

IMPLEMENTASI METODE *LEAN SIX SIGMA* SEBAGAI UPAYA MEMINIMALISASI CACAT PRODUK KEMASAN CUP AIR MINERAL 240 ml (STUDI KASUS PERUSAHAAN AIR MINUM)

Ari Fakhru Sanny¹, Mustafid², Abdul Hoyyi³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Dosen Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Efforts to increase productivity can not be said that the human factor is not the only factor which should be observed, studied, analyzed, and repaired in the effort to increase productivity, but also other factors such as machine, equipment, raw materials, factory buildings, etc. may also affect the productivity improvement efforts remain to be considered. Quality is the customer's main factor to decide products and services. Therefore, quality is a key factor which brings business success and growth, and improves competitive position. Lean six sigma method is a method to identify and eliminate waste or activities which are not value added and analyze defect rate product approaches zero defect products. This study aims to implement lean six sigma methods in quality control with case studies of product quality bottled water cup 240 ml at the quality control process produces eleven types of disabilities. Efforts should be made to improve the quality of products, one of them by monitoring the production process control diagram. The results obtained in this study is the value of DPMO on line 1 of 546 machines produce sigma level of 4.766 and a percentage of 99.95%, which means that in a million products cup 240 ml mineral water contained 0.05% units of a product that does not fit in production line machine 1. The DPMO values on line 2 of 291 machines produce sigma level of 4.932 and a percentage of 99.97%, which means that in a million products cup 240 ml mineral water contained 0.03% units of a product that does not fit in production line machine 2.

Keywords : Quality, Quality Control, Lean Six Sigma

1. PENDAHULUAN

Manusia bukanlah satu - satunya faktor yang harus diamati, diteliti, dianalisa, dan diperbaiki dalam usaha untuk meningkatkan produktivitas, tetapi juga faktor - faktor lain berupa mesin, peralatan kerja, bahan baku, bangunan pabrik, dan lain juga harus dipertimbangkan. Kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen dalam produk dan jasa. Perilaku konsumen tersebut tidak membedakan apakah konsumen itu perorangan, kelompok industri, program pertahanan militer, atau toko pengecer. Oleh karena itu, kualitas merupakan faktor kunci yang membawa keberhasilan bisnis, pertumbuhan dan peningkatan posisi bersaing. Program jaminan kualitas produk yang efektif dapat menghasilkan kenaikan penetrasi pasar dengan produktivitas lebih tinggi, dan biaya pembuatan barang dan jasa keseluruhan yang lebih rendah (Montgomery, 1998).

Perusahaan air minum berkomitmen dalam mengedepankan kualitas produk. Komitmen tersebut meliputi aspek kesehatan dengan berupaya untuk memastikan produk yang dihasilkannya sehat dan berkualitas. Upaya untuk menjaga kualitas dilakukan mulai dari pengambilan air di sumbernya sampai proses produksi dan pengemasan. Perusahaan air minum diharapkan dapat menerapkan metode *lean six sigma* untuk mengamati proses produksi secara langsung, sehingga dapat memiliki standar sigma suatu proses produksi agar memenuhi target produksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lean

Lean adalah suatu upaya terus - menerus untuk menghilangkan pemborosan dan meningkatkan nilai tambah produk (barang atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*).

2.2. Six Sigma

Six Sigma merupakan satu metode untuk peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (*Defect Per Million Opportunities-DPMO*) untuk setiap transaksi produk (barang atau jasa) atau sebuah upaya giat menuju kesempurnaan (kegagalan nol-zero defect).

2.3. Lean Six Sigma

Lean six sigma yang merupakan kombinasi antara *lean* dan *six sigma* dapat didefinisikan sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan atau aktivitas - aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus - menerus radikal (*radical continuous improvement*) untuk mencapai tingkat kinerja enam sigma.

2.4. Tahapan Six Sigma

a. *Define*

1. Identifikasi Produk dan *Brainstroming*

Mengidentifikasi dan menentukan masalah produksi dengan *brainstroming* untuk menghasilkan ide dalam jangka waktu yang pendek, serta merangsang kreativitas dalam berpikir tetapi tetap mempertimbangkan semua ide yang telah didapat.

