuat dari berbagai macam campuran kimia seperti asbes (bahan baku utama), friksion, karet, resin, barit, alumunium, dan lain-lain akan melalui proses formulasi kemudian proses pencampuran (*mixing*). Setelah melalui proses *mixing*, akan menghasilkan serbuk kampas yang homogen. Serbuk kampas ini yang diproses pada mesin hidrolis.

Proses hidrolis adalah proses pembentukan kampas, yaitu serbuk kampas dipadatkan, dipanaskan, dan diberi tekanan. Hasilnya adalah bentuk kampas lembaran. Proses hidrolis ini merupakan proses yang esensial pada produksi *brake shoe*, karena menentukan kualitas kampas rem mobil. Namun pada proses hidrolis (*hydraulic press*), menghasilkan berbagai jenis kecacatan kampas (*lining*). Kampas yang cacat pada proses ini tidak langsung dibuang, tetapi di-sortir, hingga melalui proses pemotongan. Setelah dipotong, potongan kampas yang

cacat akan langsung dibuang, sementara yang baik masih tetap digunakan. Potongan kampas yang harus dibuang ini yang dikategorikan sebagai produk cacat pada penelitian ini.



Gambar 6. Proses hidrolis menggunakan matras untuk mencetak kampas

Tahapan pengolahan data menggunakan metode *Six Sigma*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penerapan *Six Sigma* adalah DMAIC. Berikut ini adalah hasilnya.

3.2.1 Define

Instrumen yang digunakan adalah dengan menentukan *Critical to Quality* (CTQ). CTQ ini dapat digunakan perusahaan untuk menentukan karakteristik kualitas yang menjadi acuan untuk menilai hasil produksi kampas tergolong cacat atau tidak. Kriteria CTQ untuk kampas pada PT. X dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. CTQ pada kampas (lining)

Karakteristik Kualitas	CTQ	Kriteria Cacat
Kampas miring	CTQ 1	Bila terdapat perbedaan ketebalan >3 mm antara titik ukur satu dan lainnya
Kampas tipis	CTQ 2	Bila tebal kampas <1,5 mm dari standar
Kampas belang	CTQ 3	Bila >30% tampilan kampas terdapat beda warna
Kampas keropos	CTQ 4	Bila terdapat lubang-lubang kecil dan/atau ada bagian yang tidak rata
Kampas retak	CTQ 5	Bila terdapat garis tembus ke dalam, dan panjangnya >10 mm
Kampas bergelembung	CTQ 6	Bila terdapat rongga udara dan basah

3.2.2 Measure

Tahapan berikutnya yaitu *Measure*, untuk mengukur skala permasalahan kualitas yang dialami perusahaan sekarang. Perhitungannya menggunakan rumus DPO, DPMO, dan konversi nilai sigma pada persamaan (1) dan (2) sebagai berikut.

$$DPO = \frac{43.719}{438.305 \times 6}$$

$$DPO = 0,016624$$

$$DPMO = 0,016624 \times 1.000.000$$

$$DPMO = 16624,26849$$

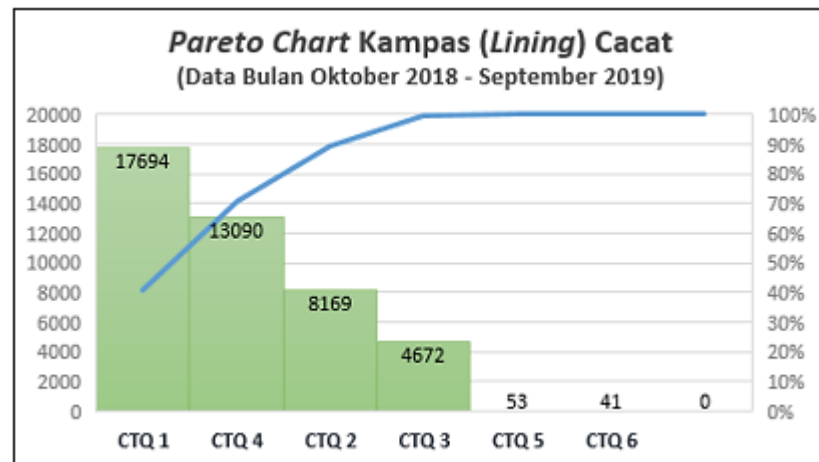
Level *sigma* akan menunjukkan apakah proses yang ada saat ini sudah efisien dan berkualitas. Level *sigma* dapat diperoleh dengan menggunakan bantuan perhitungan dari *Microsoft Excel*, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{NORMSINV}((1.000.000 \text{ DPMO})/1.000.000) + 1,5 \quad (3)$$

Berdasarkan perhitungan, DPMO yang diperoleh adalah sebesar 16624, 26849 (nilai DPMO yang paling baik adalah 3,4). Kemudian diperoleh level *sigma* sebesar 3, 629.

