



## Usulan Perbaikan Kualitas Kadar $SO_3$ pada Semen OPC Menggunakan Metode *Six Sigma* di PT - ITP Tbk.

*Suggestion to Improve the Quality of  $SO_3$  Levels in OPC Cement using the Six Sigma Method at PT - ITP Tbk.*

Karina Erianto dan M. Muchtar Darmawan\*

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pancasila, Srengseng Sawah Jagakarsa Jakarta Selatan, Indonesia

### Informasi artikel

Diterima:  
26/10/2021  
Direvisi:  
16/12/2021  
Disetujui:  
23/12/2021

### Abstract

PT. ITP Tbk. is a cement company where one of its products is OPC (Ordinary Portlan Cement). One of the problems in OPC Cement is that there are still samples for  $SO_3$  levels that do not meet specifications. Determination of  $SO_3$  levels is carried out in the process at the Finish Mill Machine. This research was conducted in order to provide suggestions for quality improvement of  $SO_3$  levels in the OPC cement. The analytical method used is the Six Sigma method. The measure stage gives the Processability Index of Finish Mill Machines of 0.42 with an out of spec percentage of 14.69%. The analysis stage concludes that the most likely cause of  $SO_3$  levels out of spec is the change in engine parameter settings because the engine has been operated for 24 hours continuously. The improve stage proposes to re-schedule the use of machines accompanied by rest time.

**Keywords:** quality improvement,  $SO_3$  levels, OPC cement, Six Sigma.

### Abstrak

PT. ITP Tbk. merupakan perusahaan semen dimana salah satu hasil produksinya adalah Semen OPC (*Ordinary Portlan Cement*). Salah satu permasalahan di dalam Semen OPC adalah masih terdapatnya sampel untuk Kadar  $SO_3$  yang tidak memenuhi spesifikasi. Penetapan Kadar  $SO_3$  dilakukan pada proses di Mesin *Finish Mill*. Penelitian ini dilakukan guna memberikan usulan perbaikan kualitas Kadar  $SO_3$  dalam Semen OPC tersebut. Metoda analisis yang digunakan adalah metoda *Six Sigma*. Tahap *measure* memberikan hasil nilai indeks kemampuan proses Mesin *Finish Mill* sebesar 0,42 dengan presentase *out of spec* sebesar 14,69%. Tahap *analysis* menyimpulkan bahwa faktor penyebab Kadar  $SO_3$  *out of spec* adalah terjadinya perubahan parameter *setting* mesin karena mesin telah dioperasikan selama 24 jam terus menerus.

**Kata Kunci:** perbaikan kualitas, kadar  $SO_3$ , semen OPC, *Six Sigma*.

\*Penulis Korespondensi. Tel: - ; Handphone: +62 856 9260 6454  
email : [muchtar\\_darmawan@univpancasila.ac.id](mailto:muchtar_darmawan@univpancasila.ac.id)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## 1. PENDAHULUAN

Kualitas merupakan salah satu aspek dalam produk yang perlu diperhatikan, karena dengan kualitas yang baik maka perusahaan dapat mempertahankan eksistensinya, sehingga dapat terus bersaing dengan perusahaan kompetitor. Salah satu metoda pengendalian kualitas yang sudah sangat dikenal adalah Metoda Six Sigma.

Metoda Six Sigma adalah sebuah metoda pendekatan untuk memperbaiki kualitas proses dan produk. Metoda ini sarat dengan penggunaan data dan analisis dengan tujuan mengurangi jumlah produk yang tidak dapat diterima atau yang tidak memenuhi spesifikasi. Tahapan atau Road Map dalam Metoda Six Sigma adalah terdiri dari: *Define, Measure, Analyze, Improve*, dan *Control* yang biasa disingkat dengan DMAIC (Brussee, 2004).

Pada fase *Define* didefinisikan rumusan masalah yang terjadi, fase *Measure* melakukan pengukuran data dan kinerja proses saat ini, fase *Analyze* melakukan analisis tentang faktor penyebab terjadinya proses atau produk yang tidak memenuhi spesifikasi, fase *Improve* memberikan usulan perbaikan dan terakhir fase *Control* memastikan bahwa hasil pelaksanaan usulan perbaikan telah berjalan dengan baik.

Beberapa penelitian yang menggunakan metoda Six Sigma dalam membahas Pengendalian Kualitas yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini antara lain:

- a. Rimantho dan Mariani membahas tentang penerapan Metode Six Sigma didalam pengendalian kualitas air baku, dimana air baku ini adalah air yang sudah diolah yang diperlukan didalam proses produksi makanan (Rimantho dan Mariani, 2017).
- b. Muntaha membahas tentang perencanaan perbaikan proses pada produk JK-6050 di PT Pamindo Tiga T, metoda yang digunakan adalah DMAIC yang merupakan metoda pendekatan dalam Six Sigma (Muntaha, 2016).
- c. Afianda dan Darmawan menggunakan Metoda Six Sigma untuk menganalisis pengendalian kualitas kondensat murni di PT Arun NGL. PT Arun NGL memproduksi kondensat murni melalui proses pemurnian kondensat tidak

murni (*feed kondensat*) yang merupakan cairan fraksi-fraksi hidrokarbon berat yang tercampur di dalam gas alam. Kondensat murni ini dapat digunakan sebagai bahan baku industri petrokimia (Garizza dan Darmawan, 2016).

