

BAB IV

PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

Langkah berikutnya adalah mengolah data-data yang telah dikumpulkan untuk dihitung jumlah dominan cacat cetakan yang terjadi, kapabilitas proses dari unit pengolahan larutan pembersih dan dicari akar penyebab permasalahan dengan menggunakan diagram *cause & effects* serta perbaikan faktor penyebab dengan metode *Design of Experiments* (DOE). Proses penghitungan menggunakan *software* Minitab 15 sebagai alat bantu.

4.1 Metodologi Six Sigma

4.1.1 Perumusan (*define*)

Fase menentukan/mendefinisikan masalah dan menetapkan persyaratan-persyaratan pelanggan (CTQ-*critical to quality*). Produk-produk PT.XY yang berupa cetakan, khususnya digunakan untuk keperluan perbankan. Produk tersebut harus dapat memenuhi keinginan dan kebutuhan pelanggan dengan kualitas yang baik sesuai dengan spesifikasi yang mereka harapkan dan dengan ketepatan waktu pengiriman (*on time delivery*).

Masalah kualitas produk pada cetakan umumnya dapat dikategorikan ke dalam enam jenis, yaitu : cetakan kotor, blobor, botak, tipis, menular (*offsetting*) dan *miss register*. Secara singkat, kriteria yang termasuk dalam permasalahan kualitas cetakan dapat diuraikan sebagai berikut :

- Cetakan kotor : adanya tinta dibagian *non image area*.
- Cetakan blobor : tinta mengalir keluar dari bagian *image area*.
- Cetakan botak : tinta tidak mengisi sempurna di bagian *image area*.
- Cetakan tipis : intensitas warna tinta tidak sesuai dengan standar.
- Cetakan menular : tinta lambat mengering sehingga menular ke bagian kertas yang ada di atasnya.
- *Miss register* : cetakan pertama dan seterusnya tidak berada dalam posisi yang benar.

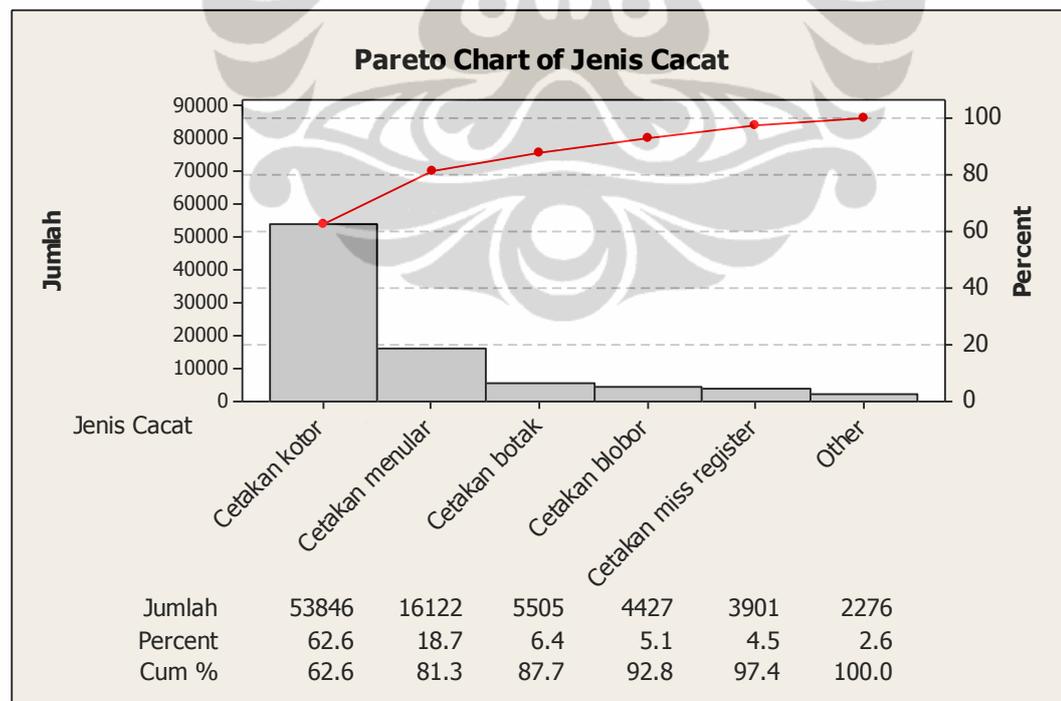
Berdasarkan data yang diperoleh dari rekapitulasi kualitas cetakan periode tahun 2007, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Rekapitulasi cacat cetak periode Januari – Desember 2007

<i>Opportunity</i>	Jenis Cacat	Jumlah
1	Cetakan kotor	53.846
2	Cetakan menular (<i>offsetting</i>)	16.122
3	Cetakan botak	5.505
4	Cetakan blobor	4.427
5	Cetakan <i>miss register</i>	3.901
6	Cetakan tipis	2.276

Sumber : PT. XY dan diolah

Berdasarkan tabel 4.1 diatas, dapat dilihat bahwa jumlah kemunculan cacat cetak dengan jenis cetakan kotor adalah paling besar dibandingkan dengan jenis cacat cetak lainnya. Data tersebut dapat disajikan kedalam diagram Pareto dengan menggunakan *software* Minitab 15 sebagai berikut :



Gambar 4.1 Diagram Pareto jenis cacat cetak (sumber:diolah)

Hasil yang disajikan dari diagram Pareto dapat dilihat bahwa 62,6 % cacat cetak disebabkan oleh cetakan kotor, sehingga penting bagi PT XY untuk menangani permasalahan ini secara lebih serius. Berkaitan dengan keperluan tersebut, penulis bertujuan untuk memberi masukan dengan menulis tesis yang diharapkan dapat menurunkan jumlah cacat cetak dominan, yaitu untuk jenis cetakan kotor.

4.1.2. Pengukuran (*measure*)

Fase mengukur tingkat kinerja proses saat ini yang mempengaruhi CTQ. Kemampuan proses dapat diukur dengan nilai sigma dan analisis kapabilitas proses.

4.1.2.1 Perhitungan nilai sigma

Perhitungan nilai sigma adalah untuk mengukur kinerja keseluruhan proses produksi dan didasarkan atas jumlah cetakan yang diproduksi dan jumlah cacat cetakan dalam satu tahun terakhir. Perhitungan ini menggunakan perhitungan *Six Sigma Motorola* dengan nilai pergeseran sebesar 1,5 sigma.

