ANALISIS PENCAPAIAN TINGKAT SIGMA SEBAGAI ALAT UKUR UNTUK PERBAIKAN KUALITAS PADA PT. HOLCIM INDONESIA Tbk

(Study Kasus Pada PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Cilacap CP-2)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Industri





Oleh:

Nama : TESAR TRI WAHYU N

No.Mahasiswa : 03 522 147

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007

Holcim
PT Holcim Indonesia Tbk
Cilacap Plant
Jl. Ir. H. Juanda
Cilacap 53234, Jawa Tengah
Indonesia
P.O. Box 272 Cilacap

0800 1 465 246
Tel. (+62-282) 541 521
Fax. (+62-282) 542 529
www.holcim.co.id

SURAT KETERANGAN

RISET / PENELITIAN

No : HIL.039 / TRN. Dept. / Rst / X / 2006

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	:	Tesar Tri Wahyu N
No.Induk Mahasiswa	:	03 522 147
Fakultas / Jurusan	:	Teknik / Teknik Industri (S -1)
Mahasiswa	:	Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Telah melaksanakan Riset / Penelitian di PT Holcim Indonesia Tbk Pabrik Cilacap sebagai berikut :

Departemen	:	Production
Area Praktek	:	Perencanaan Produksi.
Periode	:	3 s/d 31 Juli 2006
Judul	:	Analisis Pencapaian tingkat Sigma sebagai alat ukur untuk perbaikan kualitas pada PT Holcim Indonesia Tbk. (Study kasus di PT Holcim Indonesia Tbk Pabrik Cilacap – CC2)

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Cilacap, 17 Oktober 2006

PT Holcim Indonesia Tbk

Ir. Akhwan Purwoko
Training Dept. Manager

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS PENCAPAIAN TINGKAT SIGMA SEBAGAI ALAT UKUR UNTUK PERBAIKAN KUALITAS PADA PT. HOLCIM INDONESIA Tbk
(Study kasus: PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Cilacap CP-2)

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : **TESAR TRI WAHYU N**

No.Mahasiswa : **03 522 147**

Yogyakarta, Desember 2006

Dosen Pembimbing

Ir. Ali Parkhan, MT

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

ANALISIS PENCAPAIAN TINGKAT SIGMA SEBAGAI ALAT UKUR UNTUK PERBAIKAN KUALITAS PADA PT. HOLCIM INDONESIA Tbk

(Study Kasus: PT. HOLCIM INDONESIA Tbk PABRIK CILACAP CP-2)

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Tesar Tri Wahyu Nugroho

No. Mahasiswa : 03522147

Telah Dipertahankan di depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Jogjakarta, Maret 2007

Tim Penguji

Ir. Ali Parkhan, MT.
Ketua

Ir. Elisa Kusrini, MT.
Anggota I

Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc., Ph.D
Anggota II

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc., Ph.D.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas izin Allah SWT tugas akhir ini dapat terselesaikan.
Kupersembahkan hasil karyaku ini kepada orang yang paling berarti dalam hidupku:

Ayahanda dan ibunda yang kucintai, yang selalu berdo'a, membimbing, memotivasi dan pengorbanan yang dilimpahkan dalam alur hidupku menuju kedewasaan dan keberhasilanku.

Kakak-kakakku yang selalu berdoa, mencintai dan mendukung dalam setiap perjuangan dan mendukung setiap langkah hidupku.

Motto

فَضْلُ الْعَالِمِ عَلَى الْعَابِدِ كَفَضْلِ الْقَمَرِ عَلَى النُّجُوْمِ. اَلْعُلَمَاءُ وَرَثَةُ الأَنْبِيَاءِ، وَالأَنْبِيَاءُ لَمْ يُوَرِّثُوْا دِيْنَارًا وَلاَ دِرْهَمًا وَإِنَّمَا وَرَّثُوا الْعِلْمَ فَمَنْ أَخَذَهُ أَخَذَ بِحَظٍّ وَافِرٍ. (الترمذي).

"Keutamaan sesorang 'alim (berilmu) atas seorang 'abid (ahli ibadah) seperti keutamaan bulan atas seluruh bintang-bintang. Sesungguhnya ulama itu pewaris para nabi. Sesungguhnya para nabi tidaklah mewariskan dinar maupun dirham, mereka hanyalah mewariskan ilmu, maka barangsiapa mengambilnya (warisan ilmu) maka dia telah mengambil keuntungan yang banyak." ***(HR. Tirmidzi)***

إِذَا مَاتَ الإِنْسَانُ اِنْقَطَعَ عَمَلُهُ إِلاَّ مِنْ ثَلاَثٍ؛ صَدَقَةٌ جَارِيَةٌ أَوْ عِلْمٌ يُنْتَفَعُ بِهِ أَوْ وَلَدٌ صَالِحٌ يَدْعُوْ لَهُ.

"Jika manusia mati terputuslah amalnya kecuali tiga: shadaqah jariyah, atau ilmu yang dia amalkan atau anak shalih yang mendoakannya." ***(HR. Muslim)***

مَنْ يُرِدِ اللهُ بِهِ خَيْرًا يُفَقِّهْهُ فِي الدِّيْنِ وَإِنَّمَا أَنَا قَاسِمٌ وَاللهُ هُوَ الْمُعْطِيْ وَلاَ تَزَالُ هَذِهِ الأُمَّةُ قَائِمَةً عَلَى أَمْرِ اللهِ لاَ يَضُرُّهُمْ مَنْ خَالَفَهُمْ حَتَّى يَأْتِيَ أَمْرُ اللهِ.

"Barangsiapa yang Allah kehendaki padanya kebaikan, maka Allah akan fahamkan dia dalam (masalah) dien. Aku adalah Al-Qasim (yang membagi) sedang Allah Azza wa Jalla adalah yang Maha Memberi. Umat ini akan senantiasa tegak di atas perkara Allah, tidak akan memadharatkan kepada mereka, orang-orang yang menyelisihi mereka sampai datang putusan Allah." ***(HR. Al-Bukhari)***

مَنْ سَلَكَ طَرِيْقًا يَلْتَمِسُ فِيْهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللهُ لَهُ بِهِ طَرِيْقًا إِلَى الْجَنَّةِ.

Barangsiapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah mudahkan baginya jalan menuju Surga." ***(HR. Muslim)***

4. Segenap jajaran karyawan Departemen Produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap.
5. Teman-teman yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir.
6. Kedua orang tuaku dan kakak-kakaku yang ada di Cilacap yang selalu memberikan support, terima kasih atas semua pengorbanan yang diberikan.
7. Serta kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga apa yang telah mereka berikan dengan keikhlasan mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT. Penyusun sadar sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu diharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan dalam laporan ini. Penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua kalangan.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 2007

Penyusun

ABSTRAKSI

Persaingan pasar industri manufaktur semakin ketat khususnya industri semen. Oleh karena itu PT. Holcim Indonesia Tbk. dituntut meningkatkan kualitas produknya. Karakteristik kualitas yang ada dalam produk *clinker* antara lain LSF, HM, SM dan AM dan pada produk semen antara lain *Blaine* dan LOI. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan proses produksi dengan mengunakan ukuran tingkat *sigma* pada produk *clinker* dan semen, menentukan penyebab yang mempengaruhi kandungan pada *clinker* dan semen serta mengetahui total biaya kualitas *clinker* dan total biaya operasional pengemixkan semen. Hasil penelitian selama bulan Oktober 2005 – Juni 2006 pada produk *clinker* menunjukan bahwa proses produksi belum terkendali secara keseluruhan dan indeks kemampuan proses yang masih sangat rendah dan pada produk semen proses produksi terkendali secara keseluruhan dengan indeks kemampuan proses yang masih sangat rendah, dan adanya peningkatan tingkat *sigma* dari produk *clinker* menjadi produk semen. Selain itu diperhitungkan pula adanya biaya kualitas pada *clinker* dan biaya operasional pengemixkan semen didalam *silo* karena ketidaksesuaian dengan spesifikasi. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukan nilai kemampuan proses produksi *clinker* dan semen masih sangat rendah *(Cpm<1), (Cpk<1), (Cpmk<1)*. Dan faktor-faktor penyebab menurunnya kandungan *clinker* dan semen yaitu faktor manusia, faktor lingkungan, faktor mesin, faktor material. Total biaya kualitas *clinker* sebesar Rp. 56.178.409.993,6. Sedangkan total biaya pengemixkan semen sebesar Rp. 276.943.726,7. Dengan adanya fakta inilah perusahaan harus lebih tegas dalam penerapan standart untuk memperbaiki serta mencegah terulangnya masalah sehingga proses produksi kian meningkat.

Kata Kunci: Kualitas, Tingkat *Sigma*, Kemampuan Proses, Biaya Kualitas.

DAFTAR ISI

Surat Keterangan Perusahaan i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iii
Halaman Persembahan iv
Halaman Motto v
Kata Pengantar vi
Abstraksi viii
Daftar Isi ix
Daftar Tabel xiii
Daftar Gambar xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Deduktif dan Induktif 7
2.1.1 Pengertian Kualitas 7
2.1.2 Pengertian Pengendalian Kualitas 10
2.2 Pengendalian Kualitas *Six Sigma* 12
2.3 Konsep Dasar Motorola's *Six Sigma* 14
2.4 Distribusi Normal 17
2.5 Definisi *Six Sigma* 18

2.6 Komponen *Six Sigma* 20
2.7 Fondasi *Six Sigma* 22
2.8 Konsep Kunci 24
2.9 The Seven Tools 27
2.10 Penentuan Kapabilitas Proses 33
2.11 Biaya Kualitas 38

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur 39
3.2 Perumusan dan Batasan Masalah 41
3.3 Observasi dan Pengumpulan Data 41
3.4 Pengolahan Data 43
3.5 Analisa dan Pembahasan 49
3.6 Kesimpulan dan Saran 49

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Umum Perusahaan 50
4.1.1 Sejarah dan Perkembangan Perusahaan PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Cilacap 50
4.1.2 Visi dan Misi PT. Holcim Indonesia Tbk 55
4.1.3 Struktur Organisasi PT. Holcim Indonesia Tbk 55
4.1.4 Proses Produksi PT Holcim Indonesia Tbk Cilacap 58
4.1.5 Data Karakteristik Kualitas pada Produk *Clinker* 62
4.1.6 Data Karakteristik Kualitas pada Produk Semen 67
4.1.7 Data Kapasitas Produksi *Clinker* dan Semen Oktober 2005-Juni 2006 70
4.1.8 Data *Cost Center* pada Bagian *Quality Control* 71
4.1.9 Data Biaya Perbaikan *Clinker* 73

4.1.10 Data Biaya *Electrical* Variabel 73
4.2 Pengolahan Data 74
4.2.1 Perhitungan *Baseline* Kinerja pada Produk *Clinker* 74
4.2.2 Perhitungan Kemampuan Proses pada Produk *Clinker* 97
4.2.3 Pengukuran *Baseline* Kinerja pada Produk Akhir (Semen) 128
4.2.4 Perhitungan Kemampuan Proses Semen 131
4.2.5 Perhitungan Uji Statistik 151
4.2.6 Perhitungan Biaya Kualitas 153
4.2.7 Perhitungan Biaya Operasional Pengemixkan Semen 157

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Analisis Tingkat DPMO dan Sigma pada Produk *Clinker* 159
5.2 Analisis Tingkat DPMO dan Sigma pada Produk Semen 160
5.3 Analisis Kemampuan Proses Produksi *Clinker* 161
5.3.1 Analisis Kemampuan Proses Kandungan LSF 161
5.3.2 Analisis Kemampuan Proses Kandungan HM 161
5.3.3 Analisis Kemampuan Proses Kandungan SM 164
5.3.4 Analisis Kemampuan Proses Kandungan AM 165
5.4 Analisis Kemampuan Proses Produksi Semen 165
5.4.1 Analisis Kemampuan Proses *Blaine* 165
5.4.2 Analisis Kemampuan Proses LOI (*Loos on Ignation*) 166
5.5 Analisis Uji Statistik Tingkat *Sigma* 168
5.6 Analisis Biaya Kualitas 168
5.6.1 Analisis Biaya Kualitas *Clinker* 168
5.7 Analisis Biaya Operasional Pengemixkan Semen 169
5.8 Analisis Diagram *Fishbone* 169

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan 176

6.2 Saran 178

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Manfaat dari Pencapaian Beberapa Tingkat *Sigma* 13

Tabel 2.2 Perbedaan *True 6-sigma* dengan *Motorola's 6 – Sigma* 18

Tabel 2.3 Hubungan Tingkat *Sigma* dengan DPMO 27

Tabel 4.1 Data Spesifikasi Kandungan *Clinker* 60

Tabel 4.2 Data Suhu pada Zone Rotary *Kiln* 60

Tabel 4.3 Data Spesifikasi Kandungan Semen 62

Tabel 4.4 Data Kandungan LSF *Clinker* Bulan Januari 2006 63

Tabel 4.5 Data Kandungan HM *Clinker* Bulan Januari 2006 64

Tabel 4.6 Data Kandungan SM *Clinker* Bulan Januari 2006 65

Tabel 4.7 Data Kandungan AM *Clinker* Bulan Januari 2006 66

Tabel 4.8 Data Tingkat Kehalusan Semen (*Blaine*) Bulan Januari 2006 67

Tabel 4.8 Data Tingkat Kehalusan Semen (*Blaine*) Bulan Januari 2006 (Lanjutan) .. 68