- d. Asrofi dan Darmawan menerapkan Metoda Six Sigma di Bidang Pendidikan, yakni bagaimana meningkatkan mutu hasil praktikum mahasiswa di Program Studi Manajemen Logistik Industri Elektronika Politeknik App Jakarta (Yusron dan Darmawan, 2019).
- e. Penelitian lainnya yang membahas Pengendalian Kualitas dengan metoda lain (Kartika, 2013; Muhammad, 2018; Kurniawan, 2011).

PT. ITP Tbk. merupakan salah satu perusahaan produksi semen terbesar yang ada di Indonesia. Berbagai macam produk semen yang dihasilkan, salah satunya adalah semen OPC (*Ordinary Portland Cement*). Proses produksinya memerlukan bahan baku klinker kering yang dicampur dengan gipsum dan zat *addictive* lainnya. Hasil campuran ini dikirim ke *raw mill* untuk dilakukan penggilingan, dan selanjutnya hasil penggilingan dikirim ke *silomill* untuk dilakukan homogenisasi. Hasil homogenisasi kemudian dimasukkan ke *suspension heater* untuk dilakukan proses kalsinasi. Proses berikutnya bahan semen ini dimasukkan ke *clinker silo* sehingga menjadi produk setengah jadi dan terakhir dimasukkan kedalam *finish mill* dengan ditambahkan *gypsum* sehingga keluar produk jadi.

Semen OPC merupakan semen yang biasa digunakan oleh konsumen untuk pembangunan skala besar, misalnya jalan raya, gedung bertingkat, dan lain-lain. Semen OPC ini bisa juga disebut dengan semen Tipe I, dimana semen ini sangat cocok untuk pembangunan skala proyek. Salah satu kandungan dalam Semen OPC adalah kadar  $SO_3$ , yang berperan penting dalam kecepatan pengerasan semen.

Kadar  $SO_3$  semen OPC ini diolah dan dijaga pada waktu proses di Mesin Finish Mill (Gambar 1), dimana dalam periode 6 bulan terakhir yakni dari bulan Oktober 2020 sampai dengan bulan Maret 2021 jumlah sampel Kadar  $SO_3$  yang diperiksa dari tiga Mesin Finish Mill adalah 926 dari Mesin A, 352

dari B dan nol dari C karena tidak berproduksi. Dari sekian sampel yang diperiksa ini ternyata masih ada sebagian yang tidak memenuhi spesifikasi sehingga diperlukan *rework* produksi.

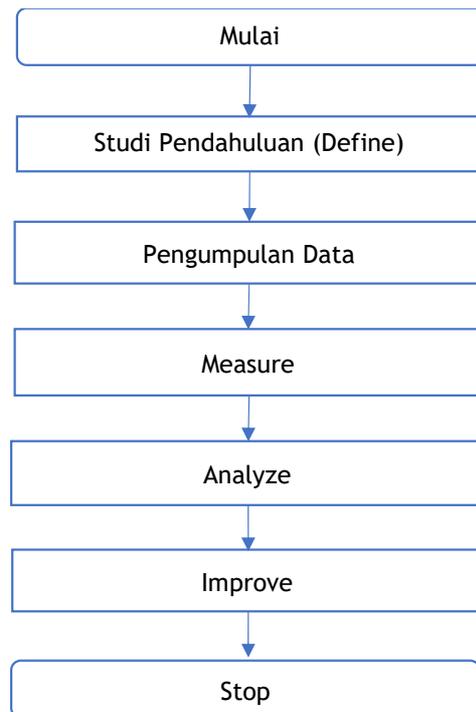


Gambar 1. Mesin *finish mill*

Penelitian ini dilakukan untuk membahas bagaimana memperbaiki kualitas kadar  $SO_3$  dalam Semen OPC hasil produksi PT ITP tersebut. Data sampel diambil dari Mesin Finish Mill A karena yang paling banyak memproduksi. Seperti penelitian yang telah disebutkan sebelumnya metoda pendekatan analisis yang digunakan adalah Metoda Six Sigma yang meliputi lima langkah yakni: *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*. *Fase Control* tidak dibahas dalam penelitian ini, karena fase control dilakukan setelah implentasi perbaikan. Perbedaan dengan penelitian yang telah disebut sebelumnya hanya terletak pada jenis industri dimana penelitian dilakukan. Penelitian ini dilakukan pada Industri Kimia, sedangkan penelitian yang disebut sebelumnya menerapkan metoda Six Sigma di Industri Makanan (Rimantho dan Mariani, 2017), Industri Manufaktur (Muntaha, 2016), Industri Migas (Garizza dan Darmawan, 2016) dan bidang Jasa Pendidikan (Yusron dan Darmawan, 2019).