2. *Value Stream Mapping (VSM)*

Value Stream Mapping (VSM) menggambarkan secara keseluruhan aktivitas dalam proses produksi. **Identifikasi waste sepanjang value stream / Waste Walk**

Bertujuan untuk mempertimbangkan aliran produksi dari awal hingga akhir dan mengidentifikasi segala bentuk *waste* di sepanjang proses produksi.

b. *Measure*

1. Uji Kruskal Wallis

Dalam analisis parametrik, untuk pengujian hipotesis apakah terdapat perbedaan antara k buah rata - rata sampel yang independen digunakan Analisis Varians (ANOVA) dengan statistik uji F. Prosedur dari uji tersebut mengasumsikan bahwa sampel berasal dari distribusi normal dengan varian yang homogen. Apabila kedua asumsi tersebut tidak terpenuhi atau skala pengukurannya ordinal, maka analisis nonparametrik dapat mengatasinya melalui ANOVA dengan uji Kruskal Wallis.

Hipotesis :

$H_0 : F_1(X) = F_2(X) = F_3(X) = \dots F_k(X)$: semua k populasi mempunyai distribusi identik

$H_1 : F_k(X) \neq F_1(X)$: paling sedikit ada satu populasi mempunyai distribusi tidak identik

Statistik Uji yang digunakan adalah :

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad (1)$$

dengan :

R_i = jumlah rank sampel ke-i

$N = n_1 + n_2 + \dots + n_k$

Statistik uji H mengikuti Chi Kuadrat (χ^2), sehingga kriteria pengujianya adalah tolak H_0 jika $H \geq \chi^2$ dengan derajat bebas k-1 pada taraf signifikansi α . (Conover,1999)

2. Diagram Kendali Demerit

Dalam proses pengendalian kualitas, berbagai jenis cacat yang ditetapkan perusahaan bisa saja terjadi dalam produk. Jenis cacat ini tidak semuanya penting, ada yang bisa ditolerir dan ada yang tidak bisa ditolerir sama sekali. Kondisi seperti inilah yang membuat harus adanya klasifikasi jenis cacat berdasarkan bobotnya dengan menggunakan metode peta kendali demerit (Montgomery, 2005). Pola cacat produk secara umum berdasarkan bobot cacatnya adalah sebagai berikut:

1. Cacat kelas A (Kritis)

Unit akan menyebabkan kecelakaan yang tidak mudah untuk diperbaiki sehingga sama sekali tidak cocok untuk ditawarkan.

2. Cacat kelas B (Mayor)

Unit akan meningkatkan biaya perawatan dan bisa mengalami cacat operasional kelas A sehingga mengurangi daya hidup produk.

3. Cacat kelas C (Minor)

Nilai (\bar{u}) digambarkan sebagai garis tengah pada diagram kendali demerit. Sementara itu, nilai dari batas kendali dapat digambarkan sebagai BKA (Batas Kendali Atas) dan BKB (Batas Kendali Bawah) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{u} + 3\sigma \\ \text{CL} &= \bar{u} \\ \text{LCL} &= \bar{u} - 3\sigma \end{aligned} \quad (2)$$

dengan nilai $\hat{\sigma}_u$ adalah:

$$\hat{\sigma}_u = \sqrt{\frac{w^2_A \bar{u}_A + w^2_B \bar{u}_B + w^2_C \bar{u}_C}{n}} \quad (3)$$

3. Menghitung DPMO

Besarnya tingkat kecacatan per juta kemungkinan (*defect per million opportunities-DPMO*) dapat dihitung :

$$\text{DPMO} = \frac{\text{jumlah cacat}}{\text{banyak produk yang diperiksa} \times \text{banyaknya CTQ}} \times 1000000$$

4. Analisis Kemampuan Proses (*Process Capability Analyze*)

Kemampuan proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan *output* sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.

$$C_{\text{pm}} = \frac{|\text{SL} - T|}{3\sqrt{s^2 + (\bar{x} - T)^2}} \quad (4)$$

$$C_{\text{pk}} = \left| \frac{\text{SL} - \bar{x}}{3s} \right| \quad (5)$$

di mana:

SL = batas atas spesifikasi yang diinginkan pelanggan

s = standar deviasi pengamatan

\bar{x} = rata-rata pengamatan

c. *Analyze*

1. *Value Stream Analysis Tools (VALSAT)*

VALSAT merupakan sebuah pendekatan yang digunakan dengan melakukan pembobotan pemborosan, kemudian dari pembobotan tersebut dilakukan pemilihan terhadap alat dengan menggunakan tabel.

