

## PENINGKATAN KUALITAS PRODUK KAPUR TULIS DENGAN PENDEKATAN *DMAIC* DI UD. SUMBER MAKMUR

Yessica Yapri<sup>1)</sup>, Joko Mulyono<sup>2)</sup>, Martinus Edy Sianto<sup>2)</sup>  
Email : j3ss1c4\_04@yahoo.com

### ABSTRAK

*UD. Sumber Makmur merupakan sebuah pabrik yang bergerak di bidang pembuatan kapur tulis, yang terletak di Desa Setro, Kecamatan Menganti, Gresik. Banyak usaha dilakukan oleh perusahaan ini untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan karena semakin banyak sekolah yang tidak lagi menggunakan kapur tulis. Penelitian dilakukan di bagian produksi yaitu bagian pencetakan dan pengeringan. Pada kedua bagian ini terdapat cukup banyak cacat produk yang dihasilkan, yaitu kapur mudah patah, permukaan kapur berongga dan kotor. Banyaknya cacat produk yang dihasilkan adalah sekitar 20% dari total kapur tulis yang diproduksi setiap harinya. Perbaikan dilakukan pada produksi kapur tulis dengan menggunakan pendekatan *DMAIC* (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) yang merupakan suatu metode perbaikan yang terdapat dalam six sigma untuk membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas produknya agar dapat memenangkan kompetisi. Pada tahap improve perbaikan menggunakan *DOE* (Design of Experiment) dengan melakukan percobaan pada perbandingan komposisi bahan baku karena penyebab utama dari kecacatan produk adalah komposisi bahan yang kurang tepat. Penyebab utama kecacatan produk ini diperoleh dari tahap Analyze. Perbandingan komposisi bahan baku yang dihasilkan dari *DOE* adalah 65 gypsum : 35 kalsium dan air 0,75 liter. Sedangkan kualitas bahan baku yang sebaiknya digunakan adalah kualitas A karena menghasilkan cacat produk yang lebih sedikit.*

**Kata kunci :** peningkatan kualitas, kapur tulis, *DMAIC*, *DOE*

### PENDAHULUAN

Kualitas merupakan suatu hal yang sangat penting agar suatu produk atau jasa dapat tetap eksis dalam persaingan yang ada. Berbagai macam metode dikembangkan untuk mewujudkan suatu kondisi yang ideal dalam sebuah proses produksi, yaitu *zero defect* atau tanpa cacat.

Pendekatan *DMAIC* (Define, Measure, Analyze, Improve dan Control) merupakan suatu metode perbaikan yang terdapat dalam Six Sigma untuk membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas produknya agar dapat memenangkan kompetisi<sup>[1]</sup>. Penerapan dari kelima langkah/tahap ini adalah melakukan identifikasi permasalahan dan merangkumnya dalam *project charter*, menentukan prioritas utama perbaikan dan menghitung kapabilitas proses dari perusahaan, kemudian mengidentifikasi faktor penyebab permasalahannya dan akhirnya dilakukan perbaikan terhadap faktor-faktor penyebab kecacatan tersebut, kemudian barulah hasil perbaikan tersebut disebarluaskan dan diterapkan. Alat-alat yang digunakan dalam melakukan langkah *DMAIC* antara lain adalah

diagram *SIPOC* (Supplier Input Proses Output Customer), *fishbone*, *check sheet*, *histogram*, *pareto chart*, *control chart*, dan lain-lain.

UD. Sumber Makmur adalah pabrik manufaktur yang memproduksi kapur tulis putih dan berwarna. Pabrik ini sudah didirikan oleh Bapak Hendro Pramono sejak tahun 1990. Produk kapur tulis yang dihasilkan adalah dengan merek "Topi Sarjana". UD Sumber Makmur merupakan salah satu usaha *home industry* yang sedang berkembang. Perusahaan ini sangat menginginkan untuk meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan banyaknya pesaing sehingga untuk menghindari terjadinya penurunan konsumen, maka terus dilakukan usaha-usaha untuk meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan.

Melalui pengamatan awal dan wawancara yang dilakukan, diperoleh permasalahan yang seringkali terjadi, yaitu produksi kapur tulis yang dihasilkan mudah patah, permukaannya berongga dan kotor. Kecacatan produksi tersebut terjadi saat mencetak dan mengeringkan. Perbaikan yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan

<sup>1)</sup> Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

<sup>2)</sup> Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

pendekatan *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*), di mana pada tahap *improve* dari siklus *DMAIC* ini menggunakan desain eksperimen yang dapat mengidentifikasi faktor-faktor mana saja yang signifikan menyebabkan terjadinya cacat di antara faktor-faktor dugaan yang biasanya cukup banyak.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Siklus *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*)

*DMAIC* merupakan proses perbaikan untuk peningkatan terus menerus menuju target *Six Sigma*. *DMAIC* dilakukan secara sistematis, berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta. Proses ini menghilangkan langkah-langkah proses yang tidak produktif, sering berfokus pada pengukuran-pengukuran baru, dan menetapkan teknologi untuk peningkatan kualitas<sup>[2][3]</sup>.