## 2. METODOLOGI

Sesuai dengan metode Six Sigma maka diagram alir metode penelitian secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 2. Selanjutnya secara rinci diagram alir metode penelitian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

### 2.1. Pengumpulan Data Penelitian

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder.

#### a. Data Primer

Data yang dikumpulkan berdasarkan wawancara dan pengujian sampel Kadar  $SO_3$  Semen OPC dilaboratorium. Data wawancara antara lain terkait dengan data faktor yang mungkin menjadi penyebab produk tidak memenuhi spesifikasi.

#### b. Data Sekunder

Data sekunder didapat dari dokumen perusahaan dan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Data yang dikumpulkan berupa data umum perusahaan, jam kerja dan jam operasional mesin *finish mill*, proses produksi semen OPC dan data spesifikasi Kadar  $SO_3$  dalam Semen OPC.

### 2.2. Tahap Pengolahan dan Analisis Data

#### a. Define

Pada tahapan ini dilakukan pendefinisian masalah terkait dengan proses produksi Semen OPC pada Mesin Finish Mill di PT ITP Tbk dalam menghasilkan Kadar  $SO_3$ .

**b. Measure**

Pada tahapan ini dilakukan pengukuran data dan tingkat kinerja proses produksi Semen OPC saat ini dengan tahapan sebagai berikut:

- (1) Uji Normalitas data menggunakan Chi-Square dengan rumus (Supranto, 2000):

$$\chi^2 = \sum \frac{(fo-fe)^2}{fe} \quad (1)$$

Keterangan:

- X<sup>2</sup> = Nilai dari Chi-Square
- Fo = Frekuensi Observasi
- Fe = Frekuensi Ekspektasi (Harapan)

- (2) Pembuatan Peta control menggunakan peta control R dan  $\bar{X}$ , dengan rumus (Mitra, 2016):

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{g} \quad (2)$$

Rumus (2) merupakan rumus untuk membuat garis sentral peta kontrol  $\bar{X}$  sedangkan untuk menentukan garis sentral peta kontrol R digunakan Rumus (3) sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{g} \quad (3)$$

Selanjutnya untuk Batas Kontrol digunakan rumus sebagai berikut:

Batas Kontrol Peta  $\bar{X}$

$$UCL\bar{X} = \bar{X} + A_2\bar{R} \quad (4)$$

$$LCL\bar{X} = \bar{X} - A_2\bar{R} \quad (5)$$

Batas Peta Kontrol R

$$UCLR = D_4\bar{R} \quad (6)$$

$$LCLR = D_3\bar{R} \quad (7)$$

Keterangan:

- UCL  $\bar{X}$  = Batas Kontrol Atas Peta  $\bar{X}$

LCL  $\bar{X}$  = Batas Kontrol Bawah Peta  $\bar{X}$

$\bar{X}$  = Garis Sentral Peta Kontrol

UCLR = BKA Peta Kontrol R

LCLR = BKB Peta Kontrol R

$\bar{R}$  = Garis Sentral Peta Kontrol

g = Banyaknya sub-grup sampel

A<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> = Konstanta (Tabel Peta Kontrol)

- (3) Perhitungan indeks kemampuan proses, dengan rumus (Mitra, 2016):

$$C_{pU} = \frac{BSA - \mu}{3\sigma} \quad (8)$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - BSB}{3\sigma} \quad (9)$$

$$C_{pk} = \text{Min} \{C_{pU}; C_{pL}\} \quad (10)$$

Keterangan:

C<sub>pU</sub> = Indeks Kemampuan Proses Atas

C<sub>pL</sub> = Indeks Kemampuan Proses Bawah

BSA = Batas Spesifikasi Atas

BSB = Batas Spesifikasi Bawah

C<sub>pk</sub> = Indeks Kemampuan Proses

σ = Simpangan Baku Proses

Harga μ dan σ dihitung dengan rumus sebagai berikut (Mitra, 2008):

$$\mu = \bar{X} \quad (11)$$

$$\sigma = \bar{R} / d_2 \quad (12)$$

dengan d<sub>2</sub> adalah konstanta yang ada di dalam Tabel Peta Kontrol

- (4) Perhitungan presentase produk *out of spec.*

Dengan menggunakan teori distribusi normal dihitung jumlah persentase produk *out of spec* sebagai berikut:

$$P(\text{Out of Spec}) = P(X < BSB) + P(X > BSA) \quad (13)$$

Rumus transformasi dari distribusi normal (X) ke distribusi normal standar (Z):

$$Z = (X - \mu) / \sigma \quad (14)$$

**c. Analyze**

Tahapan analisis digunakan untuk mengetahui dan menganalisis akar penyebab dari adanya produk yang masih mengalami *out of spec*. Peralatan analisis yang digunakan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

(1) *Fishbone Diagram*

Biasanya disebut juga dengan diagram tulang ikan yang merupakan diagram untuk menganalisis dan menetapkan faktor potensial yang menyebabkan terjadinya produk *out of spec*. Faktor potensial ini terdiri dari: Faktor *Man*, yakni sumber daya manusia yang terlibat. *Machine* merupakan keseluruhan alat yang digunakan, *Materials* merupakan bahan-bahan baik dari mentah atau setengah jadi, *Method* yang menjelaskan tentang prosedur dan persyaratan yang digunakan, *Measurements* menjelaskan hasil pengukuran dan *Environment* menjelaskan tentang kondisi lingkungan. Diagram ini disebut tulang ikan dikarenakan bentuknya yang menyerupai tulang ikan (Brussee, 2004).