Berdasarkan data dari seksi perencanaan dan pengendalian produksi, diperoleh hasil rekapitulasi produksi selama 1 tahun terakhir yaitu tahun 2007 sebagai berikut :

- Jumlah cacat cetakan : 35.639.200 lembar
- Jumlah produksi cetakan : 1.288.701.650 lembar

Apabila data tersebut diatas dimasukkan kedalam rumus :

$\text{DPMO} \quad (\text{defects per million opportunity}) = \frac{\text{total cacat} \times 1000000}{\text{total unit} \times \text{opportunity}}$
--

Maka nilai sigma yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$\text{DPMO} = \frac{35.639.200 \times 1000000}{1.288.701.650 \times 1} = 27.655,12 \approx 27.655$$

Hasil DPMO diatas kemudian dikonversikan dengan menggunakan tabel konversi nilai sigma Motorola (lampiran) , dengan hasil sebagai berikut :

Nilai sigma 3,41 dengan DPMO 28.067

Nilai sigma 3,42 dengan DPMO 27.429

Nilai DPMO 27.655, maka nilai sigma dapat diperoleh dengan interpolasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Nilai sigma} &= 3,41 + \frac{28.067 - 27.655}{28.067 - 27.429} \times (3,42 - 3,41) \\ &= 3,4165 \approx 3,42 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Tabel Kategori Nilai Sigma

Nilai Sigma	DPMO	Kategori	COPQ vs Sales Revenue
1	691.462	Perusahaan sangat tidak kompetitif	Tidak dapat dihitung
2	308.538	Rata-rata Industri Indonesia	Tidak dapat dihitung
3	66.807	Rata-rata Industri	25 – 40 % dari penjualan
4	6.210	Rata-rata Industri USA	15 – 25 % dari penjualan
5	233	Rata-rata Industri Jepang	5 – 15 % dari penjualan
6	3,4	Perusahaan Kelas Dunia	< 1 % dari penjualan

Sumber : Vincent Gasperz, 2007

Berdasarkan tabel kategori nilai sigma, maka departemen produksi berada dalam kategori rata-rata industri dengan jumlah biaya kualitas yang cukup besar, yaitu 25 – 40 % dari penjualan.

4.1.2.2 Perhitungan kapabilitas proses

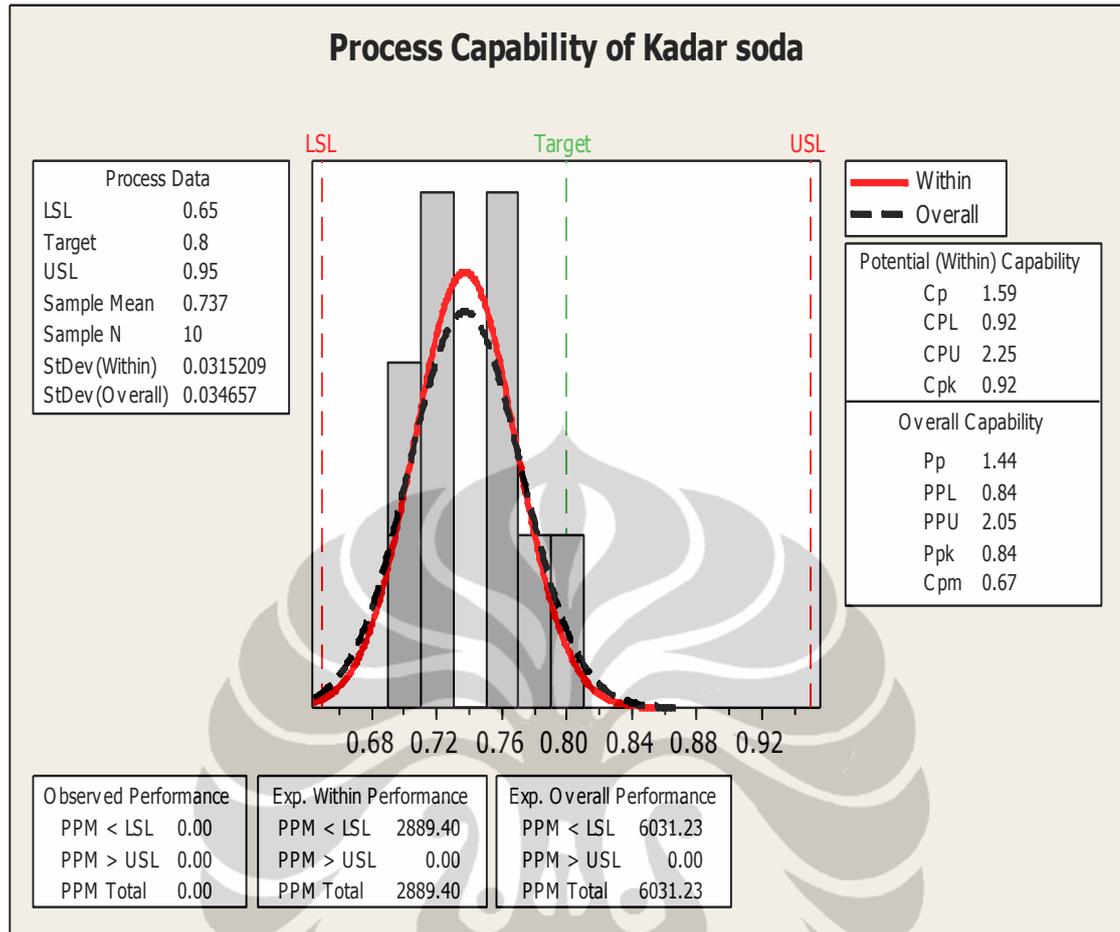
Perhitungan ini untuk mengukur seberapa besar kemampuan proses pengolahan daur ulang larutan pembersih terhadap spesifikasinya, dalam hal ini pengukuran proses koreksi kadar soda kaustik dan deterjen SCO yang berpengaruh langsung terhadap efek cetakan kotor.

Dari hasil pengukuran kadar soda dan SCO dari mulai awal Januari 2008 sampai dengan akhir Maret 2008, didapat data sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kadar Soda dan SCO Periode Januari – Maret 2008

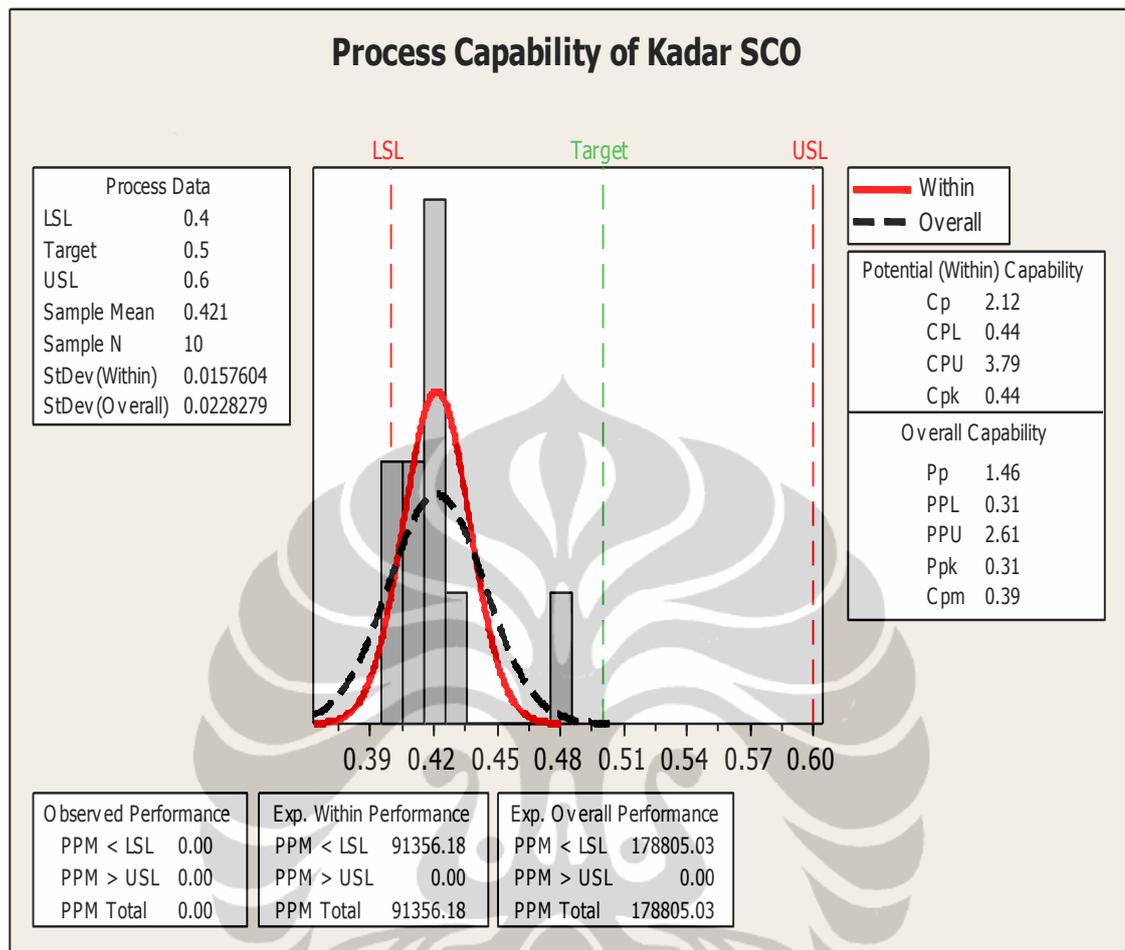
Tanggal Pemeriksaan (2008)	Kadar Soda (%)	Kadar SCO (%)
3 Januari	0,75	0,48
14 Januari	0,80	0,42
6 Pebruari	0,72	0,42
14 Pebruari	0,70	0,40
21 Pebruari	0,75	0,42
28 Pebruari	0,78	0,43
6 Maret	0,75	0,41
13 Maret	0,71	0,41
19 Maret	0,70	0,40
26 Maret	0,71	0,42