Tabel 4.9 Data LOI Semen Bulan Januari 2006 68

Tabel 4.9 Data LOI Semen Bulan Januari 2006 (Lanjutan) 69

Tabel 4.10 Data Kapasitas Produksi *Clinker* 70

Tabel 4.11 Data Kapasitas Produksi Semen 70

Tabel 4.12 Element *Cost Center* Bulan Oktober 2005 – Juni 2006 71

Tabel 4.12 Element *Cost Center* Bulan Oktober 2005 – Juni 2006 (Lanjutan) 72

Tabel 4.13 Data Biaya Perbaikan *Clinker* 73

Tabel 4.14 Data Biaya *Electrical* Mesin Produksi Semen 73

Tabel 4.15 Kandungan LSF *Clinker* Januari 2006 77

Tabel 4.16 Nilai *Tree Sigma* dan Motorola *Sigma* Januari 2006 80

Tabel 4.17 Kandungan HM *Clinker* Januari 2006 83

Tabel 4.18 Kandungan SM *Clinker* Januari 2006 88

Tabel 4.19 Kandungan AM *Clinker* Januari 2006 93

Tabel 4. 20 Nilai DPMO Proses Kandungan *Clinker* (Oktober 2005 – Juni 2006) 96

Tabel 4.21 Nilai Level Sigma Proses Kandungan *Clinker* Konsep Motorola (Oktober 2005 – Juni 2006) 96

Tabel 4.22 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk *Clinker* pada Kandungan LSF 98

Tabel 4.23 Nilai Batas-batas Peta Kontrol *X-bar* Produk *Clinker* pada Kandungan LSF 100

Tabel 4.24 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan LSF pada Peta Kontrol X-bar 102

Tabel 4.25 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan LSF pada Produk *Clinker* 105

Tabel 4.25 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan LSF pada Produk *Clinker* (Lanjutan) 105

Tabel 4.26 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk *Clinker* pada Kandungan HM 107

Tabel 4.27 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar Produk *Clinker* pada Kandungan HM 108

Tabel 4.28 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan HM pada Peta Kontrol X-bar 110

Tabel 4.29 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan HM pada Produk *Clinker* 113

Tabel 4.29 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan HM pada Produk *Clinker* (Lanjutan) 113

Tabel 4.30 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk *Clinker* pada Kandungan SM 115

Tabel 4.31 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar Produk *Clinker* pada Kandungan SM 117

Tabel 4.32 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan SM pada Peta Kontrol X-bar 118

Tabel 4.33 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan SM pada Produk *Clinker* 121

Tabel 4.33 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan SM pada Produk *Clinker* (Lanjutan) 121

Tabel 4.34 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk *Clinker* pada Kandungan AM 123

Tabel 4.35 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar Produk *Clinker* pada Kandungan AM 125

Tabel 4.36 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan AM pada Peta Kontrol X-bar..... 126

Tabel 4.37 Hasil Tingkat *Sigma* Kandungan *Blaine* Januari 2006 Konsep Motorola . 129

Tabel 4.38 Hasil Tingkat *Sigma* Kandungan LOI Januari 2006 Konsep Motorola 130

Tabel 4. 39 Nilai DPMO Proses Kandungan Semen (Oktober 2005 – Juni 2006) 131

Tabel 4.40 Nilai Level *Sigma* Proses Kandungan Semen Konsep Motorola (Oktober 2005 – Juni 2006) 131

Tabel 4.41 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk Semen pada Kandungan *Blaine* 134

Tabel 4.42 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar Produk Semen Kandungan *Blaine*. 135

Tabel 4.43 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan *Blaine* pada Peta Kontrol X-bar..... 139

Tabel 4.44 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan *Blaine* pada Produk Semen 140

Tabel 4.44 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan *Blaine* pada Produk Semen (Lanjutan) 140

Tabel 4.45 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk Semen pada Kandungan LOI 143

Tabel 4.46 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar Produk Semen untuk Kandungan LOI 144

Tabel 4.47 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan LOI pada Peta Kontrol X-bar 146

Tabel 4.48 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan LOI pada Produk Semen 149

Tabel 4.48 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan LOI pada Produk Semen (Lanjutan) 149

Tabel 4.49 Data Uji T-test Tingkat *Sigma Clinker* dan Semen 152

Tabel 4.50 Biaya Kualitas *Clinker* Bulan Oktober 2005 – Juni 2006 156

Tabel 4.51 Biaya Operasional Pengemixkan Semen Oktober 2005 – Juni 2006 158

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Normal *Motorola's Six Sigma* 16

Gambar 2.2 Kurva Normal 17

Gambar 2.3 Tiga Komponen dalam *Six Sigma.* 20

Gambar 3.1 Kerangka Penelitian 39

Gambar 3.2 Biaya Kualitas *Clinker* 40

Gambar 3.3 Biaya Operasional Pengemixkan Semen 40

Gambar 4.1 Grafik Pola DPMO Kandungan LSF Januari 2006 78

Gambar 4.2 Grafik Pola Nilai Kapabilitas *Sigma* Kandungan LSF Januari 2006 78

Gambar 4.3 Grafik Pola DPMO Kandungan HM Januari 2006 84

Gambar 4.4 Grafik Pola Nilai Kapabilitas *Sigma* Kandungan HM Januari 2006 84

Gambar 4.5 Grafik Pola DPMO Kandungan SM Januari 2006 89

Gambar 4.6 Grafik Pola Nilai Kapabilitas *Sigma* Kandungan SM Januari 2006 89

Gambar 4.7 Grafik Pola DPMO Kandungan AM Januari 2006 94

Gambar 4.8 Grafik Pola Nilai Kapabilitas *Sigma* Kandungan AM Januari 2006 94

Gambar 4.9 Peta Kontrol X-bar Kandungan LSF Bulan Februari 2006 101

Gambar 4.10 Peta Kontrol X-bar Kandungan HM Bulan Februari 2006. 109

Gambar 4.11 Peta Kontrol X-bar Kandungan SM Bulan Februari 2006 117

Gambar 4.12 Peta Kontrol X-bar Kandungan AM Bulan Februari 2006 125

Gamber 4.13 Peta Kontrol X-bar Kandungan Blaine Bulan Januari 2006 136

Gambar 4.14 Peta Kontrol X-bar Kandungan LOI Bulan Januari 2006 145

Gambar 5.1 Diagram *Fishbone Clinker* 172

Gambar 5.2 Diagram *Fishbone* Semen 175

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Persaingan dunia industri yang semakin ketat pada masa sekarang ini mewajibkan pihak perusahaan selaku produsen untuk memproduksi sesuai dengan spesifikasi dan keinginan pihak konsumen. Pengendalian kualitas dalam hal ini menjadi kunci utama bagi produsen untuk menghasilkan produk yang bermutu tinggi, selain itu juga dapat menciptakan laju produksi yang terencana, lancar, dan ekonomis.