2. *Diagram Pareto*

Pareto digunakan untuk menstratifikasi data ke dalam kelompok - kelompok dari yang paling besar sampai yang paling kecil.

d. Improvement

Tahap perbaikan (*improvement*) ini dilakukan untuk melakukan usulan - usulan perbaikan yang bisa diterapkan untuk meningkatkan proses produksi berdasarkan hasil analisa sebelumnya.

e. Control

Tahap ini merupakan pengendalian terhadap proses produksi yang telah diperbaiki, akan tetapi tidak dilakukan pengendalian terhadap proses kembali karena perbaikan yang dilakukan hanya berupa usulan kepada perusahaan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Sumber data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari hasil pengamatan proses produksi air minum dalam kemasan cup 240 ml di Perusahaan Air Minum oleh bagian *Quality Control* (QC) pada mesin line 1 dan mesin line 2.

3.2. Variabel Cacat

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel cacat yang terdapat pada produk air minum dalam kemasan cup 240 ml yang terbagi menjadi cacat kritis, cacat mayor, dan cacat minor yang sudah ditentukan oleh pihak perusahaan air minum.

3.3. Tahapan Six Sigma

Tahapan Six Sigma dilakukan dengan langkah - langkah sebagai berikut :

1. Pada tahap *define*, mengidentifikasi *waste*, mengidentifikasi *value stream mapping*.
2. Pada tahap *measure*, uji Kruskal Wallis, grafik kendali demerit, perhitungan DPMO dan tingkat sigma, penentuan tingkat kemampuan proses, serta VALSAT.
3. Pada tahap *Analyze*, menganalisis VALSAT, diagram Pareto
4. Pada tahap *Improve* dan *Control* pemberian usulan perbaikan didasarkan pada hasil analisis yang diperoleh.

4. Hasil dan Pembahasan

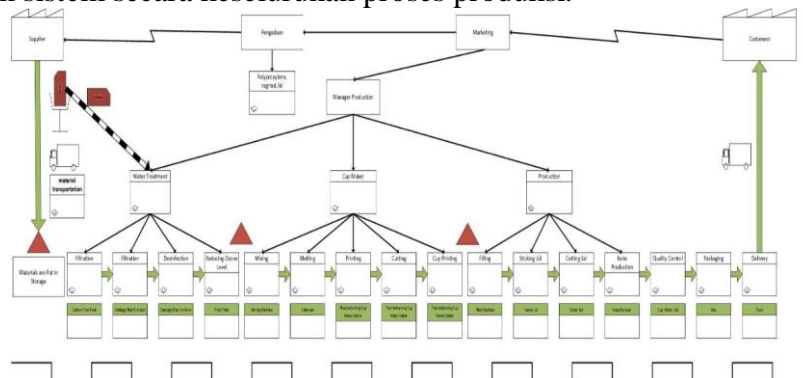
4.1. Define

1. Identifikasi Produk dan *Brainstroming*

Proses produksi cup air mineral 240 ml dimulai dari pembuatan cup, pengisian air, dan penutupan lid cup.

2. *Value Stream Mapping* (VSM)

Value Stream Mapping merupakan langkah awal untuk memahami aliran informasi dan material dalam sistem secara keseluruhan proses produksi.