(2) *Cause Failure Mode and Effect (CFME)*

CFME ini merupakan lanjutan dari diagram *fishbone* dimana dimana faktor potensial dari diagram *fishbone* diuraikan lebih lanjut guna mencari akar penyebab (*root cause*) permasalahan. Metoda yang digunakan didalam mencari akar penyebab masalah adalah metoda *brainstorming* bersama personil ahli terkait, yakni personil ahli dari Divisi *QARD (Quality Assurance and Research Development)* dan dari Divisi Produksi.

(3) *Failure Mode Effect Ananlysis (FMEA)*

FMEA digunakan untuk menganalisis sejauh mana dampak yang ditimbulkan akibat adanya kegagalan atau produk *out of spec (Severity)*, seberapa sering kegagalan tersebut terjadi (*Occurance*) dan seberapa jauh tingkat kesulitan untuk mengetahui terjadinya kegagalan tersebut (*Detection*).

Ketiga faktor ini diberi nilai dan kemudian dikalikan untuk menghasilkan sebuah besaran yang disebut dengan *Risk Priority Number* atau *RPN*.

$$RPN = S \times O \times D \quad (15)$$

Penanganan permasalahan diprioritaskan sesuai urutan besar kecilnya nilai RPN. Nilai RPN yang lebih besar mendapat priotitas pertama untuk diselesaikan.

Tabel rating *Severity*, *Occurance* dan *Detection* disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 (Firdaus dan Widiанти, 2015). Seperti halnya pada CFME, metoda yang digunakan pada FMEA ini juga metoda *brainstorming*.

Tabel 1. Klasifikasi rating severity

Deskripsi	Nilai Rating
• Kegagalan tidak memberikan efek	1
• Kegagalan memberikan efek minoritas pelanggan (<25%)	2
• Kegagalan memberikan efek minoritas pelanggan (50%)	3
• Kegagalan memberikan efek minoritas pelanggan (>75%)	4
• Kegagalan dapat memberikan efek penurunan fungsi sampingan system	5
• Kegagalan dapat memberikan efek hilangnya fungsi sampingan system	6
• Kegagalan dapat memberikan efek penurunan fungsi sampingan sistem utama	7
• Kegagalan dapat memberikan efek hilangnya fungsi sampingan sistem utama	8
• Kegagalan dapat membahayakan sistem dengan terdapatnya peringatan terlebih dahulu	9
• Kegagalan dapat membahayakan sistem tanpa terdapat peringatan terlebih dahulu	10

Tabel 2. Klasifikasi *rating occuance*

Deskripsi	Nilai Rating
• Hampir tidak ada kegagalan	1 - 2
• Sangat kecil terjadi kegagalan	3 - 4
• Jarang terjadi kegagalan	5 - 6
• Kegagalan yang berulang	7 - 8
• Sering terjadi kegagalan	9 - 10

Tabel 3. Klasifikasi *rating detection*

Deskripsi	Nilai Rating
• Selalu dapat mendeteksi kegagalan	1
• Kemungkinan yang sangat tinggi untuk dapat mendeteksi kegagalan	2
• Kemungkinan yang tinggi untuk dapat mendeteksi kegagalan	3
• Kemungkinan <i>moderately high</i> untuk dapat mendeteksi kegagalan	4
• Kemungkinan <i>moderate</i> untuk dapat mendeteksi kegagalan	5
• Kemungkinan rendah untuk dapat mendeteksi kegagalan	6
• Kemungkinan sangat rendah untuk dapat mendeteksi kegagalan	7
• Kemungkinan <i>remote</i> untuk dapat mendeteksi kegagalan	8
• Kemungkinan <i>very remote</i> untuk dapat mendeteksi kegagalan	9
• Pengecekan akan selalu tidak mampu mendeteksi kegagalan	10

d. **Improve**

Dalam tahapan ini dilakukan rencana usulan perbaikan kualitas dengan menggunakan format Tabel 5W+1H sebagai berikut (Muhammad, 2017):

- (1) *What* menanyakan apa yang menjadi penyebab cacat produk.
- (2) *Why* menanyakan bagaimana hal tersebut dapat terjadi
- (3) *Where* menanyakan dimana tempat permasalahan dan rencana tindakan perbaikan akan dilaksanakan
- (4) *When* menanyakan kapan perbaikan akan

dilakukan.