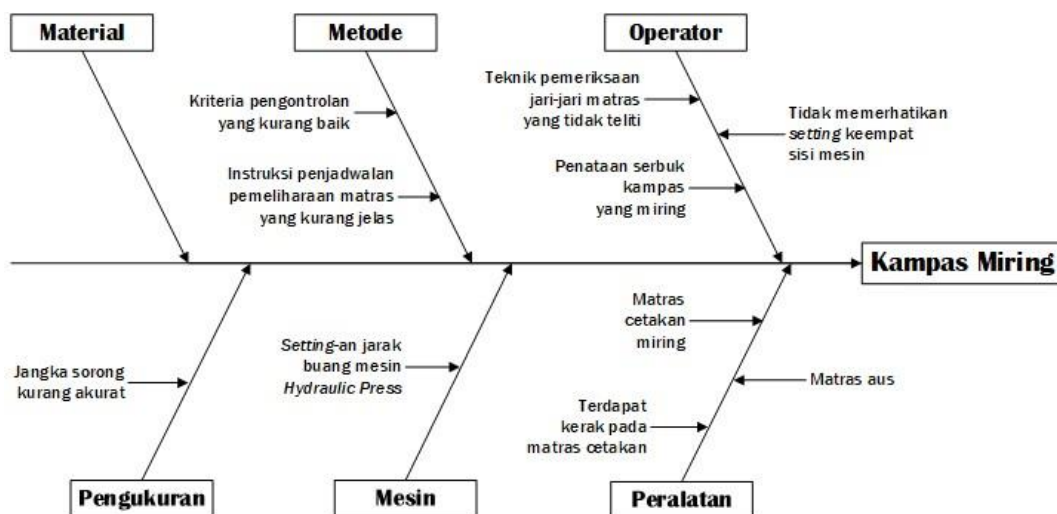
3.2.3 Analyze

Tahapan *Analyze* yang pertama menggunakan *Pareto Chart* untuk menentukan prioritas CTQ yang menyebabkan kecacatan pada kampas.



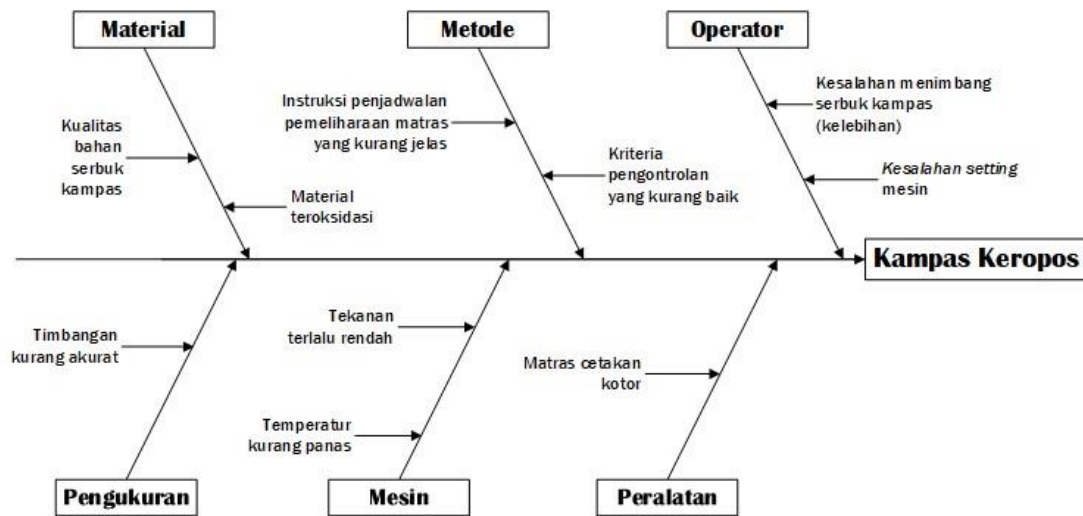
Gambar 7. Pareto chart

Dapat dilihat berdasarkan *Pareto Chart* di atas, mayoritas kecacatan bagian kampas pada *brake shoe* ST 100 yaitu sebesar 70,41% disebabkan karena jenis cacat miring (CTQ 1) dan keropos (CTQ 4). Oleh karena itu kedua jenis karakteristik kualitas tersebut (kampas miring dan keropos) merupakan masalah terpenting. Analisis menggunakan instrumen *Fishbone Diagram* akan membantu menguraikan penyebab-penyebab potensial dari kecacatan akibat karakter kualitas yang dituju. Analisis ini didasarkan pada 6 faktor utama, yaitu faktor material, metode, operator, pengukuran, mesin, dan peralatan.