Perusahaan akan menjadi kompetitif jika dapat mengurangi cacat produk pada tingkat yang lebih rendah, cacat merupakan segala sesuatu yang gagal dalam memenuhi kebutuhan yang diharapkan konsumen untuk itu diperlukan suatu teknik pemecahan masalah yang dapat meminimasi jumlah cacat yang terjadi dalam suatu proses produksi dalam perusahaan, salah satunya dengan menggunakan *Six Sigma*. *Six Sigma* merupakan suatu pendekataan untuk mengendalikan dan meningkatkan kualitas yang pada awalnya pendekataan ini pernah dilakukan oleh perusahaan Motorola. *Six Sigma* mampu menganalisa mulai dari pendefinisian *(define)* kriteria penyebab kegagalan kualitas *(Critical to Quality)* serta penyebab-penyebab kegagalan tersebut, pengukuran terhadap *Defect per Million Opportunities* (DPMO) serta kapabilitas proses dan analisa kapabilitas proses tersebut untuk dapat menerapkan *Six Sigma*, melakukan tahap *improving* (pengembangan) dengan cara memperbaiki *Critical to Quality* beserta

akar-akar penyebabnya, dan tahap *control* dengan cara melakukan standarisasi agar kualitas obyek yang sedang diperbaiki kualitasnya tidak menurun.

Tujuan mendasar dari *Six Sigma* adalah menjaga jarak antara rata-rata proses dengan batas spesifikasi terdekat sebesar minimal 6σ, atau dalam arti lain adalah tidak menghasilkan cacat (*defect*) melebihi 3,4 per sejuta kesempatan (*Defect per Million Opportunities).*

Hubungan antara *Six Sigma* dengan alat-alat pengendalian kualitas yang lain seperti X-bar *Chart* adalah dimana X-bar *Chart* merupakan alat pengendalian kualitas yang digunakan untuk meningkatkan tingkat *sigma* untuk mencapai level 6-*sigma* dengan memantau apakah suatu proses dalam keadaan terkendali.

PT. Holcim Indonesia Tbk, merupakan salah satu perusahaan penghasil semen terbesar di Indonesia yang memiliki 2 pabrik yang terletak di Narogong Jawa Barat dan di Cilacap Jawa Tengah, dimana dalam proses pembuatannya kualitas merupakan hal yang paling diutamakan, dalam perkembangan selanjutnya banyak perusahaan yang menghasilkan produk yang sama, sehingga mau tidak mau PT. Holcim Indonesia Tbk, harus meningkatkan kualitas produknya agar dapat bersaing dengan produk dari perusahaan lain.

Untuk menjaga kualitas yang baik perusahaan harus menjaga dan mengontrol proses pembuatan produknya yang terjadi dibagian produksi, karena bagian produksi sangat berpengaruh dengan produk yang akan dihasilkan dan diedarkan dipasaran nantinya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka perumusan masalah dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Seberapa besar kemampuan proses dengan menggunakan ukuran tingkat *sigma* dalam produk *clinker* ?
2. Seberapa besar kemampuan proses dengan menggunakan ukuran tingkat *sigma* dalam produk semen ?
3. Faktor-faktor apa yang mempengaruhi kandungan LSF, HM, SM, dan AM pada produk *clinker* ?
4. Faktor-faktor apa yang mempengaruhi kandungan *Blaine* dan LOI pada produk semen ?
5. Berapa total biaya kualitas yang ditanggung pada produk *clinker* ?
6. Berapa total biaya operasional pengemixkan semen yang ditanggung ?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah perlu dilakukan agar permasalahan ini tidak semakin luas serta untuk memfokuskan dan memperjelas tujuan penelitiaan yang akan dilaksanakan. Batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian dilakukan di PT. Holcim Indonesia Tbk. Cilacap, Jawa Tengah CP-2.
2. Penelitian dilakukan pada produk *clinker* dan semen.
3. Pengambilan data dilakukan untuk pada periode bulan Oktober 2005 sampai dengan bulan Juni 2006.

4. Karakteristik kualitas *clinker* yang diteliti yaitu pada kandungan LSF *(Lime Saturation Factor),* kandungan HM *(Hydraulic Modulus),* kandungan SM *(Silica Modulus)* dan kandungan AM *(Alumina Modulus).*
5. Karakteristik kualitas semen yang diteliti yaitu *Blaine* (tingkat kehalusan) dan LOI (*Loss on Ignation*).
6. Pengendalian kualitas pada penelitian ini hanya sampai pada identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada produk *clinker* dan semen menggunakan diagram *fishbone.*
7. Pada penelitian ini tidak dilakukan fase *improve* dan *control*, melainkan hanya sebagian dari fase *define, measure, dan analyze* sehingga tidak merubah budaya pengendalian kualitas pada perusahaan tersebut.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan kemampuan proses dengan menggunakan ukuran tingkat *sigma* dalam produk *clinker.*
2. Menentukan kemampuan proses dengan menggunakan ukuran tingkat *sigma* dalam produk semen.
3. Menentukan penyebab yang mempengaruhi kandungan LSF *(Lime Saturation Factor),* HM *(Hydraulic Modulus),* SM *(Silica Modulus)*, dan AM *(Alumina Modulus)* pada *clinker.*
4. Menentukan penyebab yang mempengaruhi kandungan *Blaine* dan LOI pada semen.