**Define (D)** merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini, yang paling penting untuk dilakukan adalah identifikasi produk atau proses yang akan diperbaiki. Pemilihan proyek terbaik adalah berdasarkan pada identifikasi proyek yang sesuai dengan kebutuhan, kapabilitas dan tujuan organisasi.

**Measure (M)** merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Kita harus menetapkan prioritas utama tentang masalah-masalah atau kesempatan peningkatan kualitas mana yang akan ditangani terlebih dahulu.

*Baseline* kinerja biasanya ditetapkan dengan menggunakan satuan pengukuran *DPMO* dan tingkat kapabilitas *sigma*. Pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output dari proses dapat memenuhi kebutuhan pelanggan.

**Analyze (A)** merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini yang perlu diperhatikan adalah mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan.

Untuk mengidentifikasi sumber dan penyebab kecacatan produk umumnya digunakan salah satu alat dari *seven tool* yaitu *cause and effect diagram*. Diagram sebab akibat

adalah alat yang digunakan untuk mengatur dan menunjukkan secara grafik semua pengetahuan yang dimiliki sebuah kelompok sehubungan dengan masalah tertentu.

**Improve (I)** merupakan langkah operasional keempat dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Langkah ini dilakukan setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi. Pada tahap ini ditetapkan suatu rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *SixSigma*.

**Control (C)** merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, prosedur-prosedur didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja standar. Standardisasi dimaksudkan untuk mencegah masalah yang sama atau praktek-praktek lama terulang kembali.

### Alat-Alat *DMAIC*

Pendekatan *DMAIC* menggunakan beberapa alat yaitu, diagram *SIPOC*, diagram Pareto, *Flowchart* dan *cause-effect diagram*.

### Diagram *SIPOC* (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*)

*SIPOC* (dieja “sye-pahk”) adalah akronim untuk *Supplier, Input, Process, Output, Customer*. *SIPOC* digunakan dalam tahap *define* dan seringkali merupakan metode yang disukai untuk menggambarkan proses bisnis mayor dan mengidentifikasi ukuran-ukuran yang mungkin.

Diagram *SIPOC* digunakan untuk menunjukkan aktivitas mayor atau subproses, dalam sebuah proses bisnis, bersama-sama dengan kerangka kerja dari proses yang disajikan dalam *Supplier, Input, Process, Output, dan Customer*. Diagram *SIPOC* digunakan untuk membantu menentukan batasan-batasan dan elemen-elemen kritis dari sebuah proses, tanpa menjadi begitu detail sehingga kehilangan gambar besar.

### Diagram Pareto

Pareto merupakan diagram batang yang khusus membagi satu kelompok berdasarkan kategori, dan membandingkannya dari yang

terbesar sampai terkecil. Diagram ini digunakan untuk mencari bagian terbesar dari masalah atau kontributor terbesar dari penyebab masalah. Diagram Pareto membantu praktisi dalam memfokuskan proyek dan solusi kepada hal-hal yang paling berpengaruh. Diagram Pareto mengacu pada "hukum 80-20": kebanyakan masalah (80) berasal dari sedikit penyebab (20).

### **Project Charter**

*Project charter* merupakan kontrak kerja antara *team charter* dengan *organizational leadership* dalam pelaksanaan proyek perbaikan *six sigma* di perusahaan untuk mendapatkan sasaran perbaikan. *Project charter* menggambarkan rangkuman atau perencanaan proyek *six sigma*. Isi dari *project charter* adalah deskripsi singkat tentang masalah yang dialami perusahaan beserta kerugian yang dialami perusahaan selama ini.

### **Cause and Effect Diagram**

Diagram sebab akibat adalah diagram yang digunakan untuk menganalisa semua hubungan penyebab dan hasil. Diagram sebab akibat untuk memperlihatkan faktor-faktor yang berpengaruh pada kualitas atau dengan kata lain diagram ini dipergunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab (sebab) dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu.

Diagram ini disusun dengan memperhatikan elemen-elemen yang meliputi 5 M + 1 P, yaitu: *Machine* (mesin), *Method* (metode), *Mother nature* (lingkungan), *Material* (bahan baku), *Measure* (pengukuran), dan *People* (manusia).

### **Design of Experiments (DOE)**

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefinisikan sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan

kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas.

### **Desain Faktorial**

Desain faktorial merupakan solusi paling efisien bila eksperimen meneliti pengaruh dari dua atau lebih faktor, karena semua kemungkinan kombinasi tiap *level* dari faktor-faktor dapat diselidiki secara lengkap. Kelebihan desain faktorial adalah lebih efisien, mampu menunjukkan efek interaksi antar faktor, dan dapat memberikan perkiraan efek dari suatu faktor pada kondisi *level* yang berbeda-beda dari suatu faktor lain. Pada desain faktorial, setidaknya harus dilakukan dua replikasi untuk menentukan Sse jika kemungkinan semua interaksinya masuk dalam model perhitungan.