3. Identifikasi Waste Sepanjang *Value Stream*

Operator diminta untuk memberikan penilaian terhadap tujuh variabel *waste* yang sering terjadi pada proses produksi cup air mineral 240 ml dengan skala 0-2. Nilai 0 artinya *waste* tersebut tidak pernah terjadi, nilai 1 artinya *waste* kadang – kadang terjadi, nilai 2

artinya *waste* tersebut sering terjadi. Hasil dari wawancara dengan operator dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Identifikasi *Waste*

No	Jenis Waste	Operator			Rata - rata
		1	2	3	
1	<i>Over production</i>	0	0	0	0
2	<i>Delays (Waiting Time)</i>	0	0	0	0
3	<i>Excess Transportation</i>	0	0	0	0
4	<i>Inappropriate Processing</i>	0	0	0	0
5	<i>Unnecessary Inventory</i>	0	0	0	0
6	<i>Unnecessary Motion</i>	1	1	1	1
7	<i>Defective Product</i>	2	2	2	2

Hasil pada Tabel 1. *waste* menunjukkan bahwa jenis *waste* yang terjadi adalah *defective product* dengan nilai rata – rata 2 artinya sangat sering terjadi aktivitas *defective product* dalam satu shift kerja. *unnecessary motion* dengan nilai rata – rata 1 artinya sering terjadi aktivitas *unnecessary motion* dalam satu shift kerja.

Penyebab terjadi *waste* akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut :

a. *Unnecessary Motion*

Unnecessary Motion terjadi pada saat proses akhir dibagian *delivering* ketika mengangkat dus *cup* air mineral 240 ml banyak terjadi keteledoran sehingga mengakibatkan *cup* air mineral dalam dus bocor atau pecah sehingga harus dibuang.

b. *Defective Product*

Berdasarkan hasil *quality control* pada bagian akhir proses didapatkan *defective product* antara lain regas, tipis, serabut, kotor air, kotor cup, cacat, bibit tidak rata, bocor lid, lid miring, reject filler isi, volume.

4.2. Measure

1. Uji Kruskal Wallis

Uji variansi *Kruskal Wallis* non parametrik untuk menguji kesamaan rata-rata dalam analisis variansi tersebut sama atau berbeda.

1. Hipotesis :

$H_0 : F_1(X) = F_2(X) = F_3(X) = \dots F_k(X)$: semua k populasi mempunyai distribusi identik.

$H_1 : F_k(X) \neq F_1(X)$: paling sedikit ada satu populasi mempunyai distribusi tidak identik.

2. Statistik Uji :

Mesin Line 1

$P\text{-value} = 0$

H = 448,60

Mesin Line 2

$P\text{-value} = 0$

H = 374,64

3. Daerah Kritis

Jika $P\text{-value} < \alpha$ (0,05) maka H_0 ditolak.

4. Keputusan :

Tolak H_0 , karena berdasarkan nilai $P\text{-value} = 0 < \alpha$ (0,05) dan H = 448,60 dan H = 374,64 < tabel Chi Square (16,92)

5. Kesimpulan

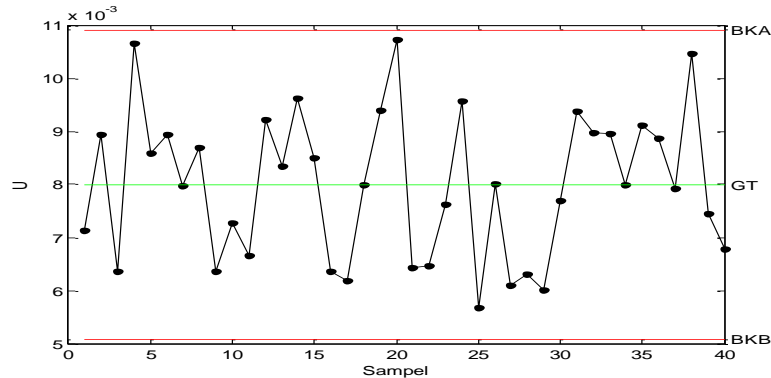
$F_k(X) \neq F_l(X)$: Paling sedikit ada satu populasi mempunyai distribusi tidak identik artinya populasi dalam sampel pengamatan data cacat kemasan cup air mineral 240 ml memiliki varian yang berbeda untuk mesin line 1 dan mesin line 2.