Gambar 8. Fishbone diagram kampas miring

Gambar 8 menunjukkan *Fishbone diagram* untuk kampas miring. Sementara Gambar 4 menunjukkan *Fishbone diagram* untuk kampas keropos.



Gambar 9. *Fishbone diagram* kampas keropos

Hasil analisis *Fishbone Diagram* digunakan lebih lanjut pada analisis FMEA, khususnya digunakan pada bagian analisis *potential causes*. Analisis FMEA untuk mengidentifikasi proses perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah kecacatan pada kampas (*lining*). Tipe FMEA yang digunakan adalah *Process FMEA*. *Process FMEA* mampu mengidentifikasi penyebab kegagalan proses, beserta dengan efek yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut

Tingkat *severity* diisi oleh 3 narasumber yang terdiri dari satu orang supervisor produksi dan dua orang operator pada mesin hidrolis yang menjalankan proses produksi untuk mencetak kampas. Narasumber tersebut dipilih karena dianggap yang paling memahami akibat yang ditimbulkan dari kecacatan. Selain faktor bahwa narasumber adalah pekerja di PT terkait yang paling memahami bentuk atau jenis cacat yang dimaksud dalam penelitian karena setiap harinya berhadapan langsung dengan proses produksi kampas rem. Faktor lain yang dipertimbangkan adalah narasumber juga merupakan konsumen dari kampas rem sendiri untuk kendaraan bermotor yang dimilikinya. Oleh karena itu narasumber dapat dikatakan sudah paling mendekati objektivitas dari penentuan tingkat *severity* dalam penelitian ini. Narasumber diberikan tabel skala *severity* (1-10). Semakin rendah angka menunjukkan tidak ada efek yang ditimbulkan akibat mode kecacatan, sementara semakin tinggi skala yang dimasukkan menunjukkan efek yang ditimbulkan sangat parah. Skala *severity* mengikuti *AIAG Severity Guidelines* yang terdiri dari 10 tingkat keparahan terhadap efek yang ditimbulkan akibat kecacatan yang terjadi.

Tabel 3 adalah hasil pengisian tingkat *severity* akibat efek yang timbul akibat terjadinya mode kegagalan atau kecacatan pada kampas.

Tabel 3. Analisis FMEA untuk tingkat *severity*

Item Part / Function	Potential Failure Mode	Potential Failure Effect	SEV (Severity)			
			1	2	3	Rata-Rata
Kampas (Lining)	Kampas miring Keterangan: bila terdapat perbedaan ketebalan >3 mm antara titik ukur satu dan lainnya	Fungsi rem menjadi tidak sempurna (pengereman tidak maksimal)	8	8	8	8
	Kampas keropos Keterangan: bila terdapat lubang-lubang kecil dan/atau ada bagian yang tidak rata	Fungsi rem terganggu, sedikit muncul <i>noise</i> saat pengereman	7	6	7	6,67

Tabel 4. Analisis FMEA untuk tingkat *occurrence*

Item Part / Function	Potential Failure Mode	Potential Causes / Mechanisms of Failure	OCC (Occur)			
			1	2	3	Rata-Rata
Kampas (Lining)	Kampas miring Keterangan : bila terdapat perbedaan ketebalan > 3 mm antara titik ukur satu dan lainnya	Kriteria pengontrolan yang kurang baik	1	1	1	1
		Instruksi penjadwalan pemeliharaan matras yang kurang jelas	3	5	4	4
		Pemeriksaan jari-jari matras yang tidak teliti	7	5	5	5,67
		Penataan serbuk kampas miring	9	8	8	8,33
		Tidak memerhatikan <i>setting</i> keempat sisi mesin	4	2	3	3
		Jangka sorong kurang akurat	1	1	1	1
		Umur mesin sudah tua	1	2	1	1,33
		Matras cetakan miring	7	7	6	6,67
		Terdapat kerak pada matras cetakan	7	8	7	7,33
		Matras aus	2	3	1	2
Kampas (Lining)	Kampas keropos Keterangan :bila terdapat lubang-lubang kecil dan/atau ada bagian yang tidak rata	Kualitas bahan serbuk kampas	7	8	6	7
		Material teroksidasi	2	2	1	1,67
		Instruksi penjadwalan pemeliharaan matras yang kurang jelas	4	5	5	4,67
		Kriteria pengontrolan yang kurang baik	1	3	4	2,67
		Kesalahan menimbang serbuk kampas (kelebihan)	5	3	4	4
		Kesalahan <i>setting</i> mesin	9	7	6	7,33
		Timbangan kurang akurat	1	2	1	1,33
		Tekanan terlalu rendah	6	7	8	7
		Temperatur kurang panas	6	6	5	5,67
		Matras cetakan kotor	9	9	8	8,67