Dari data diatas, perhitungan kapabilitas proses penambahan/koreksian kadar soda dan kadar SCO dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Minitab 15. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.2 Kapabilitas proses dari koreksian kadar soda

Hasil perhitungan indeks kapabilitas proses koreksian kadar soda memberikan hasil nilai C_{pm} sebesar 0,67 dan nilai C_{pk} sebesar 0,92. Nilai indeks kapabilitas proses C_{pm} dan C_{pk} yang lebih kecil dari 1 ini (C_{pm} dan $C_{pk} < 1$), menunjukkan kemampuan proses operasi penambahan/koreksian kadar soda dalam larutan pembersih berada dalam batas target kualitas yang masih rendah. Peluang proses untuk beroperasi diluar target masih tinggi (target : 0,8 %). Proses dikatakan baik apabila telah mencapai nilai indeks sebesar 1,33 (nilai minimum yang dapat diterima).



Gambar 4.3 Kapabilitas proses dari koreksian kadar SCO

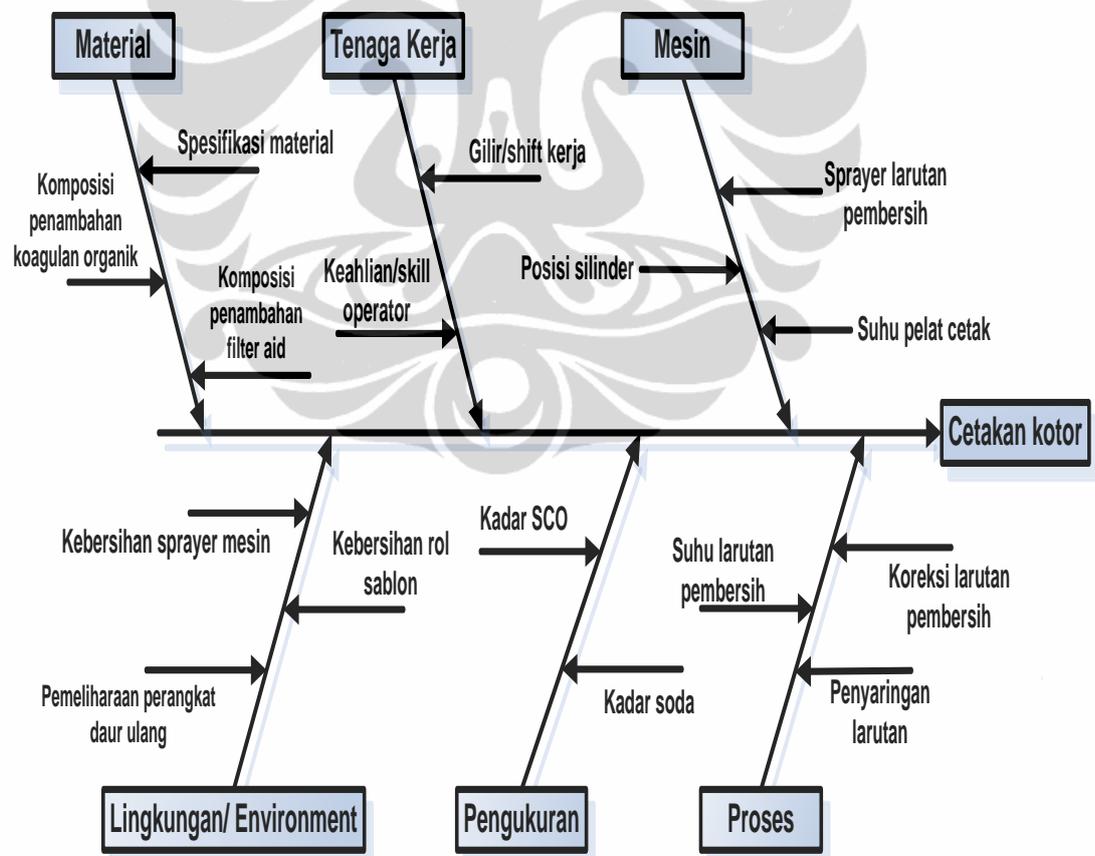
Hasil perhitungan indeks kapabilitas proses koreksian kadar SCO memberikan hasil nilai C_{pm} sebesar 0,39 dan nilai C_{pk} sebesar 0,44. Nilai indeks kapabilitas proses C_{pm} dan C_{pk} ini lebih kecil lagi dari hasil nilai indeks kapabilitas proses kadar soda. Hal ini menunjukkan kemampuan proses operasi penambahan/koreksian kadar SCO lebih kurang baik lagi sehingga untuk mencapai target sangat dibutuhkan adanya peningkatan proses yang terus menerus.

4.1.3 Analisis (*analyze*)

Tahap analisis adalah mencari dan menentukan akar sebab dari suatu masalah. Fokus pada fase ini adalah pada pertanyaan mengapa cacat cetakan kotor yang berlebihan terjadi. Dengan kata lain, pengolahan data pada tahap ini ditujukan untuk mencari dan menganalisis kemungkinan-kemungkinan perbaikan dengan data yang didapat.

Identifikasi seluruh penyebab (*causes*) potensial cetakan kotor dapat terjadi akibat variasi yang bersumber dari *man* (sumber daya manusia), *machine* (mesin), *measure* (pengukuran), *material* (material), *method* (proses) / 5M ditambah *environment* (lingkungan) / 1E.