2. Grafik Kendali Demerit

a. Diagram Kendali Demerit untuk Line 1

Upper Center Line (UCL) = $\bar{u} + 3\hat{\sigma}_u = 0.01474 + (3 \times 0.00290) = 0.0234$

Lower Center Line (LCL) = $\bar{u} - 3\hat{\sigma}_u = 0.01474 - (3 \times 0.00290) = 0.0060$



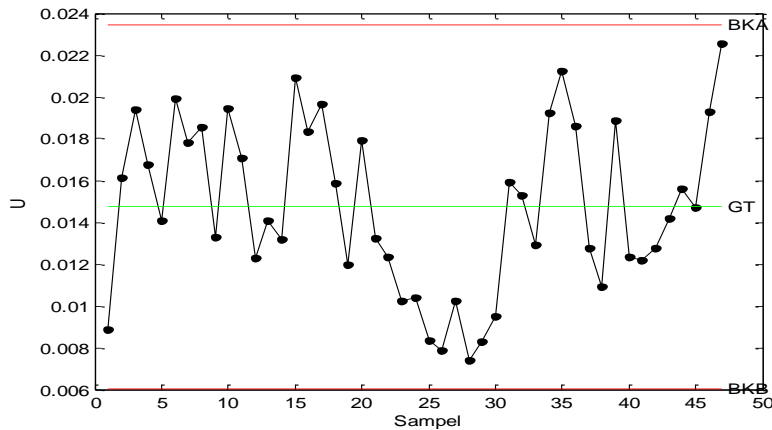
Gambar 1. Diagram Kendali Demerit untuk Mesin Line 1

b. Diagram Kendali Demerit untuk Line 2

Nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah dengan persamaan sebagai berikut:

Upper Center Line (UCL) = $\bar{u} + 3\hat{\sigma}_u = 0.008 + (3 \times 0.00097) = 0.0109$

Lower Center Line (LCL) = $\bar{u} - 3\hat{\sigma}_u = 0.008 - (3 \times 0.00097) = 0.0051$



Gambar 2. Diagram Kendali Demerit untuk Line 2

3. DPMO (Defect per Million Opportunity)

1. Mesin Line 1

Tabel 2. Nilai DPMO dan Tingkat Sigma pada Mesin Line 1

No .	Klasifikasi Cacat	Jumlah Cacat	Jumlah Produksi	DPMO	Tingkat Sigma	Persentase
1	Cacat Kritis	44317	15792000	2806	4,269	99,72%
2	Cacat Mayor	50401	15792000	3192	4,227	99,68%
3	Cacat Minor	35	15792000	2	6	99,9997%
4	Cacat Mesin Line 1	94753	15792000	546	4,766	99,95%

2. Mesin Line 2

Tabel 3. Nilai DPMO dan Tingkat Sigma pada Mesin Line 2

No.	Klasifikasi Cacat	Jumlah Cacat	Jumlah Produksi	DPMO	Tingkat Sigma	Persentase
1	Cacat Kritis	29582	13440000	2201	4,268	99,72%
2	Cacat Mayor	14611	13440000	1087	4,565	99,89%
3	Cacat Minor	94	13440000	7	5,83	99,9993%
4	Cacat Mesin Line 2	94753	13440000	291	4,932	99,97%

1. Analisis Kemampuan Proses (*Process Capability Analyze*)

1. Mesin Line 1

Nilai $C_{pm} = C_{pk} = 1,11954$ yang berada diantara nilai 1,00 dan 1,99 artinya bahwa proses cukup mampu memenuhi spesifikasi target kualitas kemasan cup air mineral 240 ml yang ditetapkan oleh pelanggan, sehingga perlu tindakan untuk meningkatkan proses guna menuju target kegagalan nol (*zero defects*).

2. Mesin Line 2

Nilai $C_{pm} = C_{pk} = 1,03093$ yang berada diantara nilai 1,00 dan 1,99 artinya bahwa proses cukup mampu memenuhi spesifikasi target kualitas kemasan cup air mineral 240 ml yang ditetapkan oleh pelanggan, sehingga perlu tindakan untuk meningkatkan proses guna menuju target kegagalan nol (*zero defects*).