- (5) *Who* menanyakan siapa penanggung jawab dari aktivitas perbaikan tersebut.
- (6) *How* menanyakan bagaimana pelaksanaan tindakan aktivitas perbaikan tersebut.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengumpulan Data

##### 3.1.1. Data Sampel Kadar SO<sub>3</sub> Semen OPC

Data berikut merupakan data sampel kadar SO<sub>3</sub> pada bulan Maret 2021 yang berjumlah sebanyak 140 sampel yang diperoleh dari PT. ITP Tbk. yang disajikan dalam bentuk Tabel 4.

Tabel 4. Sampel kadar SO<sub>3</sub> semen OPC (dalam %)

No.	Kadar SO <sub>3</sub>	No.	Kadar SO <sub>3</sub>	No.	Kadar SO <sub>3</sub>
1	2,04	47	2,17	94	2,13
2	2,19	48	2,38	95	2,14
3	2,08	49	2,41	96	2,13
...	...	...	...	...	...
46	2,02	93	2,01	140	2,07

##### 3.1.2. Data Spesifikasi Kadar SO<sub>3</sub>

Batas Spesifikasi Bawah = BSB = 2% sedangkan untuk Batas Spesifikasi Atas = BSA = 2,40%

#### 3.2. Pengolahan dan Analisis Data

##### 3.2.1. Define

Seperti telah diuraikan sebelumnya, permasalahan yang terjadi dalam produksi Semen OPC di PT ITP Tbk. adalah masih terdapatnya hasil sampel pemeriksaan kadar SO<sub>3</sub> yang mengalami *Out of Spec*.

##### 3.2.2. Measure

###### a. Uji Kenormalan Data

Data pada Tabel 4 diolah menjadi bentuk Distribusi Frekwensi, dihitung frekwensi masing-masing kelas baik untuk frekwensi menurut observasi maupun frekwensi teoritik sesuai distribusi normal. Hasilnya seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Dengan menggunakan Rumus (1) maka diperoleh nilai uji Chi Square:

$$X^2 = \text{Nilai Uji Chi-Square} = 11,62$$

Dengan menggunakan tingkat keyakinan sebesar 95% atau  $\alpha = 5\%$  dan derajat kebebasan sebesar:  $9-2-1 = 6$  maka diperoleh nilai:

$$\text{Chi-Square Tabel} = X^2_{0.05;6} = 12,59$$

Tabel 5. Distribusi Frekwensi Kadar SO<sub>3</sub>

Kelas	Frekuensi Pengamatan (FO)	Frekuensi Harapan (FE)
1,815 - 1,885	3	3,19
1,885 - 1,955	8	9,66
1,955 - 2,025	25	23,24
2,025 - 2,095	37	35,59
2,095 - 2,165	33	34,87
2,165 - 2,235	27	21,71
2,235 - 2,305	3	8,97
2,305 - 2,375	2	2,32
2,375 - 2,445	2	0,43

Nilai Uji Chi-Square < Nilai Chi-Square Tabel, maka data Kadar SO<sub>3</sub> dari Semen OPC dapat disimpulkan berdistribusi normal.

b. Peta Kontrol R dan  $\bar{X}$

Langkah selanjutnya menyusun peta kontrol R dan  $\bar{X}$ . Data pada Tabel 4 sebanyak 140 disusun dalam bentuk Sub-Grup dengan setiap Sub-Grup nya berisi 5 data, sehingga jumlah Su-Grup yang dihasilkan adalah sebanyak 28 Sub-Grup. Dengan menggunakan Rumus (2) sampai dengan Rumus (7) disusun Peta Kontrol R dan  $\bar{X}$ . Dengan asumsi ada sebab khusus, Sub-Grup yang *out of control* dihilangkan dan kemudian dilakukan revisi peta kontrol sehingga semua data sub-grup *in control*. Peta kontrol yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

**Peta Kontrol R:**

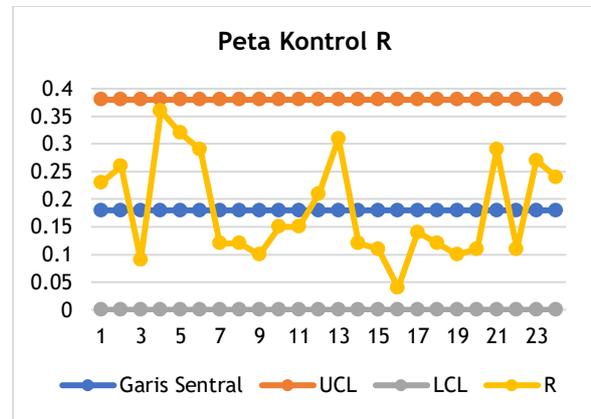
Garis Sentral =  $\bar{R}$  = CL = 0.15  
 Batas Kontrol Atas = BKA = 0.38  
 Batas Kontrol Bawah = BKB = 0