Diagram *Cause & Effect* yang mengidentifikasi penyebab-penyebab potensial cacat cetakan kotor adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4 Diagram Cause & Effect Cetakan Kotor.(sumber:diolah)

4.1.4 Peningkatan (*improve*)

Setelah akar permasalahan didapat dari hasil diagram *cause & effect* maka fase selanjutnya adalah menentukan variasi penyebab yang dominan terhadap perbaikan cacat cetakan kotor. Dalam hal ini penulis menetapkan penyebab *measure* (pengukuran) dengan melibatkan uji *Design of Experiment* (DOE), yaitu suatu uji dengan mengubah-ubah variabel-variabel faktor, yaitu kadar soda kaustik dan kadar SCO sehingga penyebab perubahan pada variabel respon dapat diketahui.

Eksperimen dilakukan hanya pada 1 jenis mesin dengan kecepatan 6000 lembar/jam. Desain model eksperimen yang dipilih oleh penulis adalah desain faktorial dengan :

- 2 faktor, yaitu : kadar soda kaustik dan kadar SCO ,
- 2 level ; kadar soda : 0,70 % dan 1 % serta
kadar SCO : 0,4 % dan 0,8 %.
- Replikasi yang dilakukan hanya 2 kali mengingat tingginya biaya pemeriksaan laboratorium dan biaya produksi selama masa penelitian.
- Karakteristik kualitasnya adalah kapasitas mesin cetak dalam menghasilkan cetakan yang baik dan dinyatakan dalam jumlah lembar cetakan/jam.

Dari penelitian dan eksperimen yang dilakukan di unit pengolahan daur ulang larutan pembersih, departemen laboratorium dan unit produksi cetak, didapat data sebagai berikut :

Tabel 4.4 Eksperimen 2² Faktor Faktorial Desain

SCO (%)	Soda (%)			
	0,7		1	
0,4	2100 lembar/jam	2300 lembar/jam	4000 lembar/jam	3800 lembar/jam
0,8	4900 lembar/jam	4800 lembar/jam	6000 lembar/jam	5900 lembar/jam

Dengan bantuan *software* Minitab 15, data diatas diolah dan didapat hasil sebagai berikut :

4.1.4.1 Multilevel Factorial Design

Factors: 2 Replicates: 2
 Base runs: 4 Total runs: 8
 Base blocks: 1 Total blocks: 1

Number of levels: 2, 2

General Linear Model: Cetakan Baik versus Kadar SCO, Kadar Soda

Factor	Type	Levels	Values
Kadar SCO	fixed	2	0.4, 0.8
Kadar Soda	fixed	2	0.7, 1.0

Analysis of Variance for Cetakan Baik, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Kadar SCO	1	11045000	11045000	11045000	883.60	0.000
Kadar Soda	1	3920000	3920000	3920000	313.60	0.000
Kadar SCO*Kadar Soda	1	180000	180000	180000	14.40	0.019
Error	4	50000	50000	12500		
Total	7	15195000				

S = 111.803 R-Sq = 99.67% R-Sq(adj) = 99.42%

Dari hasil *Analysis of Variance* didapat hasil F hitung lebih besar dari F tabel (lihat lampiran tabel distribusi F), dimana :

- F hitung kadar SCO > F tabel = 883,60 > 7,71
- F hitung kadar soda > F tabel = 313,60 > 7,71
- F hitung interaksi kadar SCO*soda > F tabel = 14,40 > 7,71

Sehingga dapat dikatakan bahwa faktor-faktor kadar SCO, kadar soda serta interaksi kadar SCO dan soda semuanya menunjukkan signifikansi.

Analisa juga dapat dilihat dari besaran *p value*nya, dimana faktor dengan *p value* yang lebih kecil dari koefisien signifikansi 0,05 menunjukkan signifikansinya.

- *p value* kadar SCO < level signifikansi sebesar 5 %
(*confidence level* 95 %)

0,000 < 0,05

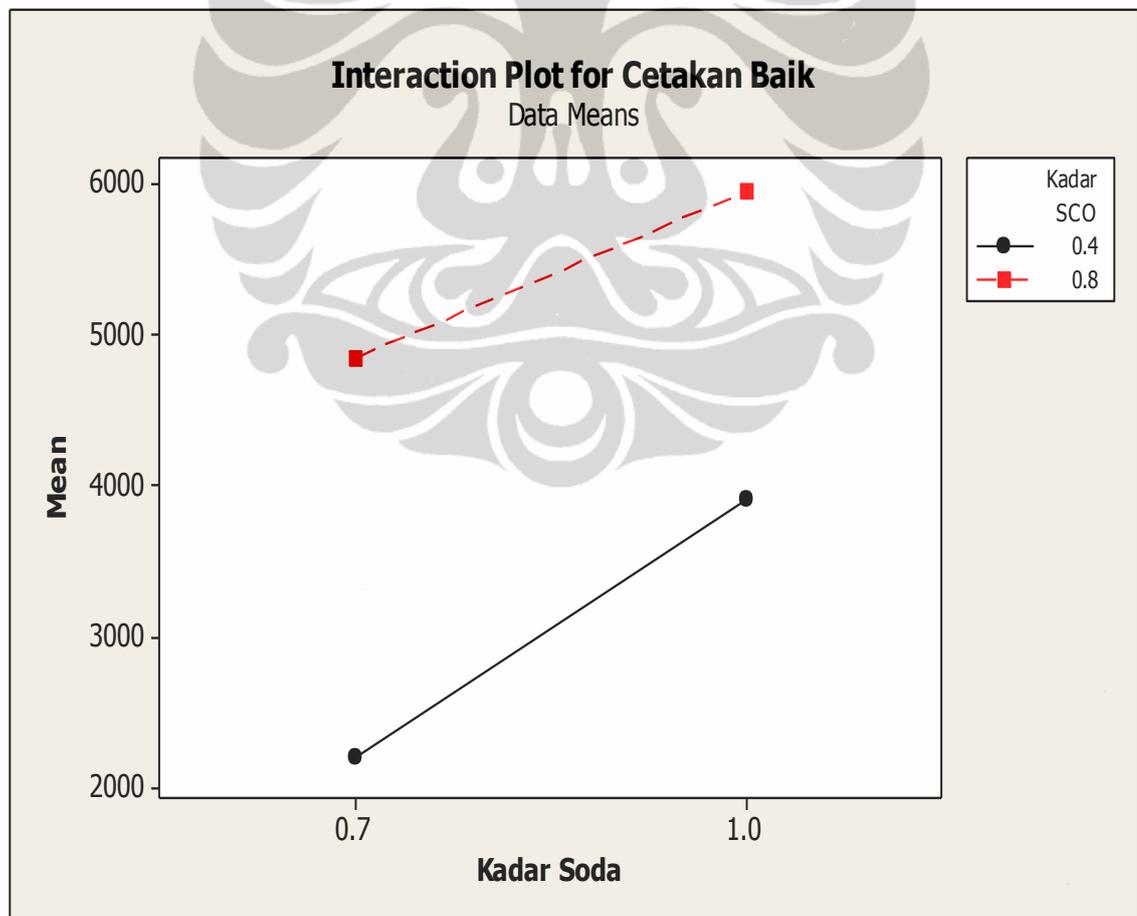
- *p value* kadar soda < level signifikansi sebesar 5 %