### **Kapabilitas Proses**

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

### **Kapabilitas proses untuk data atribut**

Data atribut merupakan data kualitatif yang dihitung menggunakan daftar pencacahan atau *tally* untuk keperluan pencatatan analisis<sup>[4][5]</sup>.

#### **1. Defect per opportunity (DPO)**

Ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan. Dihitung dengan menggunakan formula:

$$DPO = \frac{\text{banyaknya cacat yang ditemukan}}{\text{banyaknya unit yang diperiksa} \times CTQ\text{potensial}} \quad (1)$$

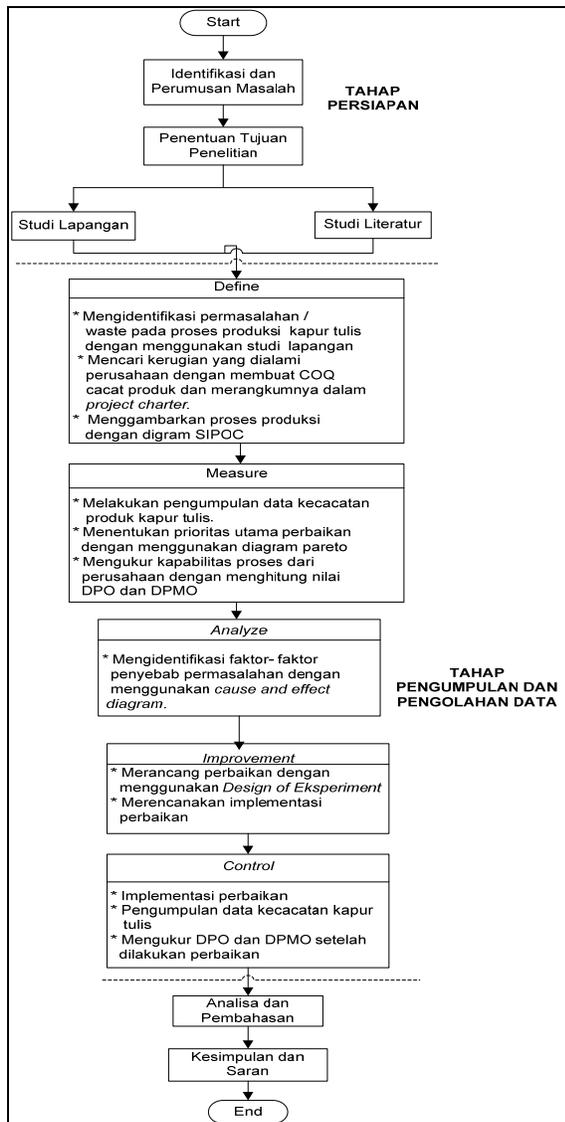
#### **2. Defect per million opportunity (DPMO)**

Ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas *Six Sigma* yang dijalankan Motorola sebesar 3,4 *DPMO*. *DPMO* dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

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

**METODE PENELITIAN**

Pada metode penelitian ini dijelaskan langkah-langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu masalah mulai dari proses pengumpulan dan pengolahan data. Metode penelitian ini dibuat untuk mendapatkan ketepatan dalam penelitian, memperkecil kesalahan-kesalahan yang terjadi serta mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Penelitian dilakukan berdasarkan langkah-langkah yang telah dibuat. Metode penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir metode penelitian

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Define**

Define adalah fase menentukan masalah, masalah dapat diketahui dengan melakukan pengamatan awal. Masalah yang terjadi pada UD. Sumber Makmur diketahui pada saat melakukan pengamatan awal dengan mengambil sampel produk sebanyak 100 batang kapur tulis. Data pengamatan awal yang diperoleh dari pengamatan produk dan dengan melakukan wawancara disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data pengamatan awal terhadap 100 batang kapur tulis

Pencetakan			Pengeringan		
Patah (batang)	Kurang padat (batang)	Kotor (batang)	Patah (batang)	Kurang padat (batang)	Kotor (batang)
10	6	4	7	3	7
Jumlah Cacat (batang)					37

Dari pengamatan awal diketahui bahwa masalah yang terjadi adalah kapur berongga, mudah patah dan kotor. Setelah itu dihitung berapa besar kerugian yang dialami perusahaan dengan menghitung COQ. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** COQ (*Cost of Quality*) produksi kapur tulis

COQ	Rp	Persentase, %
<i>Preventive</i>	305.250	7
<i>Appraisal</i>	168.750	4
<i>Internal Failure</i>	2.840.000	69
<i>External Failure</i>	800.000	20