Kemudian tingkat *occurrence* diisi oleh 3 narasumber yang terdiri dari satu orang supervisor produksi dan dua orang operator pada mesin hidrolis yang menjalankan proses produksi untuk mencetak kampas (proses saat terjadinya cacat). Narasumber diberikan tabel skala *occurrence* (1-10). Tingkat *occurrence* menunjukkan tingkat kemungkinan terjadinya kecacatan akibat *potential causes* yang disebutkan. Semakin rendah angka menunjukkan kecacatan yang terjadi sangat jarang disebabkan *potential causes* yang disebutkan, sementara semakin tinggi skala

yang dimasukkan menunjukkan kecacatan yang terjadi sangat sering disebabkan *potential causes* yang disebutkan. Skala *occurrence* mengikuti AIAG *Occurrence Guidelines* yang terdiri dari 10 tingkat kemungkinan terjadinya kecacatan.

Tabel 4 adalah hasil pengisian tingkat *occurrence* munculnya kecacatan akibat *potential causes* yang disebutkan.

Tabel 5. Analisis FMEA untuk tingkat *detection*

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Causes / Mechanisms of Failure</i>	<i>Current Process Controls</i>	<i>DET (Detect)</i>			
			1	2	3	Rata-Rata
Kampas miring	Kriteria pengontrolan yang kurang baik	-	10	10	10	10
	Instruksi penjadwalan pemeliharaan matras yang kurang jelas	-	10	10	10	10
	Pemeriksaan jari-jari matras yang tidak teliti	Pelatihan pada operator	4	3	3	3,33
	Penataan serbuk kampas miring	Pelatihan pada operator	8	5	4	5,67
	Tidak memperhatikan <i>setting</i> keempat sisi mesin	Pelatihan pada operator	8	7	8	7,67
	Jangka sorong kurang akurat	Penggantian jangka sorong	5	4	5	4,67
	Umur mesin sudah tua	<i>Service mesin Hydraulic Press</i>	2	3	5	3,33
	Matras cetakan miring	Melakukan inspeksi pada matras	8	7	7	7,33
	Terdapat kerak pada matras cetakan	Pembersihan matras	7	8	9	8
	Matras aus	Ganti matras	7	5	6	6
Kampas keropos	Kualitas bahan serbuk kampas	Pemeriksaan material sebelum digunakan	2	3	2	2,33
	Material teroksidasi	Wadah serbuk kampas dibuat tertutup	4	2	4	3,33
	Instruksi penjadwalan pemeliharaan matras yang kurang jelas	-	10	10	10	10
	Kriteria pengontrolan yang kurang baik	-	10	10	10	10
	Kesalahan menimbang serbuk kampas (kelebihan)	Sudah ada daftar berat serbuk kampas untuk setiap jenis kampas	2	1	3	2
	Kesalahan <i>setting</i> mesin	Pelatihan pada operator	5	4	4	4,33
	Timbangan kurang akurat	-	10	10	10	10
	Tekanan terlalu rendah	Pemeriksaan besar tekanan pada mesin hidrolis	5	4	5	4,67
	Temperatur kurang panas	Pemeriksaan temperatur pada mesin hidrolis	5	5	5	5
	Matras cetakan kotor	Pembersihan matras	7	6	5	6

Tingkat *detect* diisi oleh 3 narasumber yang terdiri dari satu orang supervisor produksi dan dua orang operator pada mesin hidrolis yang menjalankan proses produksi untuk mencetak kampas (proses saat teradanya cacat). Narasumber diberikan tabel skala *detection* (1-10) untuk menilai seberapa sulit proses kontrol yang selama ini sudah diterapkan perusahaan untuk mencegah timbulnya kecacatan dengan *Potential Causes* yang disebutkan. Semakin rendah angka menunjukkan *Current Process Controls* yang sudah diterapkan perusahaan sangat mudah dilakukan dan berfungsi dengan baik mencegah teradanya kecacatan, sementara semakin tinggi skala yang dimasukkan menunjukkan tindakan pencegahan yang ada sangat sulit dilakukan atau bahkan tidak ada tindakan pencegahan dari perusahaan.

Skala *detect* mengikuti AIAG *Detection Guidelines* yang terdiri dari 10 tingkat kemungkinan tindakan kontrol pencegahan dilakukan perusahaan mampu secara efektif mencegah teradanya cacat. Tabel 5 adalah hasil pengisian tingkat *detect* kontrol yang sudah ada sekarang mampu mendeteksi timbulnya kegagalan ataupun mampu mencegah kecacatan.