0,000 < 0,05

- *p value* kadar SCO*soda < level signifikansi sebesar 5 %

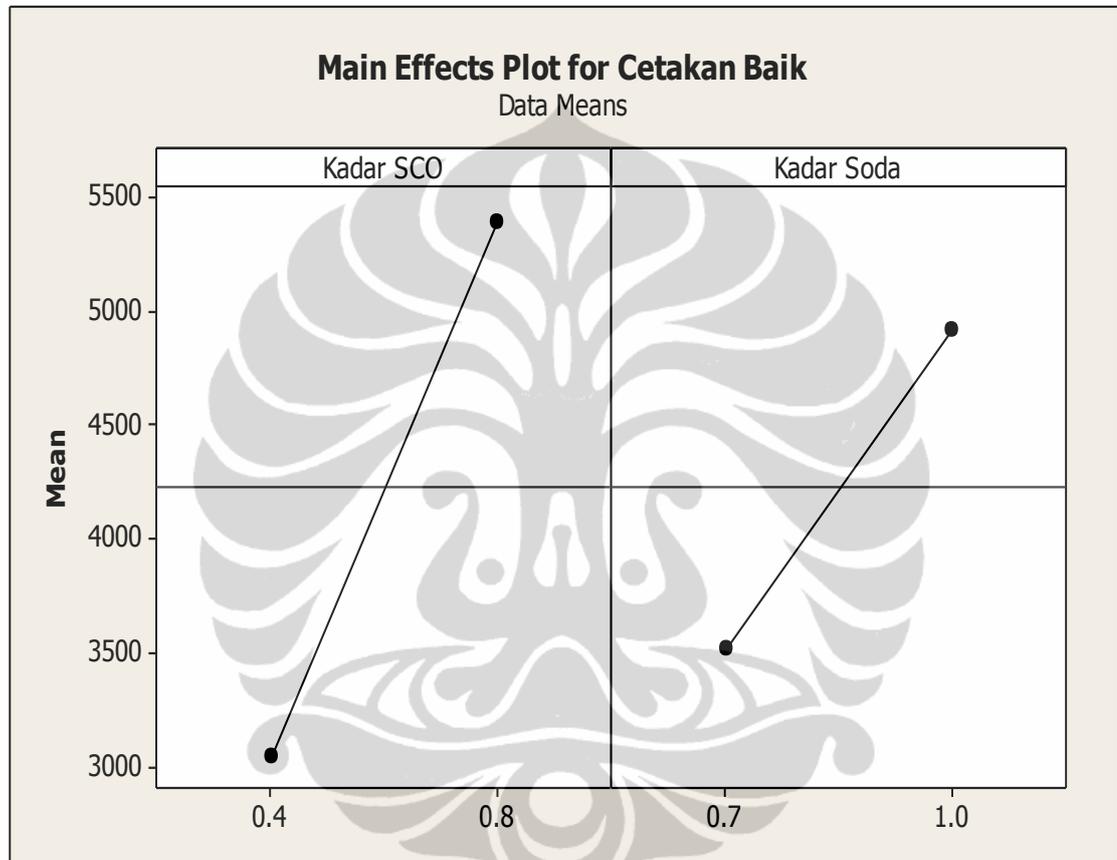
0,019 < 0,05

sehingga ketiga sumber tersebut sama-sama mempunyai efek yang signifikan terhadap respon cetakan baik.



Gambar 4.5 Grafik *Interaction Plot* Cetakan Baik

Dari hasil grafik *Interaction Plot* diatas dapat di lihat bahwa garis yang terbentuk tidak paralel sehingga bila kedua garis tersebut diteruskan akan berpotongan. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara faktor kadar kaustik soda dengan faktor kadar SCO.

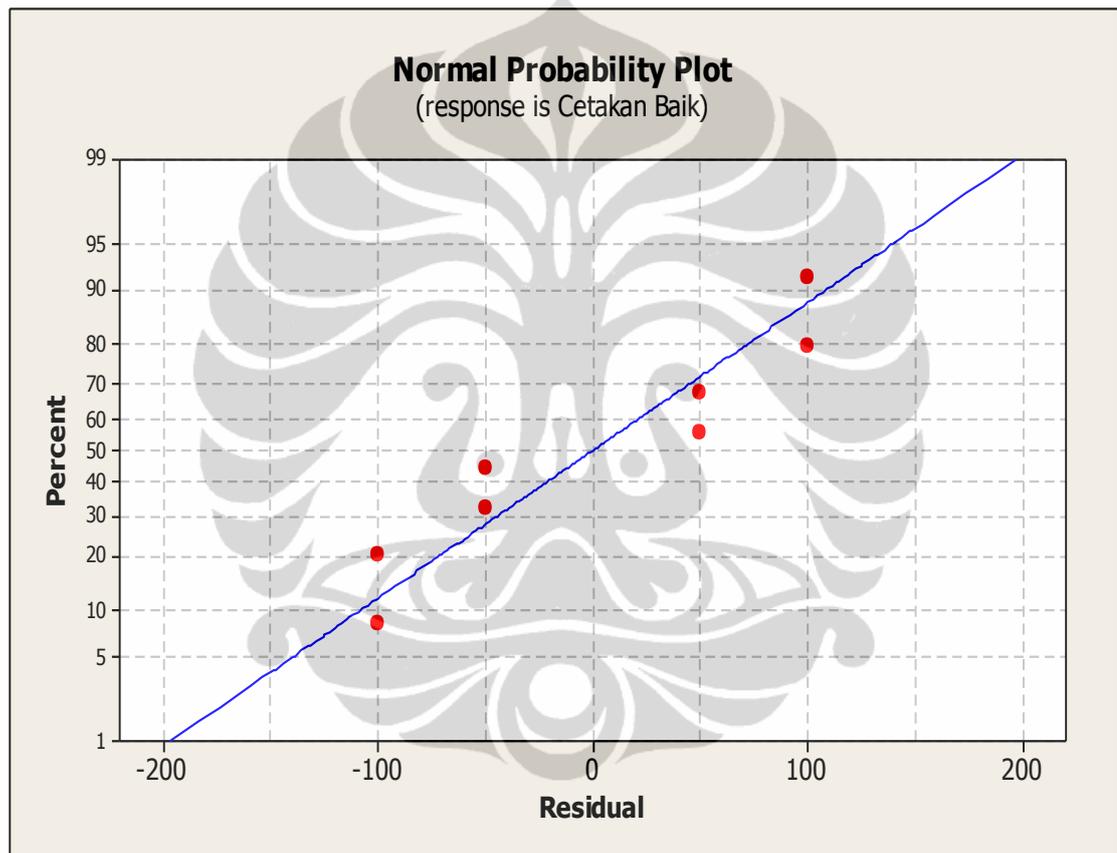


Gambar 4.6 Grafik *Main Effects Plot* Cetakan Baik

Dari gambar grafik diatas, terdapat perbedaan yang cukup tajam antara konsentrasi kadar SCO 0,4 % dengan kadar 0,8 % dalam larutan pembersih terhadap respon cetakan baik yang dapat dihasilkan. Kadar SCO 0,4 % hanya menghasilkan cetakan baik sebanyak 3000 lembar/jam, sedangkan kadar SCO 0,8 % dapat menghasilkan jumlah cetakan baik mendekati 5500 lembar cetakan/jamnya.