5. Menentukan total biaya kualitas yang ditanggung pada produk *clinker*.
6. Menentukan total biaya operasional pengemixkan semen.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Sebagai sumbangan pemikiran bagi PT. Holcim Indonesia Tbk. dalam meningkatkan kualitas produknya yang harus dilakukan oleh perusahaan dengan mengacu pada parameter yang digunakan.
2. Sebagai bahan referensi pada penelitian-penelitian berikutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini dilakukan dalam suatu struktur format yang diuraikan dalam kerangka pembahasan berikut:

BAB II LANDASAN TEORI

Landasan teori memuat penjelasan tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang obyek yang menjadi bahan penelitian, cara-cara pengumpulan data yang digunakan sebagai bahan penelitian, kerangka penelitian, dan uraian tentang metode penyelesaian masalah yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, yang dijelaskan dalam diagram alir penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan cara-cara pengambilan data yang diperlukan atau materi yang dibutuhkan dalam penelitian, variabel data yang akan dikaji dan pengolahan data.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil penelitian berupa tabel hasil pengolahan data, grafik, persamaan yang menyangkut penjelasan teoritis secara kualitatif, kuantitatif maupun statistika dari hasil penelitian dan kajian untuk menjawab tujuan penelitian.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran. Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian serta pembahasan untuk menjawab dari permasalahan yang ada. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan hasil observasi, ditunjukan kepada para peneliti (perusahaan) dalam bidang yang sejenis, yang ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

FAK. TEKNOLOGI INDUSTRI PERPUSTAKAAN YOGYAKARTA

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kajian literatur induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian yang dilakukan untuk memperoleh informasi dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, baik dari prosiding-prosiding dan jurnal-jurnal. Sedangkan kajian deduktif adalah kajian yang dilakukan untuk memperoleh informasi sebagai landasan teori yang digunakan sebagai dasar penelitian yang dapat diperoleh dari buku-buku karangan seseorang.

2.1 Kajian Deduktif dan Induktif

2.1.1 Pengertian Kualitas

Kualitas didefinisikan sebagai totalitas dari karakteristik suatu produk yang menunjang kemampuan untuk memuaskan kebutuhan yang dispesifikasikan atau ditetapkan. Kualitas juga dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang menentukan kepuasan pelanggan dan upaya perbaikan terus-menerus sehingga pada dasarnya kualitas mengacu pada sejumlah keistimewaan produk, yang memenuhi keinginan pelanggan dengan demikian memberikan kepuasan atas penggunaan produk itu dari segala sesuatu yang bebas dari kerusakan (Gaspersz, 1997).

Menurut Montgomery (1990), istilah kualitas dapat dilihat dari dua segi umum yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas Rancangan adalah

spesifikasi dan toleransi dari output yang ditetapkan oleh bagian desain yang ditetapkan oleh bagian desain dari suatu perusahaan. Kualitas Kecocokan adalah seberapa baik output tersebut memenuhi spesifikasi dan toleransi yang ditetapkan perusahaan.

Crosby (1979) Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, realibility, maintainability, dan cost effectiveness.*

Feigenbaum (1991) Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture dan maintenace.*

Elliet (1993) Kualitas adalah sesuatu yang berbeda untuk orang yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai dengan tujuan.

Goetch dan Davis (1995) Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi yang diharapkan.

Kualitas merupakan topik yang hangat dalam dunia bisnis. Faktor utama yang menentukan kinerja suatu perusahaan adalah kualitas barang dan jasa yang dihasilkan. Banyak ahli yang mendefinisikan kualitas secara garis besar orientasinya adalah kepuasan pelanggan yang merupakan tujuan perusahaan yang berorientasi pada kualitas. Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya. Definisi konvensional dari mutu biasanya menggambarkan karakteristik langsung dari suatu

produk, seperti performansi *(performance)*, keandalan *(reliability)*, estetika *(esthetics)* dan sebagainya. Pengertian Kualitas menurut beberapa ahli yang banyak dikenal antara lain (Ariani, 2004).

Scherkenbach (1991) menjelaskan bahwa kualitas ditentukan oleh pelanggan, pelanggan menginginkan produk dan jasa yang sesuai dengan kebutuhan dan harapannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk atau jasa tersebut.

Sedangkan pengertian kualitas menurut persepsi konsumen bahwa kualitas didefinisikan sebagai keseluruhan gabungan karakteristik produk mulai dari pemasaran, rekayasa, pembuatan dan pemeliharaan yang membuat produk atau layanan tersebut memenuhi harapan konsumen. Dengan demikian kualitas yang muncul dari suatu produk merupakan kompromi dari sekelompok karakteristik yang diinginkan konsumen yang berhasil diterjemahkan oleh produsen (Moh. Hartono, 2000).

Dalam era globalisasi, secara strategik kualitas didefinisikan sebagai segala sesuatu yang mampu memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan. Karakteristik sistem kualitas modern dapat dicirikan dalam lima aspek, yaitu: berorientasi pada pelanggan, adanya partisipasi aktif yang dipimpin oleh manajemen puncak, adanya pemahaman dari setiap orang terhadap tanggung jawab spesifik untuk berkualitas, adanya aktivitas yang berorientasi pada tindakan pencegahan kerusakan dan adanya

suatu filosofi yang menganggap bahwa kualitas merupakan jalan hidup (Gan Shu San, 1999).

Dari beberapa definisi tersebut dapat dikatakan bahwa secara garis besar, kualitas adalah keseluruhan ciri atau karakteristik produk atau jasa dalam tujuannya untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan. Berdasarkan tentang pengertian dasar tentang mutu di atas, tampak bahwa mutu selalu berfokus pada pelanggan *(costumer focused quality)*. Dengan demikian, produk-produk didesain, diproduksi, serta pelayanan diberikan untuk memenuhi keinginan pelanggan.

2.1.2 Pengertian Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan aktifitas teknik dan manajemen dimana perusahaan mengukur karakteristik kualitas dari produk atau jasa, kemudian membandingkan hasil pengukuran itu dengan spesifikasi produk, serta mengambil tindakan peningkatan yang tepat apabila ditemukan perbedaan diantara kinerja aktual dengan standar yang telah ditentukan (Gasperz, 2001).

Tujuan pengendalian kualitas menurut beberapa pendapat adalah sebagai berikut:

1. Pengendalian kualitas menurut Reksohadiprojo dalam (Willis, 2004) bertujuan memperbaiki kualitas, mempertahankan kualitas dan mengurangi jumlah barang yang rusak.
2. Pengendalian kualitas menurut Assuri dalam (Willis, 2004) bertujuan agar barang hasil produksi dapat mencapai standar mutu yang telah ditetapkan dan mengusahakan agar biaya produksi dan biaya desain produk dapat serendah mungkin.
3. Pengendalian kualitas menurut Ahyari dalam (Willis, 2004) bertujuan agar proses produksi dapat dilaksanakan dengan biaya-biaya yang serendah-rendahnya dan terdapatnya peningkatan kepuasan konsumen serta selesai sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan.