Tabel 6. Analisis FMEA untuk hasil RPN kampas miring

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Causes / Mechanisms of Failure</i>	SEV	OCC	DET	RPN	<i>Action Recommended</i>
Kampas miring	Kriteria pengontrolan yang kurang baik	8	1	10	80	Mempertegas <i>jobdesk</i> supervisor, melakukan evaluasi harian
	Instruksi penjadwalan pemeliharaan matras yang kurang jelas	8	4	10	320	Pembuatan jadwal <i>maintenance</i> matras yang paten serta memperbaiki pedoman kerja
	Pemeriksaan jari-jari matras yang tidak teliti	8	5,67	3,33	151	Program pelatihan penguasaan teknik pemeriksaan jari-jari matras, baik bagian atas atau bawah
	Penataan serbuk kampas miring	8	8,33	5,67	378	Program pelatihan untuk meningkatkan <i>skill</i> operator, atau pembuatan alat bantu untuk penataan serbuk kampas
	Tidak memerhatikan <i>setting</i> keempat sisi mesin	8	3	7,67	184	Program pelatihan untuk <i>men-setting</i> mesin <i>Hydraulic Press</i> , serta adanya kontrol terhadap <i>setting</i> mesin oleh supervisor
	Jangka sorong kurang akurat	8	1	4,67	37	Melakukan pemeriksaan keakuratan jangka sorong setiap periode waktu tertentu
	Umur mesin sudah tua	8	1,33	3,33	35	Melakukan <i>service</i> mesin secara berkala, serta mengganti mesin yang sudah tua
	Matras cetakan miring	8	6,67	7,33	391	Perbaiki atau ganti matras, serta adanya kontrol terhadap peletakkan matras oleh supervisor
	Terdapat kerak pada matras cetakan	8	7,33	8	469	Melakukan penjadwalan <i>maintenance</i> / pembersihan kerak pada matras
	Matras aus	8	2	6	96	Mengganti matras setiap periode waktu tertentu

RPN merupakan hasil dari perkalian $SEV \times OCC \times DET$. Semakin tinggi nilai RPN maka dapat diketahui mode kegagalan atau kecacatan dengan penyebab atau *Potential Causes* yang paling kritis sehingga perlu mendahulukan tindakan koreksi pada mode kegagalan tersebut. Analisis FMEA untuk hasil RPM kampas miring dapat dilihat di Tabel 6 sedangkan analisis FMEA untuk hasil RPM kampas kerosok dapat dilihat di Tabel 7.

Tabel 7. Analisis FMEA untuk hasil RPN kampas kerosok

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Causes / Mechanisms of Failure</i>	SEV	OCC	DET	RPN	<i>Action Recommended</i>
Kampas kerosok	Kualitas bahan serbuk kampas	6,67	7	2,33	109	Melakukan evaluasi supplier bahan kampas secara berkala serta memperkuat proses <i>quality control</i> bahan dari supplier
	Material teroksidasi	6,67	1,67	3,33	37	Mengevaluasi penjadwalan proses <i>mixing</i> agar sesuai dengan kapasitas proses hidrolis
	Instruksi penjadwalan pemeliharaan matras yang kurang jelas	6,67	4,67	10	311	Pembuatan jadwal <i>maintenance</i> matras yang paten serta memperbaiki pedoman kerja
	Kriteria pengontrolan yang kurang baik	6,67	2,67	10	178	Mempertegas <i>jobdesk</i> supervisor, melakukan evaluasi harian
	Kesalahan menimbang serbuk kampas (kelebihan)	6,67	4	2	53	-
	Kesalahan <i>setting</i> mesin	6,67	7,33	4,33	212	Program pelatihan untuk men- <i>setting</i> mesin <i>Hydraulic Press</i> , serta adanya kontrol terhadap <i>setting</i> mesin oleh supervisor
	Timbangan kurang akurat	6,67	1,33	10	89	Melakukan pemeriksaan keakuratan jangka sorong setiap periode waktu tertentu
	Tekanan terlalu rendah	6,67	7	4,67	218	Melakukan pemeriksaan <i>setting-an</i> mesin secara berkala untuk memastikan tekanan yang digunakan sudah sesuai
	Temperatur kurang panas	6,67	5,67	5	189	Melakukan pemeriksaan <i>setting-an</i> mesin secara berkala untuk memastikan temperatur yang digunakan sudah sesuai
	Matras cetakan kotor	6,67	8,67	6	347	Melakukan penjadwalan <i>maintenance/</i> pembersihan kerak pada matras.

Berdasarkan hasil perhitungan RPN, terdapat beberapa RPN dengan nilai yang cukup tinggi. Oleh karena itu, berdasarkan tingkat prioritas resiko terhadap kecacatan kampas tersebut, ada dua pilihan tindakan koreksi yang memungkinkan untuk segera dilakukan. Yang pertama adalah melakukan penjadwalan *maintenance/* pembersihan kerak pada matras. Lalu yang kedua adalah pembuatan alat bantu saat menata serbuk kampas agar tidak miring.