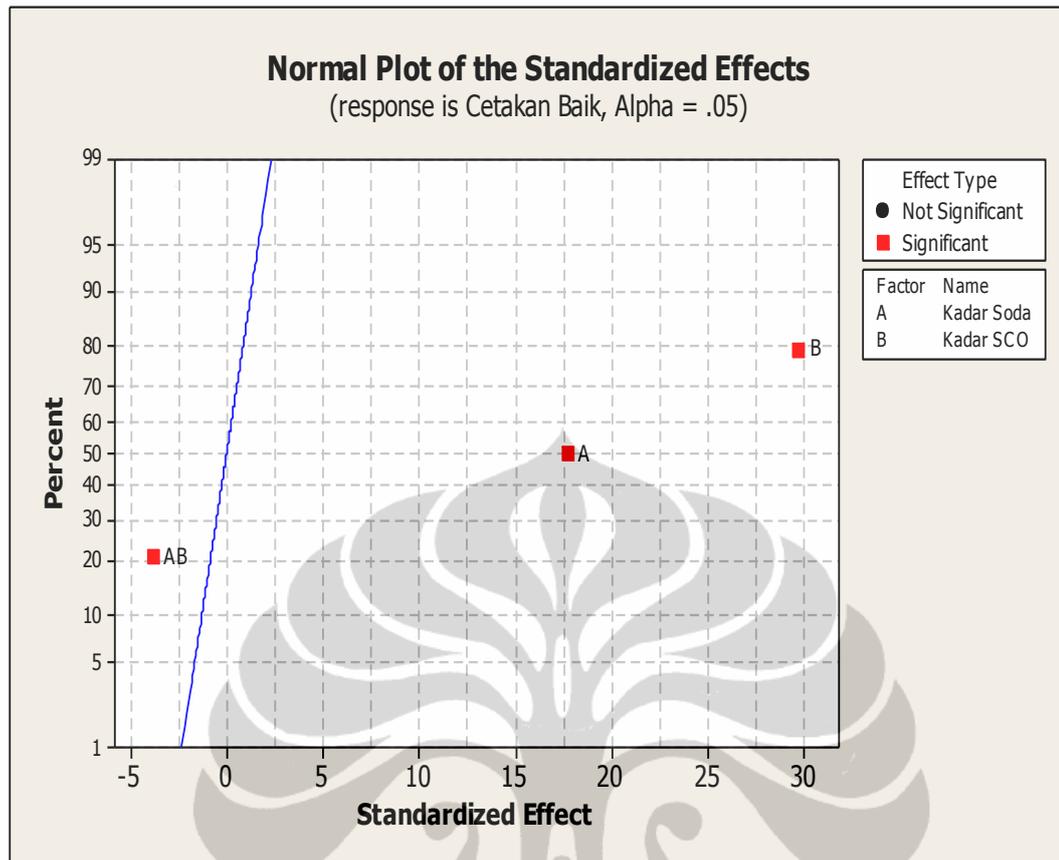
Perbedaan kadar kaustik soda terhadap produksi cetakan baik, tidak setajam kadar SCO. Larutan pembersih dengan kadar soda 0,7 % dapat menghasilkan 3500 lembar cetakan baik/jam, sedangkan dengan kadar 1,0 % cetakan baik dapat dihasilkan sebanyak 5000 lembar/jam.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa cetakan yang baik dapat dihasilkan dengan konsentrasi kadar SCO sebesar 0,8 % dan kadar soda sebesar 1 %.



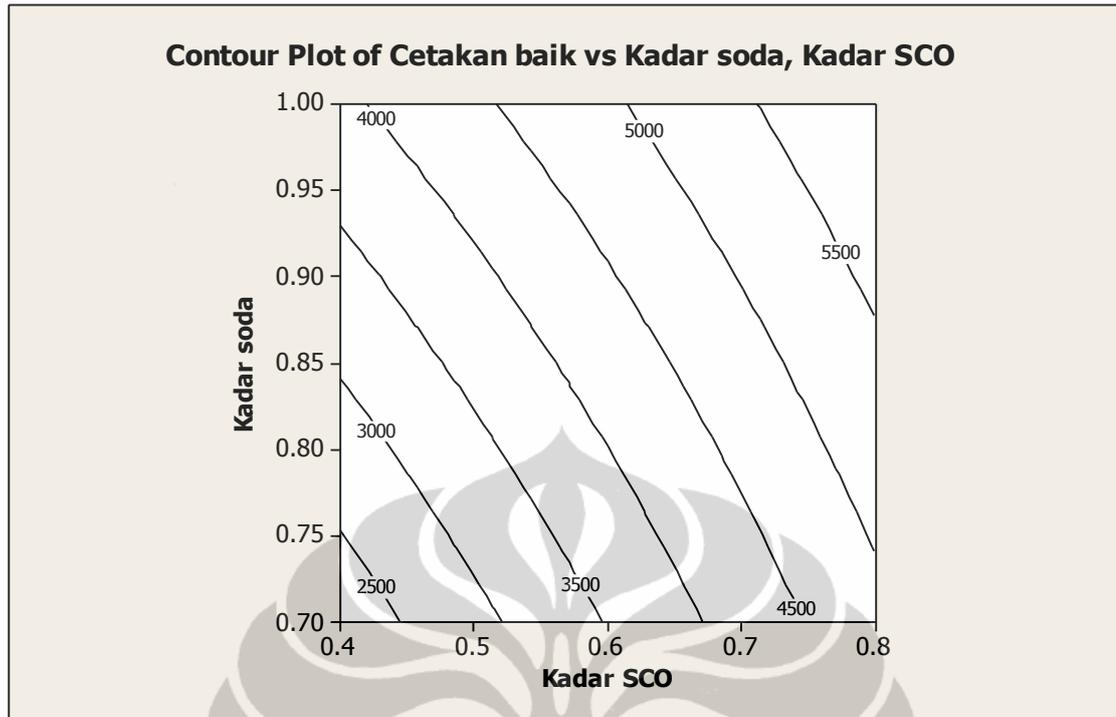
Gambar 4.7 Grafik Probabilitas Normal

Grafik diatas menunjukkan bahwa semua titik berada dekat dengan garis lurus sehingga dapat dikatakan bahwa semua data adalah normal dan perhitungan dapat dilakukan dengan mengacu pada pola distribusi normal.