**Project charter**

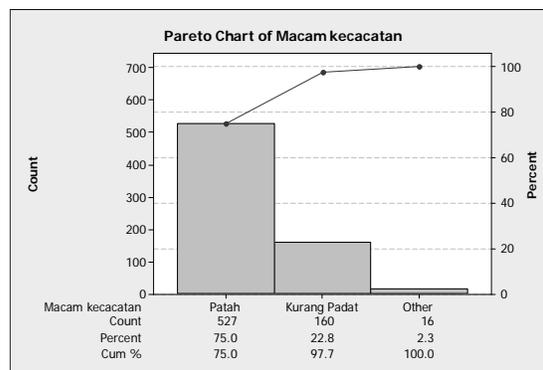
*Project charter* adalah kontrak kerja antara *team charter* dengan *organizational leadership* dalam pelaksanaan proyek perbaikan *six sigma* di perusahaan untuk mendapatkan sasaran perbaikan. *Project charter* menggambarkan rangkuman atau perencanaan proyek *six sigma*. Isi dari *project charter* adalah deskripsi singkat tentang masalah yang dialami perusahaan beserta kerugian yang dialami perusahaan selama ini. *Project Charter* pada UD Sumber Makmur disajikan pada Tabel 3

**Tabel 3.** *Project Charter* Pengurangan Kecacatan di UD. Sumber Makmur

<i>Big Y</i>	<i>MFG COST INNOVATION</i>	<i>TDR / IPIP</i>	<i>IPIP</i>
<i>Theme</i>	KECACATAN PADA KAPUR TULIS	<i>Owner</i>	Hendro Pramono
<i>Project Summary (Plan)</i>	1. Masalah yang terjadi di UD. Sumber Makmur adalah terletak pada bagian produksi yaitu masalah kapur tulis yang mudah patah dan kurang padatnya permukaan kapur tulis tersebut. 2. Tujuan dilakukannya perbaikan adalah untuk mengurangi produk cacat pada produksi kapur tulis. 3. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode <i>DMAIC</i> yaitu dengan melakukan identifikasi masalah yang ada, kemudian barulah dicari solusi yang terbaik.		
<i>Activity Duration</i>	Januari – Maret 2007	<i>Champion</i>	Pemilik perusahaan: Bpk. Hendro Pramono
<i>Main KPI</i>	Persentase jumlah cacat	<i>Current:</i> 15 %	<i>Quality:</i> 703
<i>Project Impact and formula of cost impact</i>	Kerugian yang diperoleh karena produk yang cacat = Rp 3.640.000 Kerugian selama 1 tahun = Rp 3.640.000 x 12 = Rp 43.680.000		

**Measure**

Pada tahap ini sebelum menghitung berapa besar kapabilitas prosesnya, dilakukan terlebih dahulu pengumpulan data. Data dikumpulkan dengan cara mengamati pada tahap apa saja produk yang cacat itu dapat terjadi. Hasil pengamatan awal diketahui bahwa produk cacat dapat terjadi dari proses pencetakan dan pengeringan. Setiap bulan memproduksi 350 box, setiap box berisi dari 60 kotak di mana setiap kotak berisi 50 batang kapur tulis. Setiap bulan kapur tulis yang diproduksi sekitar satu juta batang atau kurang lebih produksi hariannya adalah 40.000 batang. Bahan baku yang diperlukan setiap harinya adalah 150 kg tepung yang terdiri dari *gypsum* 70% (105 kg) dan kalsium 30% (45 kg). Dari tahap pencetakan dan pengeringan tersebut diambil sampel sebanyak 100 batang per pengamatan secara langsung. Sampel yang diambil pada tahap pencetakan dan pengeringan adalah sama.



**Gambar 2.** Jenis-jenis Cacat Pada Produksi Kapur Tulis

Dari diagram Pareto, sebagaimana disajikan pada Gambar 2 diketahui bahwa jumlah kapur tulis yang patah pada saat pengamatan adalah sebanyak 527 batang, berongga (kurang padat) sebanyak 160 batang dan kotor sebanyak 16 batang. Setelah itu dihitung nilai *DPO* dan *DPMO*-nya sebagai berikut:

$$DPO = \frac{\text{banyaknya cacat yang ditemukan}}{\text{banyaknya unit yang diperiksa} \times CTQ_{\text{potensial}}}$$

$$DPO = \frac{362 + 341}{6000} = \frac{703}{6000} = 0,11716$$

Dari perhitungan DPO di atas, dapat disimpulkan bahwa peluang untuk memiliki defect dalam sebuah kategori adalah sebesar 0,11716 atau sebesar 11,72%.

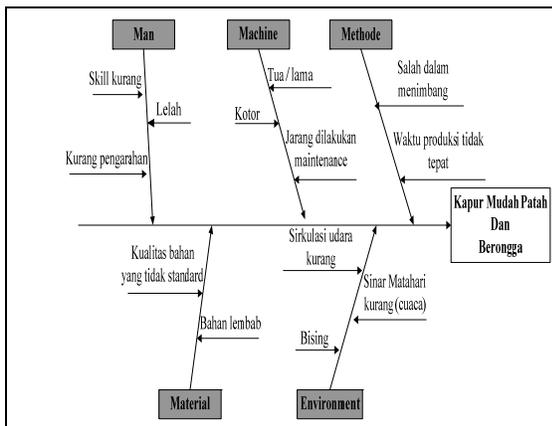
$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

$$DPMO = 0,11760 \times 1.000.000 = 117600$$

Dari perhitungan DPMO di atas, dapat disimpulkan bahwa defect yang akan muncul jika sebuah aktivitas diulang satu juta kali (defect yang muncul jika ada satu juta peluang) adalah sebesar 117160. Ukuran sigmanya adalah sebesar 2,74 sigma.