3.2.4 Improve

Setelah melakukan diskusi dengan pihak perusahaan, solusi yang akan diterapkan adalah melakukan penjadwalan *maintenance*/ pembersihan kerak pada matras. Matras adalah cetakan yang digunakan pada mesin hidrolis untuk mencetak serbuk kampas menjadi lembaran kampas. Oleh karena itu setiap jenis kampas memiliki matras dengan dimensi dan jari-jari kelengkungan yang berbeda. Selama digunakan untuk mencetak kampas, kerap kali muncul kerak atau kotoran yang menempel pada bagian *chrome* atau permukaan matras. Bagian *chrome* yang berkerak akan mengganggu proses cetak kampas, yaitu menimbulkan kecacatan pada kampas, khususnya cacat miring dan cacat keropos.

Selama ini PT X memberlakukan *breakdown maintenance* atau perawatan yang dilakukan ketika terjadi kerusakan pada peralatan kerja, sehingga terhentinya proses produksi. Operator mesin hidrolis akan memberhentikan proses cetak kampas untuk matras yang berkerak, kemudian tanpa diturunkan dari mesin, matras akan dibersihkan. Matras dibersihkan dengan menggunakan 'skrap' secara manual hingga permukaan *chrome* menjadi bersih. Selama ini proses pembersihan umumnya baru dilakukan setelah mencetak 8-12 lembar kampas, dengan lama pembersihan berkisar antara 4-6 menit.

Oleh karena itu, *improvement* pada penelitian ini dilakukan dengan menerapkan *preventive maintenance* pada peralatan produksi kampas, yaitu matras cetak kampas ST 100. *Preventive maintenance* yang dimaksud adalah melakukan pembersihan permukaan matras atau *chrome* secara berkala dengan periode waktu setiap 5 cetak kampas (*lining*). Implementasi solusi perbaikan ini dilakukan selama 5 hari produksi.

Untuk mengetahui usulan *improvement* dengan menerapkan upaya *preverentive maintenance* pada matras cetakan memberi dampak yang positif atau tidak, maka dilakukan analisis FMEA dan perhitungan level sigma kembali sesudah penerapan.

Analisis FMEA ini kembali dilakukan untuk mengetahui apakah usulan perbaikan berupa *preverentive maintenance* yang diterapkan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kecacatan (*occurrence*) akibat *potential causes* yang disebutkan. Kemudian juga digunakan untuk menilai kemampuan proses perbaikan yang diusulkan apakah mampu mencegah timbulnya kecacatan.

Penilaian didasarkan pada sudut pandang supervisor produksi kampas, serta operator proses hidrolis yang selama ini menjalani langsung proses cetak kampas. Narasumber serta tabel skala *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang digunakan pada analisis FMEA ini sama dengan yang digunakan saat analisis FMEA sebelum penerapan. Analisis FMEA setelah penerapan usulan dapat dilihat pada Tabel 8, yang dikhususkan pada bagian yang terdampak langsung penerapan usulan perbaikan, yaitu pada *potential causes* yang terdampak langsung solusi perbaikan. Kemudian pada Tabel 9 dan Tabel 10 juga ditampilkan hasil perbandingan penurunan DPMO dan peningkatan level sigma saat sebelum dan sesudah diterapkannya usulan perbaikan pada analisis 2 CTQ dan 6 CTQ

PENERAPAN METODE SIX SIGMA (Olivia S., dkk.)

Tabel 8. Analisis FMEA Setelah Dilakukan Penerapan Usulan untuk Hasil RPM

Potential Failure Mode	Potential Causes / Mechanisms of Failure	Action Recommended	SEV	OCC	DET	RPN Baru	RPN Sebelum
Kampas miring	Instruksi penjadwalan pemeliharaan matras yang kurang jelas	Pembuatan jadwal <i>maintenance</i> matras yang paten serta memperbaiki pedoman kerja	8	1	1	8	320
	Terdapat kerak pada matras cetakan	Melakukan penjadwalan <i>maintenance</i> / pembersihan kerak pada matras	8	1	1	8	469
Kampas keropos	Instruksi penjadwalan pemeliharaan matras yang kurang jelas	Pembuatan jadwal <i>maintenance</i> matras yang paten serta memperbaiki pedoman kerja	6,67	1	1	6,67	311
	Matras cetakan kotor	Melakukan penjadwalan <i>maintenance</i> / pembersihan kerak pada matras	6,67	1	1	6,67	347