Pengendalian kualitas pada umumnya dibagi dalam empat tahap, yaitu:

1. Menetapkan standart kualitas dan biaya.
2. Membandingkan hasil produksi dengan standart tersebut.
3. Mengadakan koreksi, jika hasil produksi menyimpang dari standart.
4. Merencanakan perbaikan dalam standar mutu.

2.2 Pengendalian Kualitas *Six Sigma*

Menurut Gaspersz (2002), *Six Sigma* merupakan metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986, yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas. *Six Sigma* menuntut suatu fokus pada pelanggan dengan setepat-tepatnya dan berdasarkan data. Arti statistik dari istilah "*Six Sigma*" adalah perbedaan dengan kualitas tingkat 3-*sigma* karena ia memperhatikan kepuasaan pelangan. Pada saat ini masih banyak kerancuan dibanyak perusahaan terutama dikalangan dunia industri, tentang prinsip-prinsip *Six Sigma* Motorola, yang seolah-olah menafsirkan merupakan pengembangan dari *"3-sigma statistical quality control"* tetapi implementasinya sangat berbeda. Implementasi 3-*sigma* hanya menjabarkan seberapa banyak produk-produk yang tidak dapat dikendalikan oleh peta kendali kualitas (*reject*), sedangkan *Six Sigma* mampu menganalisa mulai dari pendefinisian (*define*), kriteria penyebab kegagalan kualitas (*Critical to Quality*) serta penyebab-penyebab kegagalan tersebut, pengukuran terhadap *Defect per Million Opportunities* (DPMO) serta kapabilitas proses dan analisa kapabilitas proses tersebut untuk dapat menerapkan *Six Sigma*, melakukan tahap *improving* (pengembangan) dengan cara memperbaiki *Critical to Quality* beserta akar penyebabnya dan tahapan *control* dengan cara melakukan standarisasi agar kualitas objek yang sedang diperbaiki kualitasnya tidak menurun.

Perusahaan kelas dunia yang sangat peduli terhadap kualitas membutuhkan waktu rata-rata sepuluh tahun untuk beralih dari tingkat operasional 3-*sigma*

5. Hindari kesalahan dalam proses dan hilangkan semua pemborosan yang ada.
6. Tingkatan proses secara terus menerus menuju target *Six Sigma*.

Apabila konsep *Six Sigma* akan diterapkan dalam bidang *manufacturing*, perhatikan enam aspek berikut (Gaspersz, 2002):

1. Identifikasi karakteristik produk yang akan memuaskan pelanggan (sesuai kebutuhan dan ekspektasi pelanggan).
2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ (*Critical to Quality)* individual.
3. Menentukan apakah setiap CTQ itu dapat dikendalikan melalui pengendaliaan material, mesin, proses-proses kerja dan lain-lain.
4. Menetukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai yang diinginkan pelanggan (menentukan nilai USL dan LSL dari setiap CTQ).
5. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ (menentukan nilai maksimum standar deviasi untuk setiap CTQ).
6. Mengubah desain produk atau proses sedemikian agar mampu mencapai nilai target *Six Sigma,* yang berarti memiliki indeks kemampuaan proses, Cp minimum sama dengan dua ($Cp \geq 2$). Selanjutnya efektivitas dari upaya peningkataan proses dan keberhasilan dari aplikasi program *Six Sigma* dapat diukur melalui nilai Cp yang terus meningkat.

Tabel 2.2 Perbedaan *True 6-sigma* dengan Motorola's *6-sigma*

True 6-sigma Process (Normal Distribution Centered)			Motorola's *6-sigma Process (Normal Distribution Shifted 1,5-sigma)*		
Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO (kegagalan/ cacat per sejuta kesempatan)	Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO (kegagalan/ cacat per sejuta kesempatan)
± 1-*sigma*	68,27 %	317.300	± 1-*sigma*	30,8538 %	691.462
± 2-*sigma*	95,45 %	45.500	± 2-*sigma*	69,1462 %	308.538
± 3-*sigma*	99,73 %	2.700	± 3-*sigma*	93,3193 %	66.807
± 4-*sigma*	99,9937 %	63	± 4-*sigma*	99,3790 %	6.210
± 5-*sigma*	99,999943 %	0,57	± 5-*sigma*	99,9767 %	233
± 6-*sigma*	99,9999998 %	0,002	± 6-*sigma*	99,99966%	3,4

2.5 Definisi *Six Sigma*

Six Sigma bisa dipahami sebagai sebuah alat untuk meningkatkan kualitas, *benchmarking* dan metode peningkatan keuntungan yang terpadu. *Six Sigma* mendasarkan dirinya pada pemahaman bahwa mencapai *zero defect* dalam pembuatan sebuah produk atau proses bukanlah tidak mungkin. Dengan *Six Sigma*, angka *defect* 3,4 kejadian per 1.000.000 kesempatan bisa dicapai jika produk dan proses didesain dengan baik. Beberapa definisi *Six Sigma*:

PERPUSTAKAAN

Definisi menurut Urdhewareshe (2000)

Six Sigma adalah sebuah pendekatan yang sangat tertib, yang digunakan untuk membatasi penyimpangan dalam proses operasional, sehingga cacat produk menjadi kurang dari 3,4 bagi 1 juta proses, barang dan jasa tertentu.

Definisi menurut Ingle & Roe (2001)

Six Sigma sebagai pendekatan yang melibatkan pengukuran dan penyempurnaan kapabilitas proses manajerial untuk menghasilkan barang/jasa yang terbebas dari cacat.

Definisi menurut Peter S.Pande, et.al (2002)

Pengertian dasar dari Six Sigma adalah bekerja dengan lebih efisien sehingga perusahaan dapat menekan kemungkinan terjadinya kesalahan terhadap produk, proses atau pelayanan yang dihasilkannya. Sehingga kapabilitas proses tersebut meningkat dan meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan pada produk, proses atau pelayanan yang dihasilkan.

Definisi menurut Jani Rahardjo, et.al (2003)

Six Sigma diartikan sebagai tingkat mutu dimana 3,4 kecacatan dihasilkan dari satu juta kesempatan terjadinya kecacatan.