**Peta Kontrol  $\bar{X}$**

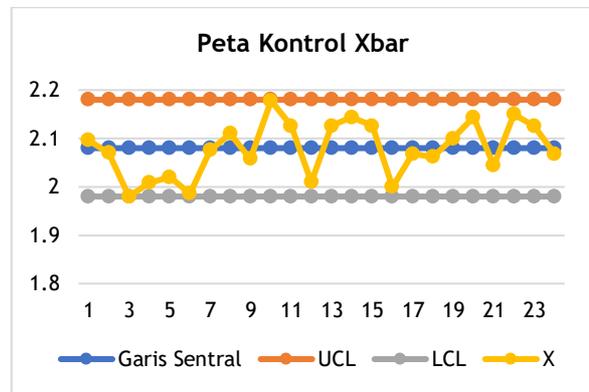
Garis Sentral =  $\bar{\bar{X}}$  = CL = 2.08

Batas Kontrol Atas = BKA = 2.18  
 Batas Kontrol Bawah = BKB = 0

Grafik Peta Kontrol R dan  $\bar{X}$  dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Peta kontrol R dengan revisi



Gambar 4. Peta kontrol  $\bar{x}$  dengan revisi

c. Indeks Kemampuan Proses

Dari Peta Kontrol diperoleh:

$$\mu = \bar{\bar{X}} = 2.08$$

$$\sigma = \bar{R} / d_2 = 0.15 / 2.326 = 0.064, \text{ selanjutnya:}$$

$$C_{pU} = (2.4 - 2.08) / [3(0.064)] = 1.67$$

$$C_{pL} = (2.08 - 2) / [3(0.064)] = 0.42$$

$$C_{pk} = \text{Minimum} (1.67 ; 0.42) = 0.42$$

Nilai  $C_{pk} < 1$  menunjukkan bahwa kemampuan proses produksi Semen OPC dalam menghasilkan Kadar SO<sub>3</sub> adalah belum sepenuhnya *capable*. Berdasarkan nilai  $C_{pU}$  dan  $C_{pL}$  yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa proses telah bergeser kearah bawah dari target yang seharusnya dicapai. Nilai target yang seharusnya dicapai adalah 2.2% yakni nilai tengah antara BSB=2% dan

BSA = 2.4%. Nilai rata-rata proses yang terjadi saat ini adalah 2.08 %.

d. Perhitungan Persentase Produk *Out of Spec*

$$\begin{aligned}
 P(\text{Out of Spec}) &= P(X < \text{BSB}) + P(X > \text{BSA}) \\
 &= P(X < 2) + P(X > 2.40) \\
 Z_1 &= (2 - 2.08) / 0.064 = -1.25 \\
 Z_2 &= (2.40 - 2.08) / 0.064 = 5 \\
 P(\text{Out of Spec}) &= P(Z < -1.25) + P(Z > 5) \\
 &= 0.1469 + 0 \text{ (Dari Tabel Normal)} \\
 &= 0.1469 = 14.69\%
 \end{aligned}$$

3.2.3. Analyze

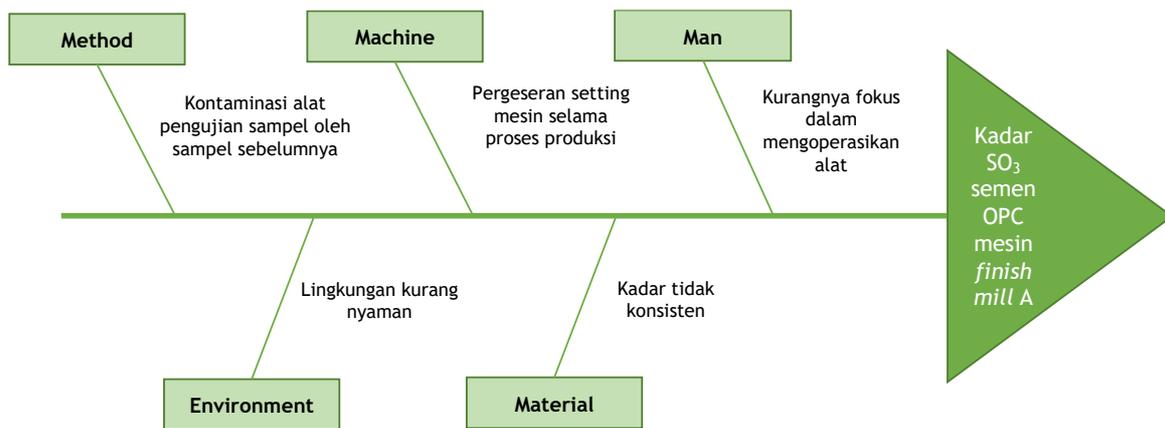
Pada tahap analisis ini diagram *fishbone* digunakan untuk mencari penyebab potensial kadar SO<sub>3</sub> *out of spec*, *CFME* digunakan untuk mencari akar dari penyebab potensial yang sudah didefinisikan diagram *fishbone*, dan *FMEA* digunakan untuk menentukan *ranking* dari

pemecahan masalah yang ada melalui perhitungan nilai RPN. Baik diagram *fishbone*, *CFME* maupun *FMEA*, semua diperoleh berdasarkan hasil *brainstorming* dengan ahli terkait.