Tabel 9. Perbandingan DPMO dan level sigma antara sebelum dan sesudah usulan (6 CTQ)

Usulan Perbaikan	DPMO	Level Sigma
Sebelum	16624, 26849	3,629
Sesudah	6636,562671	3,976

Persentase peningkatan level sigma:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Level sigma setelah perbaikan} - \text{Level sigma sebelum perbaikan}}{\text{Level sigma setelah perbaikan}} \times 100\% \\
 &= \frac{3,976 - 3,629}{3,976} \times 100\% \\
 &= 8,72736\%
 \end{aligned}$$

Tabel 10. Perbandingan DPMO dan level sigma antara sebelum dan sesudah usulan (2 CTQ)

Usulan Perbaikan	DPMO	Level Sigma
Sebelum	352066,6072	1,8797
Sesudah	6568, 144499	3,98

Persentase peningkatan level sigma:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Level sigma setelah perbaikan} - \text{Level sigma sebelum perbaikan}}{\text{Level sigma setelah perbaikan}} \times 100\% \\
 &= \frac{3,98 - 1,8797}{3,98} \times 100\% \\
 &= 52,771\%
 \end{aligned}$$

Analisis FMEA setelah penerapan usulan menunjukkan penurunan yang nyata pada RPN pada Potential Failure Mode kampas miring dan keropos, khususnya pada Potential Causes yang terdampak langsung. Hal ini menunjukkan bahwa supervisor produksi kampas serta operator

proses hidrolis mengakui bahwa upaya preventive maintenance dengan melakukan pembersihan kampas setiap 5 kali cetak membawa dampak positif dengan menurunkan tingkat occurrence kampas miring dan keropos akibat adanya kerak pada matras. Tingkat *detection* yang rendah juga menunjukkan bahwa upaya perbaikan ini mampu secara efektif mencegah timbulnya kampas miring dan kampas keropos.

Berdasarkan hasil perhitungan DPMO dan level sigma, baik analisis pada 6 CTQ maupun 2 CTQ, keduanya menunjukkan hasil yang baik, ditandai dengan peningkatan level sigma. Pada analisis perhitungan menggunakan 6 CTQ, ada peningkatan level sigma sebesar 8,73% dari sebelum adanya tindakan perbaikan pada proses. Peningkatan ini menunjukkan bahwa upaya perbaikan yang dilakukan dapat dengan efektif menurunkan jumlah cacat secara keseluruhan pada proses cetak kampas, atau dapat dikatakan proses cetak kampas menjadi lebih efisien, dan kapabilitas proses meningkat. Kemudian jika dilihat dari sudut pandang 2 CTQ yang terdampak langsung penerapan usulan perbaikan, peningkatan level sigma-nya cukup tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa usulan perbaikan secara efektif benar mampu menurunkan jenis cacat miring dan keropos. Namun tidak mampu menghilangkan keseluruhan kampas miring dan keropos karena ada penyebab lain yang memengaruhinya, yaitu peletakkan matras yang miring dan penataan serbuk kampas miring.

3.2.5 Control

Selain perbaikan instruksi kerja, perusahaan dirasa perlu untuk mendorong kinerja operator dengan sistem pemberian kompensasi berupa insentif atau bonus. Insentif akan diberikan pada operator yang mampu menghasilkan kampas cacat di bawah batas yang diberikan. Namun perusahaan tidak perlu mengeluarkan biaya lebih untuk memberikan insentif pada operator. Biaya untuk pemberian insentif diperoleh melalui perolehan keuntungan akibat berkurangnya kampas cacat.

Pemberian insentif ini akan meningkatkan tanggung jawab, disiplin, dan motivasi kerja operator proses hidrolis. Hal ini dirasa perlu karena mayoritas penyebab cacat pada kampas adalah karena faktor kelalaian operator mesin. Adapun faktor-faktor tersebut adalah kesalahan setting mesin Hydraulic Press, penataan serbuk kampas miring, kesalahan dalam pemeriksaan jari-jari matras, serta pembersihan matras yang tidak teratur.

Rancangan pemberian insentif sebagai berikut:

a. Batas jumlah kampas cacat

Berdasarkan data kampas cacat sebelum penerapan usulan, total cacat kampas sebanyak 43.719 kampas dari total produksi kampas yaitu 438.305 buah, atau sekitar 9,97%. Sementara itu setelah adanya usulan perbaikan, total cacat kampas sebanyak 97 kampas dari total produksi kampas yaitu 2.436 buah, atau sekitar 3,98%. Oleh karena itu diambil nilai tengah dari total kampas cacat sebelum usulan dan setelah usulan, untuk dijadikan batas jumlah kampas cacat agar operator dapat mengklaim insentifnya, diperoleh 6,975%. Operator proses hidrolis yang mampu menghasilkan kampas cacat di bawah persentase tersebut akan memperoleh insentif, yang besarnya dihitung per satu potong kampasnya.

b. Nominal insentif

Insentif yang diperoleh yaitu sebesar 40% dari harga pokok produksi kampas (lining). Besaran lebih diberatkan pada perusahaan agar laba perusahaan dapat meningkat seiring dengan penerapan solusi ini, tetapi di sisi lain juga dapat memacu motivasi kerja dari karyawan.