Definisi menurut Greg Brue (2002)

1. *Six Sigma adalah konsep statistik untuk mengukur sebuah proses dimana tingkat kegagalan sebesar 3,4 kali dari 1 juta kegiatan yang sama.*

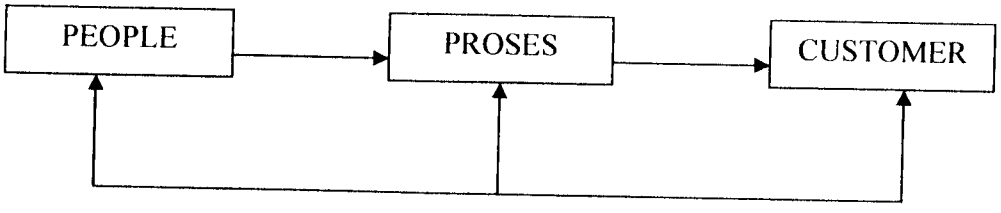
2. *Filsafat manajemen yang memfokuskan diri pada pembatasan kegagalan melalui praktek yang mengutamakan pemahaman, pengukuran, serta penyempurnaan proses.*

Berdasarkan beberapa definisi *Six Sigma* diatas maka dapat disimpulkan bahwa *Six Sigma* adalah sebuah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan dan memaksimalkan proses bisnis *Six Sigma* secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, pemakaian yang disiplin terhadap fakta, data, analisis statistik dan perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki dan menanamkan kembali proses bisnis.

2.6 Komponen *Six Sigma*

Ada tiga kunci elemen dasar untuk keberhasilan penerapan konsep *Six Sigma* yaitu konsumen, proses, dan pekerja yang akan menjadikan perusahaan sebagai perusahaan dengan kualitas dunia (Gaspersz, 2002).

1. Konsumen
2. Proses
3. Pekerja



Gambar 2.3 Tiga Komponen dalam *Six Sigma*

Ketiga komponen ini menjadi satu kesatuan terpadu yang tidak bisa dipisahkan. Penekanan hanya kepada pelanggan tanpa memperhatikan proses usaha yang stabil dan kepuasan karyawan akan menyebabkan pemenuhan kebutuhan pelanggan yang bersifat sementara (*temporary fulfillment*). Penekanan hanya pada efisiensi proses usaha tanpa memperhatikan kepuasan pelanggan dan karyawan akan menimbulkan efisiensi tanpa dibarengi dengan efektifitas sehingga kelanggengan usaha tidak bisa dipertahankan. Perhatian pada kepuasan karyawan tanpa perbaikan proses usaha dan peningkatan kepuasan pelanggan akan menyebabkan kebanggaan diri yang berlebihan dan kehilangan perhatiannya kepada pelanggan. Ketiga komponen tersebut harus dijaga keseimbangannya (Gaspersz, 2002).

Menurut Peter Pande, dkk., (2002) dalam bukunya *The Six Sigma Way*: *Team Fieldbokk* ada enam komponen utama konsep *Six Sigma*:

1. **Benar-benar mengutamakan pelanggan**: seperti kita sadari bersama, pelanggan bukan hanya berarti pembeli, tapi bisa juga berarti rekan kerja kita, team yang menerima hasil kerja kita, pemerintah, masyarakat umum pengguna jasa, dll.
2. **Manajemen yang berdasarkan data dan fakta**: bukan berdasarkan opini, atau pendapat tanpa dasar.
3. **Fokus pada proses, manajemen dan perbaikan**: *Six Sigma* sangat tergantung kemampuan kita mengerti proses yang dipadu dengan manajemen yang bagus untuk melakukan perbaikan.
4. **Manajemen yang proaktif.**

5. **Kolaborasi tanpa batas**: kerjasama antar tim/departemen yang sangat mulus.
6. **Selalu mengejar kesempurnaan**, tapi masih toleran pada kesalahan.

2.7 Fondasi *Six Sigma*

Six Sigma adalah suatu metode yang sangat terstruktur, struktur ini terdiri dari lima tahapan: ***Define*** (definisikan), ***Measure*** (mengukur), ***Analyze*** (analisa), ***Improve*** (perbaikan), ***Control*** (pengendalian) atau DMAIC. Berikut ini adalah penjelasan kelima tahap di atas (Gaspersz, 2002):

1. Tahap Pendefinisian *(Define Phase)*

Tahap *define* adalah mengidentifikasikan dan mendefinisikan produk atau proses yang nantinya akan menjadi kriteria perbaikan dengan menggunakan metode *Six Sigma*. Tahap definisi menentukan harapan dari usaha perbaikan dan menjaga agar tetap berfokus pada persyaratan pelanggan. Output dari fase ini adalah beberapa informasi mengenai kualitas kritis suatu produk *(Critical to Qualitiy)* dari pelanggan untuk produk atau proses.

2. Tahap Pengukuran (*Measure Phase*)

Tahapan *measure* bertujuan untuk menentukan *Critical to Quality* (CTQ) yang terkait langsung dengan kebutuhan spesifikasi dari pelanggan dan pengukuran kinerja sekarang dalam ukuran nilai *sigma*. Pengukuran dapat dilakukan pada tiga tingkat, yaitu tingkat proses (*process level*), tingkat output (*output level*) dan

tingkat outcome *(outcome level)*. Pengukuran yang dilakukan mempertimbangkan setiap dimensi layanan dalam usaha jasa untuk mengetahui variabel proses yang mempengaruhi terjadinya penyimpangan yang menyebabkan terganggunya kapabilitas proses. Pengukuran penyimpangan kualitas layanan meliputi dimensi *tangible, reliability, responsiveness, competence, courtesy, credibility, security, access, communications, assurance, dan emphaty.*

3. Tahap Analisis *(Analyze Phase)*

Pada tahap *analyze* manajemen berupaya memahami mengapa terjadi penyimpangan dan mencari alasan-alasan yang mengakibatkannya. Mencari variabel utama penyebab terjadinya kecacatan atau ketidakpuasan yang terjadi saat ini untuk segera dapat dilakukan perbaikan. Dalam hal ini, manajemen harus mengembangkan sejumlah asumsi sebagai hipotesis. Hipotesis atau dugaan-dugaan sementara mengenai faktor-faktor penyebab harus diuji. Jika hasil uji terhadap hipotesis diterima berarti faktor-faktor penyebab simpangan berpengaruh secara signifikan terhadap penyimpangan yang ada.

4. Tahap Perbaikan (*Improve Phase*)

Pada tahap *improve*, dirancang solusi dalam melakukan pengendalian dan peningkatan kualitas dengan *Six Sigma* pada proses-proses yang memerlukan perbaikan, rancangan berupa usulan perbaikan kualitas bagi setiap CTQ potensial dan *desain eksperimen,* sehingga diharapkan dapat meningkatkan performansi kualitas yang dihasilkan oleh proses dengan meningkatkan nilai DPMO dan nilai *sigma*.

5. Tahap Pengendaliaan *(Control Phase)*

Dalam tahap *control*, usulan dan perancangan perbaikan yang telah dibuat dan telah diimplementasikan dipertahankan berdasarkan hasil-hasil perbaikan yang telah dicapai. Tahap pengendalian ini untuk memastikan bahwa hasil perbaikan yang telah diimplementasikan akan tetap bertahan dan proses tidak akan kembali ke kondisi awal sebelum perbaikan.