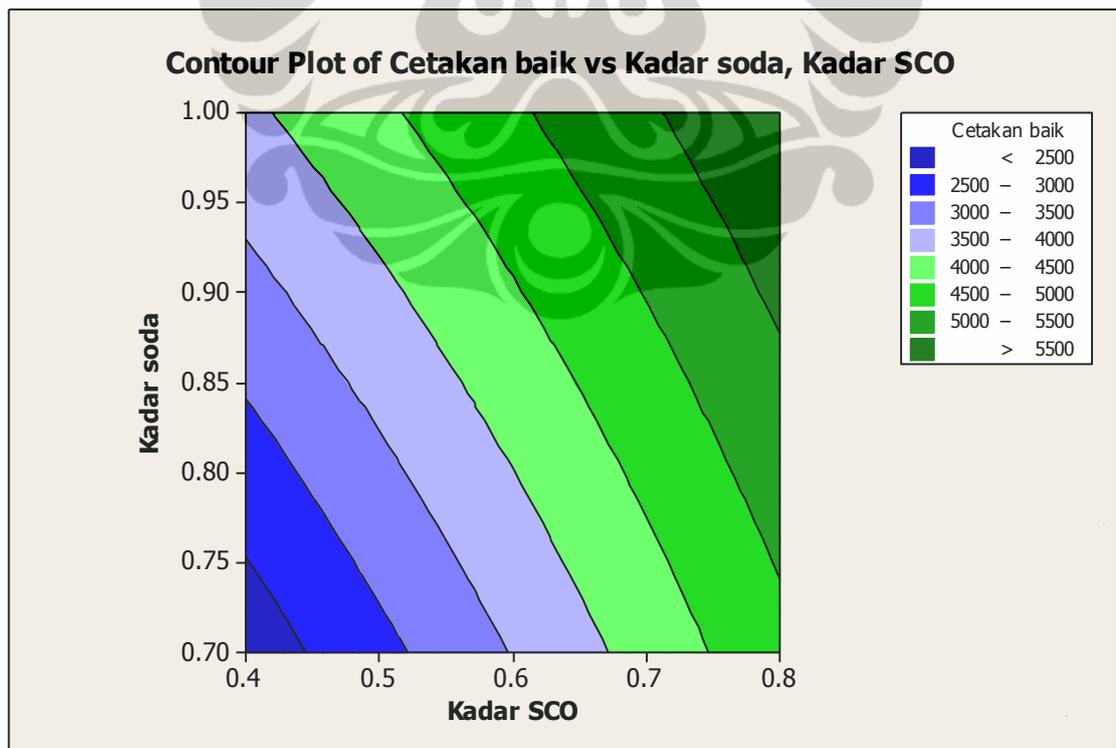


Gambar 4.8 Grafik Normal Plot

Grafik normal plot diatas mengilustrasikan bahwa secara statistik faktor kadar SCO mempunyai persen sigifikansi terbesar, yaitu 80 % dibandingkan dengan kadar soda yang hanya sebesar 50 % sedangkan persen sigifikansi terkecil pada interaksi kadar SCO dan kadar soda, yaitu sebesar 20 %.



Gambar 4.9 Grafik *Contour Plot A*



Gambar 4.10 Grafik *Contour Plot B*

Grafik *contour* berguna untuk memberikan gambaran tentang hubungan jumlah produksi cetakan baik dengan faktor kadar SCO dan kadar soda dalam larutan pembersih. Sebagai contoh, bila departemen produksi menghendaki produksi cetakan baik sebesar lebih dari 5500 lembar/jamnya, maka unit pengolahan larutan pembersih daur ulang dapat mengatur kadar SCO sebesar 0,8 % dan kadar soda sebesar 0,95 % dalam larutan pembersih yang akan digunakan oleh unit produksi cetak.

4.1.4.2 Full Factorial Design

Factors: 2 Base Design: 2, 4
 Runs: 8 Replicates: 2
 Blocks: 1 Center pts (total): 0

All terms are free from aliasing.

Factorial Fit: Cetakan baik versus Kadar SCO, Kadar soda

Estimated Effects and Coefficients for Cetakan baik (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		4225.0	39.53	106.88	0.000
Kadar SCO	2350.0	1175.0	39.53	29.73	0.000
Kadar soda	1400.0	700.0	39.53	17.71	0.000
Kadar SCO*Kadar soda	-300.0	-150.0	39.53	-3.79	0.019

S = 111.803 PRESS = 200000

R-Sq = 99.67% R-Sq(pred) = 98.68% R-Sq(adj) = 99.42%

Analysis of Variance for Cetakan baik (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	14965000	14965000	7482500	598.60	0.000
2-Way Interactions	1	180000	180000	180000	14.40	0.019
Residual Error	4	50000	50000	12500		
Pure Error	4	50000	50000	12500		
Total	7	15195000				

Estimated Coefficients for Cetakan baik using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-5816.67
Kadar SCO	10125.0
Kadar soda	7666.67
Kadar SCO*Kadar soda	-5000.00

Dari hasil *Analysis of Variance* didapat hasil F hitung lebih besar dari F tabel (lihat lampiran tabel distribusi F), dimana :

$$- F \text{ hitung } \textit{Main Effects} > F \text{ tabel} = 598,60 > 6,94$$

$$- F \text{ hitung } \textit{2-Way Interactions} > F \text{ tabel} = 14,40 > 7,71$$

Dengan demikian *Main Effects* (kadar SCO dan kadar soda) dan *2-Way Interactions* berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah produksi cetakan baik.

Analisa juga dapat dilihat dari besaran *p valuenya* , dimana faktor dengan *p value* yang lebih kecil dari koefisien signifikansi 0,05 menunjukkan signifikansinya terhadap respon yaitu jumlah produksi cetakan baik.

$$- p \text{ value } \textit{Main Effects} < \text{level signifikansi sebesar } 5 \% \\ (\text{confidence level } 95 \%)$$

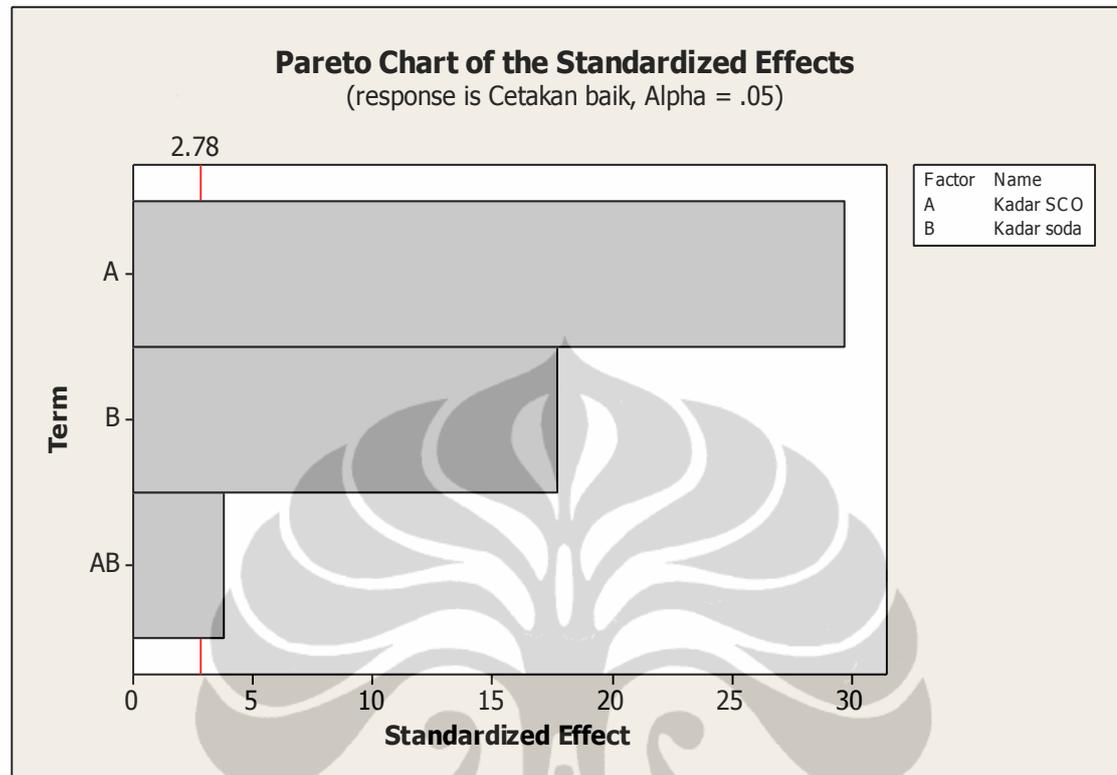
$$0,000 < 0,05$$

$$- p \text{ value } \textit{2-Way Interactions} < \text{level signifikansi sebesar } 5 \%$$

$$0,019 < 0,05$$

Dengan kata lain, kedua sumber tersebut sama-sama mempunyai efek yang signifikan terhadap respon cetakan baik.