**Analyze**

Fase *Analyze* merupakan fase mencari dan menentukan akar sebab dari suatu masalah. Masalah-masalah yang timbul terkadang sangat kompleks sehingga membuat praktisi bingung mana yang akan diselesaikan. Dengan menggunakan diagram pareto di atas, prioritas masalah yang harus ditangani terlebih dahulu adalah masalah kapur yang patah. Selain itu masalah yang lain dapat juga diselesaikan secara bersamaan karena saling berhubungan. Selanjutnya akar utama suatu permasalahan dapat dianalisis menggunakan diagram *cause and effect* yang akan dijabarkan secara detail sebab-sebab suatu masalah. Penyebab terjadinya kecacatan pada kapur tulis disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Cause and effect kapur mudah patah

**Improve**

*Improve* adalah fase meningkatkan proses dan menghilangkan sebab-sebab kecacatan. Pada

tahap ini, dicari strategi untuk meningkatkan variabel faktor. Pada tahap *improve* ini banyak melibatkan uji *Design of Experiment (DOE)*. DOE merupakan suatu uji dengan mengubah-ubah variabel faktor sehingga penyebab perubahan pada variabel respons diketahui.

Sebelum melakukan desain eksperimen, ditentukan dahulu kode levelnya. Kode level yang akan digunakan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kode level perbandingan masing-masing faktor kadar bahan baku

Gypsum	Kalsium	Air (liter)
65	30	0,75
70	30	0,75
65	35	0,75
70	35	0,75
65	30	1
70	30	1
65	35	1
70	35	1

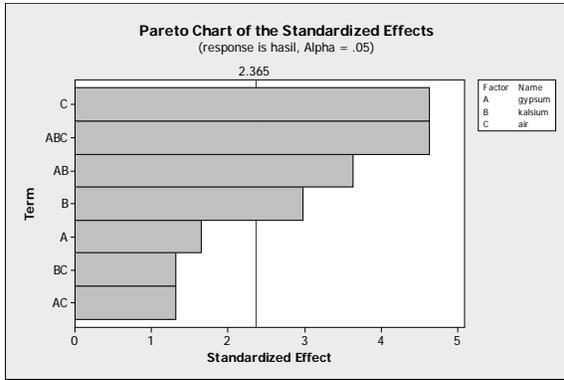
**Bahan Baku A**

Dari hasil eksperimen yang dilakukan pada kualitas bahan baku A, diperoleh data pengamatan yang disajikan Tabel 5.

Tabel 5. Hasil eksperimen pada perbandingan kadar bahan baku

Air (Liter)	Kadar Gypsum, %			
	65		70	
	Kadar Kalsium, %			
	30	35	30	35
0,75	15	8	12	14
1	17	18	19	15
0,75	18	6	13	17
1	19	14	16	16

Hasil pengamatan dimasukkan dalam *software minitab* dan faktor apa saja yang berpengaruh terhadap hasil cacat dan juga komposisi yang tepat. Hasil pengolahan data pengamatan tersebut diungkapkan dengan *Pareto Chart* sebagaimana disajikan pada Gambar 4.



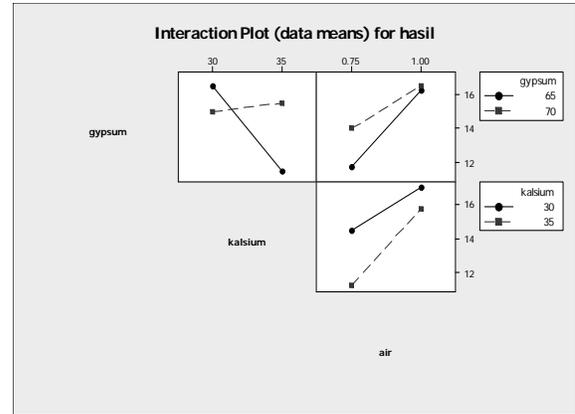
Gambar 4. Pareto Chart dari hasil pengamatan

Pada Gambar 4 di atas, dapat dilihat bahwa tidak semua *Main Effect* (faktor) berpengaruh pada produk cacat yang dihasilkan. Faktor yang berpengaruh adalah air, kalsium, AB (*gypsum*\*kalsium) dan pada 3-way interactions yaitu faktor ABC (*gypsum*\*kalsium\*air). Faktor *gypsum* tidak berpengaruh, sedangkan pada 2-way interactions, interaksi BC (kalsium\*air) dan AC (*gypsum*\*air) tidak berpengaruh.

Komposisi yang tepat dari bahan baku untuk menghasilkan jumlah cacat yang paling rendah adalah dengan menggunakan perbandingan *gypsum* 65, kalsium 35 dan air 0,75 liter. Ini dapat dilihat pada *Response Optimization* (Gambar 5) dan *Interaction Plot* (Gambar 6).