4.3. Analyze

1. *Value Stream Analysis Tools (VALSAT)*

Hasil pengisian VALSAT secara lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan VALSAT

waste	Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Product Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Phisical Structure
over production	0x1=0	0x3=0	0	0x1=0	0x3=0	0x3=0	0
waiting	0x9=0	0x9=0	0x1=0	0	0x3=0	0x3=0	0
transportation	0x9=0	0	0	0	0	0	0x1=0
inappropriate processing	0x9=0	0	0x3=0	0x1=0	0	0x1=0	0
unnecessary inventory	0x3=0	0x9=0	0x3=0	0	0x9=0	0x3=0	0x1=0
unnecessary motion	1x9=9	1x1=1	0	0	0	0	0
defect	2x1	0	0	2x9=18	0	0	0
skor	10	1	0	18	0	0	0

1. *Detailed Mapping* pada *Quality Filter Mapping* pada mesin line 1 dapat dilihat pada Tabel 12. Tabel *Quality Filter Mapping* pada mesin line 1.

Tabel 12. Tabel *Quality Filter Mapping* pada Mesin Line 1

Variabel Cacat	Jumlah cacat	Persentase Cacat
regas	1430	1,51%
tipis	35	0,04%
serabut	10	0,01%
kotor air	757	0,80%
kotor cup	319	0,34%
cacat	18768	19,81%
bibit tidak rata	79	0,08%
bocor lid	105	0,11%
lid miring	30124	31,79%
reject filler isi	29566	31,20%
volume	13560	14,31%

Berdasarkan hasil *Quality Filter Mapping* pada Mesin Line 1 pada Tabel 12. persentase cacat tertinggi terjadi pada lid miring sebesar 31,79 %, berarti kualitas produk yang dipengaruhi oleh variabel cacat lid miring menghasilkan kualitas yang paling rendah.

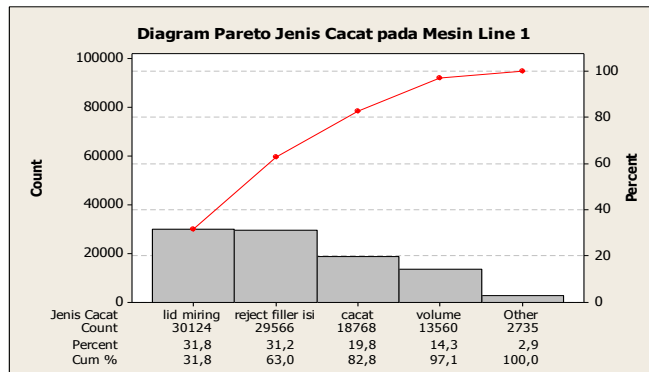
2. *Detailed Mapping* pada *Quality Filter Mapping* pada mesin line 2 dapat dilihat pada Tabel 13. Tabel *Quality Filter Mapping* pada mesin line 2.

Tabel 13. Tabel *Quality Filter Mapping* pada Mesin Line 2

Variabel Cacat	Jumlah cacat	Persentase Cacat
reject filler isi	22777	51,43%
lid miring	8075	18,23%
cacat	5739	12,96%
volume	5553	12,54%
kotor air	663	1,50%
regas	645	1,46%
kotor cup	304	0,69%
bocor lid	261	0,59%
bibir tidak rata	152	0,34%
tipis	94	0,21%
serabut	24	0,05%

Berdasarkan hasil *Quality Filter Mapping* pada mesin line 2 pada Tabel 13. persentase cacat tertinggi terjadi pada *reject filler* isi sebesar 51,43 %. berarti kualitas produk yang dipengaruhi oleh variabel cacat *reject filler* isi menghasilkan kualitas yang paling rendah.

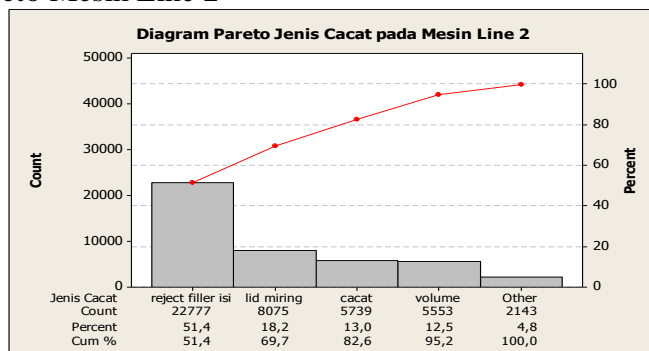
2. Diagram Pareto
 - a. Diagram Pareto Mesin Line 1



Gambar 5. Diagram Pareto pada Mesin Line 1

Berdasarkan Gambar 5. diagram Pareto pada mesin line 1 diperoleh urutan variabel cacat dari terbesar sampai terkecil yaitu : lid miring, reject filler isi, cacat, volume, regas, kotor air, kotor cup, bocor lid, bibir tidak rata, tipis, dan serabut.