a. Diagram Fishbone

Berdasarkan Gambar 5, faktor potensial penyebab Kadar SO<sub>3</sub> Semen OPC mengalami *Out of Spec*:

- (1) Faktor Manusia: Saat melakukan produksi dan pengecekan operator masih ada yang kurang fokus.
- (2) Faktor Mesin: Terjadinya pergeseran *setting* parameter proses dari yang seharusnya.
- (3) Metode: Proses pengecekan sampel berikutnya terkontaminasi oleh sisa pengecekan sampel sebelumnya
- (4) Material: Material dari supplier selalu memiliki komposisi kadar yang berbeda-beda.
- (5) Lingkungan: Kurang nyaman baik dalam suhu maupun kebersihan udara.



Gambar 5. Diagram Fishbone

b. Cause Failure Mode Effects (CFME)

Berdasarkan diagram CFME pada Gambar 6, dapat disimpulkan akar penyebab keadaan *out of spec* kadar SO<sub>3</sub> semen OPC pada proses di mesin *finish mill* adalah sebagai berikut:

- (1) Mesin memproduksi jenis produk yang berbeda-beda.
- (2) Mesin memproduksi produk selama 24 jam penuh.
- (3) Tidak dibersihkannya alat sebelum dipakai untuk memeriksa sampel berikutnya.
- (4) Perbedaan lokasi penambangan dan

kandungan kadar dari *supplier*.

- (5) Produksi semen yang berdebu dan kurangnya penyaring udara.

c. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Tabel FMEA disajikan pada Tabel 6, yang terdiri dari 5 failure mode, yaitu; operator kurangn fokus, pergeseran setting mesin selama proses produksi, kontaminasi alat pengujian sampel, kadar tidak konsisten dan lingkungan kurang nyaman serta 1 effect analysis, yaitu: Kadar SO<sub>3</sub> Semen OPC mengalami *Out of Spec*.



Gambar 6. CFME

Tabel 6. FMEA

No	Failure Mode	Failure Effect	Potential Causes	S	O	D	RPN	Ranking
1	Operator Kurang Fokus		Satu mesin memproduksi produk yang berbeda-beda	8	6	4	192	2
2	Pergeseran setting mesin selama proses produksi	Kadar SO <sub>3</sub> Semen OPC mengalami <i>Out of Spec</i>	Mesin dioperasikan selama 24 jam penuh	8	6	6	288	1
3	kontaminasi alat pengujian sampel		Alat pengujian tidak dibersihkan	8	4	4	128	3
4	Kadar Tidak Konsisten		Perbedaan lokasi penambangan	8	4	4	128	3
5	Lingkungan Kurang nyaman		Produksi semen berdebu	8	4	4	128	3

3.2.4. Improve

Tabel 7 menampilkan rancangan perbaikan kualitas kadar SO<sub>3</sub> semen OPC mesin *finish mill*

yang merupakan solusi dari permasalahan yang ada di PT. ITP Tbk. terutama permasalahan pergeseran setting mesin selama proses produksi.

Tabel 7. Rancangan perbaikan kualitas kadar SO<sub>3</sub> semen OPC mesin *finish mill* PT. ITP Tbk

No	Potensi Kegagalan	Dampak	<i>What</i>	<i>How</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>Who</i>	<i>When</i>
			Penyebab Kegagalan (Potensial)	Tindakan Peningkatan	Alasan Tindakan Peningkatan	Lokasi Perbaikan Untuk Peningkatan	Pelaksana	Urutan Peringkat
1	Operator Kurang Fokus dalam mengoperasikan alat		Satu mesin memproduksi jenis produk yang berbeda-beda	Dijadwalkan 1 periode waktu untuk pemakaian mesin <i>finish mill</i> dalam memproduksi jenis semen	Agar kekeliruan dari operator untuk men- <i>setting</i> mesin dapat dihindari	Departemen Produksi	Manager Produksi	Ke-2
2	Pergeseran <i>setting</i> mesin selama proses produksi		Mesin dioperasikan selama 24 jam penuh	Penyusunan jadwal ulang Mesin, dilakukan pengecekan dan istirahat setiap periode waktu	Agar mesin sempat beristirahat dan pergeseran <i>setting</i> mesin dapat dihindari	Departemen Produksi dan <i>Maintenance</i>	Manager Produksi dan <i>Maintenance</i>	Ke-1
3	Kontaminasi alat pengujian sampel oleh sampel sebelumnya	Kadar SO <sub>3</sub> semen OPC mengalami Out of Spec.	Alat pengujian tidak dibersihkan sebelum menguji sampel berikutnya	Setiap pengujian sampel berikutnya alat pengujian dibersihkan terlebih dahulu	Agar saat pengujian sampel berikutnya tidak terjadi kontaminasi oleh sampel sebelumnya	Departemen <i>Quality Control</i>	Manager <i>Quality Control</i>	Ke-3
4	Kadar Tidak Konsisten		Perbedaan lokasi penambangan dan kandungan kadar dari supplier	Setelah melakukan pengukuran dibuat lagi perhitungan percampuran dan perketat standar penerimaan kadar	Agar ketika komposisi antara penambangan dan bahan supplier ketika digabungkan perbedaan dapat diperkecil	Departemen Produksi dan <i>Quality Control</i>	Manager Produksi dan <i>Quality Control</i>	Ke-3
5	Lingkungan Kurang nyaman		Produksi semen berdebu dan kurangnya penyaring udara	Tambahkan penyaring udara dekat dengan mesin produksi	Agar ketika mesin melakukan proses produksi, maka debu yang dihasilkan langsung dapat disaring	Departemen Produksi	Manager Produksi	Ke-3