Response Optimization	
Parameters	
Goal	Lower Target Upper Weight Import
hasil	target 5 7 15 1 1
Global Solution	
<i>gypsum</i>	= 65.00
kalsium	= 35.00
air	= 0.75
Predicted Responses	
hasil	= 7, desirability = 1
Composite Desirability = 1.00000	

Gambar 5. Output Response Optimization



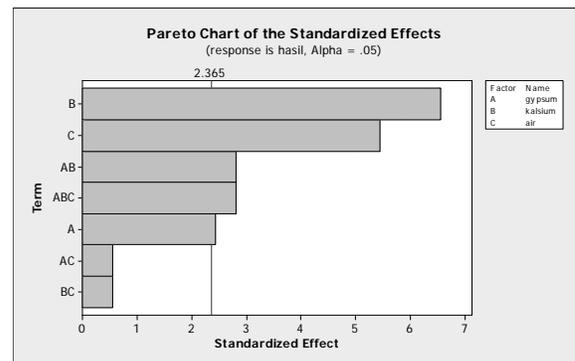
Gambar 6. Interaction Plot untuk hasil pengamatan

### Bahan Baku B

Setelah dilakukan eksperimen pada kualitas bahan A, dengan kode level yang sama dilakukan eksperimen dengan kualitas bahan B. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6, Gambar 7 sampai 9.

Tabel 6. Hasil Eksperimen pada Perbandingan Kadar Bahan Baku

Air (Liter)	Kadar <i>Gypsum</i> , %			
	65		70	
	Kadar Kalsium, %			
	30	35	30	35
0,75	18	12	15	17
1	21	18	23	18
0,75	23	13	19	20
1	22	17	24	21

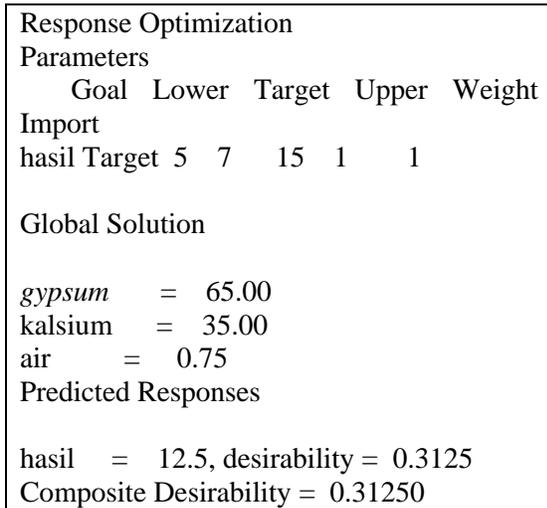


Gambar 7. Pareto Chart dari hasil pengamatan

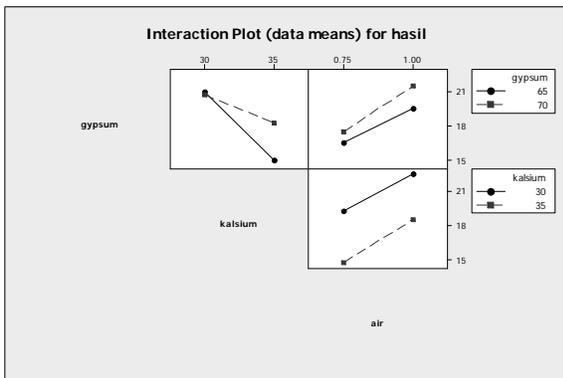
Pada Gambar 8 di atas, dapat dilihat bahwa tidak semua *Main Effect* (faktor) berpengaruh pada produk cacat yang dihasilkan. Faktor yang berpengaruh adalah kalsium, air, *gypsum*, faktor AB (*gypsum*\*kalsium) dan

pada 3-way interactions yaitu faktor ABC (*gypsum*\*kalsium\*air) saja yang berpengaruh. Sedangkan pada 2-way interactions, interaksi BC (kalsium\*air) dan AC (*gypsum*\*air) tidak berpengaruh.

Komposisi yang tepat dari bahan baku untuk menghasilkan jumlah cacat yang paling rendah adalah dengan menggunakan perbandingan *gypsum* 65, kalsium 35 dan air 0,75 liter. Ini dapat dilihat pada *Response Optimization* (Gambar 8) dan *Interaction Plot* (Gambar 9).



Gambar 8. Output Response Optimization



Gambar 9. Interaction Plot untuk hasil pengamatan

**Control**

Dengan menggunakan perbandingan komposisi bahan baku yang baru, dilakukan pengamatan ulang pada bagian pencetakan. Pada pengamatan ini, bahan baku yang digunakan adalah dengan kualitas A karena bahan baku kualitas B jumlahnya terbatas dan perusahaan tidak ingin mengambil resiko dengan

banyaknya produk yang cacat. Pengamatan dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 100 batang setiap kali pengamatan yang dilakukan selama 3 hari kerja sebanyak 60 kali pengamatan. Data pengamatan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Cacat dalam pencetakan kapur tulis