- b. Diagram Pareto Mesin Line 2



Gambar 6. Diagram Pareto pada Mesin Line 2

Berdasarkan Gambar 6. diagram Pareto pada mesin line 2 diperoleh urutan ranking variabel cacat dari ranking terbesar sampai terkecil yaitu : reject filler isi, lid miring, volume, regas, kotor air, cacat, kotor cup, tipis, bibir tidak rata, bocor lid, dan serabut.

5. Kesimpulan

1. Penerapan Metode *Lean Six Sigma* menghasilkan performa kinerja proses produksi pada produk yang tak sesuai pada mesin line 1 sebesar 0,05% dan mesin line 2 sebesar 0,03% menunjukkan masih dalam keadaan terkendali karena tidak mencapai batas spesifikasi sebesar 0,5% yang telah ditetapkan oleh perusahaan serta upaya meminimalkan cacat produk dapat dilakukan dengan melakukan usulan pada tahap *Improvement* dalam proses produksi.
2. Faktor - faktor yang menyebabkan variabel cacat lid miring dan reject filler isi antara lain terdapat komponen mesin yang aus, pengaturan mesin yang kurang sesuai, operator belum ditraining ulang dan kurang fokus dalam bekerja sehingga tidak melaksanakan tugasnya sesuai dengan prosedur, susunan bahan baku yang kurang sesuai, serta metode atau prosedur kurang dijalankan dengan baik.
3. Perusahaan hanya menentukan total AQL untuk keseluruhan produksi dan belum membagi nilai AQL untuk tiap kategori, maka dalam penelitian ini digunakan proporsi jumlah cacat untuk pembagian nilai AQL tiap kategorinya. Diperoleh hasil berdasarkan

diagram kendali demerit bahwa proses produksi telah terkendali hingga iterasi ketiga. Hal ini mengakibatkan nilai indeks kapabilitas yang kecil sehingga dapat dicobakan menggunakan diagram kendali untuk variabel lain atau pembagian proporsi nilai AQL tiap kategori yang baru.

6. Daftar Pustaka

- Ariani, D.W. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: Andi.
- Conover, W. J. 1971. *Practical Nonparametric Statistics, second Edition*. New York : John Wiley & Sons INC.
- Gaspers, V. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspers, V. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCF*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hines P, Rich N. 1997. *The Seven Value Stream Mapping Tools*. International Journal of Operations & Production Management, Volume 17, Nomor 1: 46-64.
- Intifada G.S, Wityanto. *Minimasi Waste (Pemborosan) Menggunakan Value Stream Analysis Tools untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu Produksi (Studi Kasus PT. Barata Indonesia, Gresik)*. Jurnal Teknik POMITS, Volume 1, Nomor 1: 1-6.
- Montgomery, D. C. 1998. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Terjemahan Prof. DR. Zanzawi Soerjati, M/Sc. Edisi Dua. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Montgomery, D. C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. Six Edition. Yogyakarta : Gadjah Mada University. Pande, S. Peter, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh. 2003. *The Six Sigma Way*. Terjemahan Dwi Prabantini. Yogyakarta : Andi.
- Render, B. dan Jay, H. 2001. *Prinsip-prinsip Manajemen Operasi*. Edisi 1. Jakarta : Salemba Empat.
- Sudaryanto, B. 2006. *Analisis Pengendalian Produk dengan Menggunakan Metode Six Sigma*. Jurnal Ekonomi Bisnis vol 7 no 2.
- Syukron A, Kholil M. 2013. *Six Sigma Quality for Business Improvement*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Widiharih, T. 2008. *Buku Ajar Statistika Matematika II*. Semarang : Penerbit UNDIP.
- Wapole R. E, Myres R. H. 1986. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Edisi 2. Bandung : Penerbit ITB.