#### 4. SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian ini adalah indeks kemampuan proses Mesin Finish Mill dalam menghasilkan Kadar SO<sub>3</sub> adalah sebesar 0.42 dengan CpU sebesar 1.67 dan CpL sebesar 0.42. Presentase *out of spec* Kadar SO<sub>3</sub> sebesar 14.69%.

Berdasarkan nilai CpU dan CpL yang diperoleh maka masalah proses yang terjadi pada Mesin *Finish Mill* adalah masalah nilai rata-rata, bukan masalah variasi, yakni nilai rata-rata proses bergeser ke arah bawah sehingga Nilai CpL rendah dan menghasilkan produk yang *out of spec*.

Faktor yang paling mungkin menyebabkan terjadinya produk *out of spec* adalah adanya pergeseran nilai parameter setting mesin karena mesin telah dioperasikan selama 24 jam secara terus menerus. Faktor lainnya adalah: Operator menjadi kurang fokus karena satu mesin menangani produk yang berbeda-beda, alat pengujian yang terkontaminasi sampel sebelumnya tidak dibersihkan pada waktu memeriksa sampel selanjutnya, kandungan kadar material yang tidak homogen dan situasi lingkungan pabrik yang masih berdebu karena kurangnya alat penyaring udara.

Usulan perbaikan prioritas utama adalah dilakukan penyusunan penjadwalan ulang pengoperasian pemakaian Mesin *Finish Mill* A, B, dan C agar pemakaian seimbang yang disertai dengan waktu istirahat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, H. dan Asiah, 2018. *Statistika Pengendalian Mutu Internal Mendukung Penerapan ISO/IEC 17025:2017*, Bogor : PT Penerbit IPB Press. [Cetak].
- Brussee, W., 2004, *Statistics for Six Sigma Made Easy*, New York: McGraw-Hill. [Cetak].
- Firdaus, H. dan Widiyanti, T., 2015. Failure mode and effect analysis (FMEA) sebagai Tindakan Pencegahan pada Kegagalan Pengujian. *10<sup>th</sup> Annual Meeting on Testing and Quality*. hal. 131-147.
- Garizza A. dan M. Darmawan, 2016. Analisis Pengendalian Kualitas Kondensat Murni Dengan Metoda Six Sigma Di PT Arun NGL. *Jurnal Teknik*, 29(3), hal. 140-149.
- Kartika, H., 2013. Analisis Pengendalian Kualitas Produk CPE Film dengan Metode *Statistical Process Control* pada PT. MSI. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 1(1), hal. 50-58.
- Kurniawan, T., 2011. Aplikasi Teori Pengendalian Kualitas Proses Produksi pada Pengemasan Gula Tebu di PT. Industri Gula Nusantara Cepiring-Kendal, *Doctoral Dissertation*, Universitas Negeri Semarang. [Cetak].
- Mitra, A. 2016, *Fundamental of Quality Control and Improvement*, Inc. 3<sup>th</sup> Edition, New Jersey: John Wiley and Sons. [Cetak].
- Muhammad, R., 2018. Analisis Pengendalian Kualitas Dan Usulan Perbaikan Pada Unit Sigaret Kretek Mesin (SKM)(Studi Kasus Pada PT. Djitoe Indonesian Tobacco Coy Solo) *Undergraduate Thesis*, Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia. [Cetak].
- Mumtaha, A.A., 2016. Perencanaan Perbaikan Proses Pada Produk JK-6050 Dengan Menggunakan Metode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), *Doctoral Dissertation*, Universitas Mercu Buana.[Cetak].
- Rimantho, D. dan Mariani, D.M., 2017. Penerapan metode six sigma pada pengendalian kualitas air baku pada produksi makanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 16(1), hal. 1-12.
- Supranto, J. 2000, *Statistik Teori dan Aplikasi*, Jakarta: Erlangga. [Cetak].
- Yusron A. dan Darmawan, M., 2019. Peningkatan Mutu Hasil Praktikum Mahasiswa Di Program Studi Manajemen Logistik Industri Elektronika Politeknik App Jakarta Dengan Metode Six Sigma, *Skripsi*. Program Studi Teknik Industri, Universitas Pancasila. [Cetak].