Penga- matan	Cetak (batang)		Total Jumlah Cacat (batang)
	Patah	Berongga	
1	2	2	4
2	4	4	8
3	4	3	7
4	3	2	5
5	4	-	4
6	4	1	4
7	7	-	7
8	5	1	6
9	1	5	6
10	4	-	4
11	4	2	6
12	5	-	5
13	3	5	8
14	3	-	3
15	4	3	7
16	3	2	5
17	6	-	6
18	4	1	5
19	4	-	4
20	3	3	6
21	5	2	7
22	4	1	5
23	3	2	5
24	3	4	7
25	3	-	3
26	2	2	4
27	5	1	6
28	4	1	5
29	3	2	5
30	4	1	5
31	2	6	8
32	5	2	7
33	2	2	4
34	3	1	4
35	3	2	5
36	2	1	3
37	-	3	3
38	3	2	5
39	4	3	7
40	6	2	8
41	1	3	4
42	3	3	6

**Tabel 7.** Cacat dalam pencetakan kapur tulis (lanjutan)

Pengamatan	Cetak (batang)		Total Jumlah Cacat (batang)
	Patah	Berongga	
43	2	3	5
44	2	3	5
45	4	2	6
46	5	1	6
47	4	2	6
48	-	3	3
49	4	3	7
50	3	1	4
51	2	4	6
52	4	1	5
53	4	3	7
54	3	4	7
55	2	1	3
56	2	4	6
57	4	2	6
58	2	1	4
59	1	2	3
60	2	1	3
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>124</b>	<b>318</b>
Persen-tase, (%)	61	39	

Dari hasil pengamatan setelah dilakukan perbaikan kemudian dihitung kembali nilai *DPO* dan *DPMO*-nya.

$$DPO = \frac{\text{banyaknya cacat yang ditemukan}}{\text{banyaknya unit yang diperiksa} \times CTQ\text{potensial}}$$

$$DPO = \frac{197 + 124}{6000} = \frac{318}{6000} = 0,053$$

Dari perhitungan *DPO* di atas, dapat disimpulkan bahwa peluang untuk memiliki *defect* dalam sebuah kategori adalah sebesar 0,053 atau sebesar 5,3%.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

$$DPO = 0,053 \times 1.000.000 = 53.000$$

Dari perhitungan *DPMO* di atas, dapat disimpulkan bahwa *defect* yang akan muncul jika sebuah aktivitas diulang satu juta kali (*defect* yang muncul jika ada satu juta peluang) adalah sebesar 53.000 batang. Ukuran sigma-nya adalah sebesar 3,123 sigma.

Dari hasil perhitungan *DPMO* di atas, setelah dilakukan perbaikan, nilai *DPMO* semakin kecil jika dibandingkan dengan nilai *DPMO* sebelum perbaikan. Nilai *DPMO* sebelum perbaikan adalah sebesar 117.160 batang dan nilai *DPMO* setelah perbaikan adalah sebesar 53.000 batang, setelah dilakukan perbaikan nilai *DPMO* berkurang sebesar 64.160 batang.

**Analisis dan pembahasan**

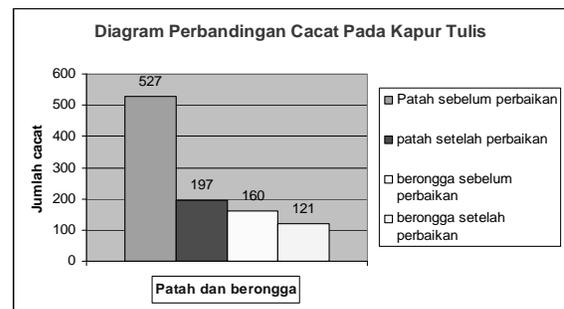
Dalam penentuan kualitas bahan baku yang sebaiknya digunakan, dilakukan beberapa analisis. Salah satunya adalah menghitung besarnya biaya bahan baku yang akan digunakan setelah dilakukan perbaikan. Setelah dilakukan perbaikan, biaya bahan baku yang dikeluarkan menjadi lebih sedikit. Hasil perhitungannya disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Perbandingan biaya bahan baku

Harga Bahan Baku	Kualitas Bahan Baku	
	A	B
Sebelum Perbaikan	Rp 8532500	Rp 6447500
Setelah Perbaikan	Rp 8192000	Rp 6200000
Selisih	Rp 340500	Rp 247500

Harga bahan baku B lebih murah dibandingkan bahan baku A, tetapi setelah perbaikan, penghematan yang diperoleh perusahaan menggunakan bahan kualitas A lebih besar.