4. Kesimpulan dan Saran

Kampas (lining) adalah part dari brake shoe dengan frekuensi munculnya cacat paling tinggi. Berdasarkan data sebelum dilaklkan penelitian ini, skala kualitas kampas masih perlu diperbaiki karena hanya mencapai nilai DPMO sebesar 16624,27 sementara level sigma-nya

sebesar 3,629 sigma. Dari keenam jenis cacat pada kampas, kampas miring dan keropos adalah yang paling sering terjadi, dengan persentase muncul cacat tersebut sebesar 70,41% dari total kampas cacat. Berdasarkan tingkat RPM, kedua cacat tersebut secara signifikan disebabkan karena pada permukaan matras cetakan atau *chrome* terdapat kerak atau kotoran. Target kinerja yang perlu ditingkatkan adalah dengan memastikan tidak ada kerak atau kotoran pada *chrome* tersebut.

Improvement yang diusulkan untuk diterapkan adalah dengan melakukan upaya *preventive maintenance*, yaitu melakukan pembersihan permukaan matras atau *chrome* secara berkala dengan periode waktu setiap 5 cetak kampas. Setelah dilakukan implementasi, diperoleh peningkatan level sigma sebesar 8,73% dari 3,629 sigma menjadi 3,976 sigma. Usulan solusi tersebut selain dapat meningkatkan kapabilitas proses produksi kampas secara keseluruhan, juga terbukti dengan efektif mengurangi jumlah kampas miring dan keropos, yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan level sigma dalam analisis perhitungan hanya untuk dua CTQ (miring dan keropos), sebesar 52,77%.

Usulan cara mempertahankan peningkatan kapabilitas proses ini adalah dengan melakukan pemberian insentif kepada operator apabila operator mampu menghasilkan kampas cacat di bawah standar. Biaya pemberian insentif ini dapat diperoleh dari keuntungan menurunnya jumlah cacat pada kampas, sehingga perusahaan tidak perlu mengeluarkan tambahan biaya untuk biaya kompensasi. Keuntungan lainnya adalah karyawan akan lebih terpacu untuk lebih optimal dalam melakukan proses cetak kampas sehingga tidak menimbulkan produk cacat.

Daftar Pustaka

- Defrianto, E.D. dan Farida (2016) 'Analisis kualitas produk gelas kaca crown dengan metode Six Sigma dan Kaizen di PT. Semesta Raya Abadi Jaya Gresik', *Jurnal Tekmapro*, Vol. 10 No. 1, pp.16-25.
- Didiharyono, Marsal, dan Bakhtiar (2018) 'Analisis pengendalian kualitas produksi dengan metode Six-Sigma pada industri air minum PT Asera Tirta Posidonia, Kota Palopo', *Jurnal Sainsmat*, Vol. 8 No. 2, pp. 163-176.
- Ekawati, Y. dan Dharmawan, L.D. (2016) 'Peningkatan kualitas knalpot pada PT Fajar Indah menggunakan metode Six Sigma', *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 15 No. 2, pp. 112-123.
- Evans, J.R. dan Lindsay, W.M. (2007) *Pengantar six sigma*. Jakarta: Salemba Empat
- Montgomery, D.C. (2009) *Introduction to statistical quality control*. Edisi 6. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc
- Rimantho, D. dan Mariani, D.M. (2017) 'Penerapan metode Six Sigma pada pengendalian kualitas air baku pada produksi makanan', *JITI*, Vol. 16 No. 1, pp. 1-12.
- Safrizal dan Muhajir (2016) 'Pengendalian kualitas dengan metode Six Sigma', *Jurnal Manajemen dan Keuangan*, Vo. 5 No. 2, pp. 615-626.
- Smętkowska, M. dan Mrugalska, B. (2017) 'Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study', *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 238, pp. 590-596.

Takao, M.R.V. (2017) 'Six Sigma methodology advantages for small and medium sized enterprises: a case study in the plumbing industry in the United States', *Advances in Mechanical Engineering*, Vo. 9 No. 10, pp. 1-10.

Windarti, T. (2014), "Pengendalian kualitas untuk meminimasi produk cacat pada proses produksi besi beton", *J@TI Undip*, Vol. 9 No. 3, pp.173-180.