Effects Pareto Untuk Cetakan baik :



Gambar 4.11 Grafik Pareto Of The Standardized Effects Cetakan Baik

Hasil ilustrasi grafik pareto menunjukkan bahwa semua *Main Effects* dan *2-Way Interactions*, yaitu interaksi antara kadar SCO dan kadar soda berpengaruh terhadap produksi cetakan baik. Pengaruh terbesar ditunjukkan oleh kadar SCO, sedangkan yang terkecil yaitu pada interaksi kadar SCO dan kadar soda.

Response Optimization :

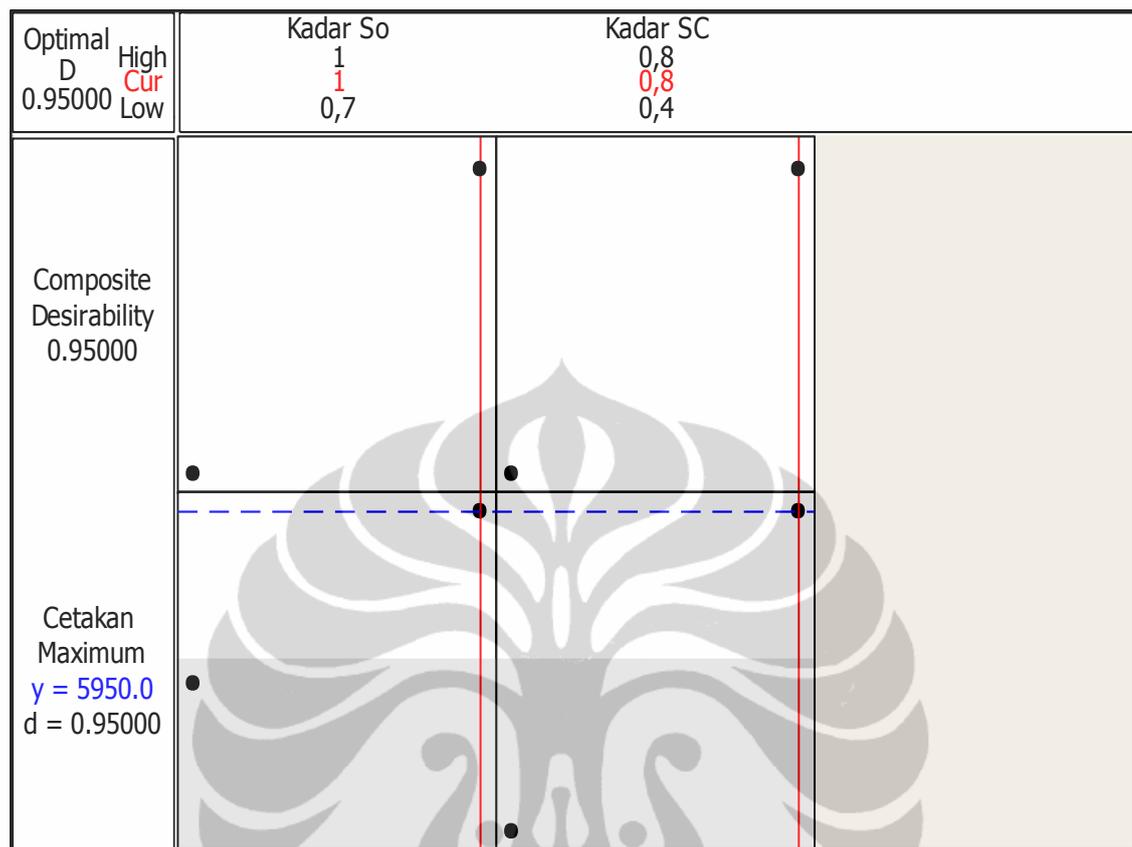
Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Cetakan Baik	Maximum	5000	6000	6000	1	1

Local Solution

Kadar Soda = 1 (1)
Kadar SCO = 1 (0,8)

Optimization Plot :



Gambar 4.12 Grafik *Optimization Plot*

Dari grafik optimalisasi diatas, menunjukkan bahwa jika cetakan baik maksimum yang diharapkan adalah 5950 lembar/jam, maka setting optimal pada proses daur ulang larutan pembersih untuk mencapai jumlah tersebut adalah kadar soda : 1 % dan kadar SCO : 0,8 %.

4.1.5 Pengendalian (*control*)

Fokus pada fase ini adalah menjaga peningkatan (*improve*) yang telah dilakukan agar dapat terus berlangsung. Dalam hal ini, agar jumlah produksi cetakan baik dapat dicapai dengan maksimal, maka pengendalian faktor kadar SCO dan kadar soda dalam larutan pembersih harus benar-benar dipantau, sesuai dengan batas yang telah didapat dari hasil fase peningkatan sebelumnya.

Bentuk pengendalian dapat berupa daftar periksa (*checksheet*), pemeriksaan secara berkala untuk memastikan bahwa prosedur pekerjaan telah

dilakukan dengan benar dan aplikasi diagram pengendalian proses untuk memonitor kinerja.

Proses pengendalian yang berlangsung saat ini, hanya pada analisa kualitas larutan pembersih daur ulang yang dilakukan departemen laboratorium sebanyak 1 kali dalam seminggu, tanpa adanya pengendalian kadar yang dilakukan oleh operator unit pengolahannya itu sendiri. Pengkoreksian hanya akan dilakukan setelah adanya saran dari departemen laboratorium. Begitu pula dengan pengecekan dampak penggunaan larutan pembersih daur ulang terhadap kualitas hasil cetakan juga belum dilakukan secara intensif. Tindakan yang dilakukan lebih banyak bersifat korektif daripada preventif, yaitu setelah ada kesulitan pada unit cetak maka unit pengolahan larutan pembersih daur ulang baru berusaha melakukan perbaikan.

Hal tersebut dapat memperbesar resiko cacat cetakan. Untuk itu proses pengendalian harus sama-sama dilakukan lintas fungsi. Standar Operasi Produksi (SOP) baru harus dibuat sehingga unit-unit kerja terkait mempunyai tanggung jawab yang sama didalam menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Salah satu item tugas tambahan, seperti : operator unit pengolahan larutan pembersih daur ulang harus mempunyai kemampuan menganalisa kadar SCO dan kadar soda dalam larutan pembersih dan operator cetak membuat laporan harian informasi dampak kualitas produk larutan pembersih yang digunakan di mesin cetak secara periodik.