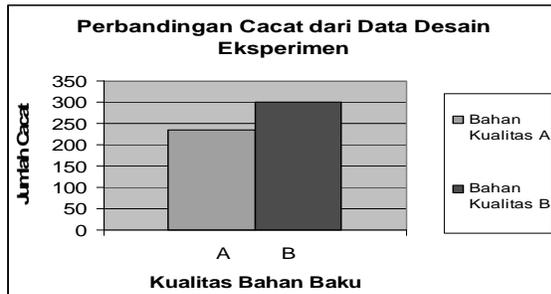
Diagram perbandingan cacat pada kapur tulis sebelum dan sesudah perbaikan disajikan pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Jumlah cacat pada kapur tulis sebelum dan setelah perbaikan

Banyaknya cacat yang sebelum perbaikan pada produksi kapur tulis jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan setelah perbaikan. Sebelum perbaikan total jumlah cacat dari 6000 sampel batang kapur tulis yang diamati adalah sebesar 703 batang kapur tulis. Setelah perbaikan total jumlah cacat dari 6000 sampel batang kapur tulis yang diamati adalah sebesar 318 batang.

Diagram perbandingan cacat dari data desain eksperimen disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Jumlah cacat pada kapur dari hasil eksperimen

Dari hasil pengamatan diperoleh bahwa dengan menggunakan bahan baku kualitas B, maka cacat yang dihasilkan lebih besar yaitu sebesar 300 batang jika dibandingkan dengan menggunakan bahan baku kualitas A yaitu sebesar 234 batang.

Perbandingan CTQ sebelum dan sesudah perbaikan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan CTQ sebelum dan sesudah perbaikan

Prosentase	Sebelum, %	Sesudah, %
Preventive	7	21
Appraisal	4	8
Internal Failure	69	53
External Failure	20	18

Setelah dilakukan perbaikan, kerugian perusahaan berkurang, hal ini dapat dilihat dari persentase internal dan eksternal failure berdasarkan Tabel 9.

### Penentuan Komposisi Bahan Baku

Pada tahap improve diperoleh bahwa perbandingan komposisi bahan baku dengan menggunakan bahan baku kualitas A ataupun B yang tepat adalah gypsum 65%, kalsium 35%,

dan 0,75 liter per 1 kg tepung. Komposisi ini diperoleh dari percobaan dengan menggunakan desain eksperimen. Dengan menggunakan komposisi bahan baku yang baru, cacat pada saat produksi kapur tulis berkurang sekitar 10 % dari kecacatan awal.

Dalam menentukan kualitas bahan baku yang sebaiknya dipakai oleh perusahaan dilakukan perhitungan selisih biaya yang dikeluarkan dengan banyaknya cacat yang dihasilkan. Dari perhitungan diperoleh bahwa kualitas bahan baku yang sebaiknya digunakan adalah kualitas A. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 10 dan 11.

Tabel 10. Selisih harga bahan baku per bulan dan cacat produk dari bahan baku yang berbeda

Kualitas bahan baku	Harga bahan baku (bulan)	Banyaknya produk cacat (batang/bulan)
A	Rp 8192000	84000
B	Rp 6200000	147000
Selisih	Rp 1992000	63000

Tabel 11. Selisih kerugian dari bahan baku yang berbeda

Kualitas bahan baku	Banyak bahan baku yang diperlukan /Bulan (kg)	Harga bahan baku / kg (Rp)	Kerugian setiap bulan
A	8077	1014,247619	Rp 655360
B	8077	767,6190476	Rp 868000
Selisih			Rp 212640

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan komposisi bahan baku yang paling tepat adalah dengan menggunakan gypsum 65%, kalsium 35% dan air sebanyak 0,75 liter per 1 kg bahan baku.
2. Biaya bahan baku dengan menggunakan bahan baku kualitas B lebih murah, yaitu Rp 6.200.000,00 setiap bulannya jika dibandingkan dengan menggunakan bahan baku kualitas A, yaitu Rp 8.192.000,00, sedangkan banyaknya produk yang cacat dengan menggunakan bahan baku kualitas B lebih besar jika dibandingkan dengan

menggunakan bahan baku kualitas A. Dengan menggunakan bahan baku kualitas A, cacat yang dihasilkan adalah sebesar 234 batang, sedangkan dengan kualitas B adalah sebesar 300 batang.

3. Bahan baku yang dipilih adalah dengan menggunakan kualitas A karena total kerugian yang dialami perusahaan lebih sedikit yaitu Rp 655.360,00 sedangkan dengan menggunakan bahan baku kualitas B sebesar Rp 868.000,00.
4. Dari perhitungan COQ (*cost of quality*), dapat dilihat bahwa total kerugian yang akan dialami perusahaan setiap bulannya setelah dilakukan perbaikan adalah sebesar Rp 1.380.000,00 dan ini berkurang dari kerugian awalnya sebelum

perbaikan yaitu sebesar Rp 3.640.000. Setelah perbaikan kerugian yang dialami perusahaan berkurang sebesar Rp 2.260.000,00.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Hendradi, C. Tri, *Statistik SIX SIGMA dengan MINITAB*, Andi, Yogyakarta, 2006
- [2] Bank, J., *Total Quality Management*, Prentice Hall Europe, London, 1992
- [3] Ross, Joel E., *Total Quality Management*, St. Lucie Press., 1999
- [4] Pande, Peter S, *The Six Sigma Way*, Andi, Yogyakarta, 2002
- [5] Pande, Pete dan Larry Holpp, *Berpikir Cepat Six Sigma*, Andi, Yogyakarta, 2003