2.8 Konsep Kunci

Ada beberapa istilah kunci yang menjadi dasar dan harus dimengerti dalam memahami konsep program peningkatan kualitas *Six Sigma* (Gaspersz, 2002) yaitu:

1. *Black Belt*

   Dipandang sebagai tulang punggung budaya dan pusat keberhasilan *Six Sigma* mengingat mereka adalah orang-orang yang memimpin proyek, perbaikan kinerja perusahaan, dilatih untuk menemukan masalah, penyebab beserta penyelesaiannya, bertugas mengubah teori kedalam tindakan, wajib memilah-milih data, opini dengan fakta dan secara kuantitatif menunjukan faktor-faktor potensial yang menimbulkan masalah produktivitas serta profitabilitas, bertanggung jawab mewujudkan *Six Sigma*.

2. *Green Belt*

   Adalah orang-orang yang membantu *Black Belt* di wilayah fungsionalnya. Pada umumnya *Green Belt* bertugas secara paruh waktu dibidang yang terbatas, mengaplikasikan alat-alat *Six Sigma* untuk menguji dan menyelesaikan masalah-

masalah rumit, mengumpulkan atau menganalisa data, dan menanamkan budaya *Six Sigma* dari atas ke bawah.

3. *Master Black Belt*

   Disebagian besar organisasi, *Master Black Belt* berfungsi sebagai pelatih dan mentor atau konsultan untuk *Black Belt* yang bekerja pada berbagai proyek. *Master Black Belt* ahli dalam hal peralatan analisis *Six Sigma*, dengan latar belakang teknik atau sains atau tingkat lanjut dalam bisnis. Mereka memusatkan seluruh perhatian dan kemampuan pada penyempurnaan proses.

4. *Champion*

   Dalam struktur *Six Sigma*, *champion* merupakan orang-orang yang berada pada manajemen atas (*top management*) yang memahami *Six Sigma* dan bertanggung jawab untuk keberhasilan *Six Sigma* itu.

5. *Critical to Quality* (CTQ)

   Adalah atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan.

6. *Variasi*

   Adalah ketidakseragaman dalam sistem produksi atau operasional sehingga menimbulkan perbedaan dalam kualitas pada output yang dihasilkan.

7. Konsep pengukuran berbasis kecacatan. Berikut ini adalah istilah-istilah yang diperlukan untuk memahami ukuran-ukuran *defect*:

   a. Unit sebuah item yang sedang diproses, atau produk atau jasa akhir yang sedang dikirim kepada pelanggan.

b. *Defect*. Kegagalan untuk memenuhi persyaratan pelanggan/kinerja standart. Ukuran *defect* adalah *Defect per Unit* atau DPU. Ukuran ini merefleksikan jumlah rata-rata dari *defect* terhadap jumlah total unit dari unit yang dijadikan sampel.

$$\text{DPU} = \frac{JumahDefect}{JumlahUnit}$$

c. *Defective*. Semua unit yang berisi sebuah *defect*. Berikut ini dua ekspresi pengukuran untuk *defective*:

1). *Proportion Defective*. Persentase sampel-sampel item yang memiliki satu atau lebih *defect*.

$$\text{Rumus} = \frac{JumlahDefective}{JumlahUnit}$$

2). Final *Yield* (ditulis Y_{final}). Informasi ini memberi tahu pecahan dari unit total yang dihasilkan dan/atau dikirim adalah bebas cacat *(defect free)*. Menyatakan jumlah produk/jasa yang baik/tidak cacat. Mengalikan Y_{final} dengan 100 akan menghasilkan persentase " baik ".

Rumus = 1-*Proporsi defective*

8. Ukuran-ukuran berbasis peluang *defect*

a. *Defect per Opportunity* (DPO). Menunjukkan proposi *defect* atas jumlah total peluang dalam sebuah kelompok.

$$\text{DPO} = \frac{JumlahDefect}{\#Unit\# Peluang}$$

b. *Defect per Million Opportunity* (DPMO). Mengindikasikan beberapa banyak *defect* akan muncul jika ada satu juta peluang. *Defect* inilah yang harus dieliminasi semaksimal mungkin. Dalam lingkungan pemanufakturan DPMO sering disebut PPM *(Parts per Million)*.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

c. Ukuran *Sigma*. Nilai konversi dari DPMO dalam Tabel 2.3 konversi *sigma*

Tabel 2.3 Hubungan Tingkat *Sigma* dengan DPMO

σ	DPMO
6	3,4
5	233
4	6.210
3	66.810
2	308.770

2.9 The Seven Tools

Data adalah catatan tentang sesuatu, baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif, yang digunakan sebagai petunjuk untuk bertindak. Fakta-fakta yang ada dipelajari berdasarkan data, kemudian mengambil tindakan yang tepat berdasarkan fakta itu. Secara umum dikenal dua jenis data (Gasperz, 2002) yaitu:

1. Data Atribut

   Adalah data kualitatif yang dapat dihitung menggunakan daftar pencacahan atau *tally* untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data atribut sering disebut sebagai

data kualitatif yang bersifat diskrit. Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk-bentuk unit non kompromis atau ketidaksesusaian dengan spesifikasi yang ditetapkan. Contohnya: banyaknya jenis cacat pada produk, ketiadaan label pada kemasan produk, banyaknya keluhan pelanggan atas produk.

2. Data Variabel

Adalah data kuantitatif yang diukur menggunakan alat pengukuran tertentu untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data variabel merupakan data kuantitatif bersifat kontinyu. Data variabel biasanya diperoleh dari hasil pengukuran terhadap contoh. Contohnya: berat semen dalam kantong, diameter pipa, konsentrasi elektrolit dalam persen atau tingkat kebisingan.

Dalam proses pengumpulan dan penganalisaan data dikenal ada tujuh alat bantu yang biasa digunakan dalam proses pengendalian kualitas (Gasperzs, 1998) yaitu:

1. Lembar Periksa

Lembar Periksa adalah alat sederhana yang digunakan untuk mengumpulkan data serta memudahkan dalam analisa selanjutnya. Dalam lembar periksa hanya bersifat pengamatan yang berkaitaan dengan sifat-sifat kualitas yang telah ditetapkan untuk diperiksa apakah telah memenuhi persyarataan itu. Jika memenuhi persyarataan item tertentu maka diberikan tanda periksa (v).

Penggunaan lembar periksa bertujuan untuk (Gasperzs, 1998):

a. Memudahkan dalam proses pengumpulan data terutama untuk mengetahui bagaimana suatu masalah tersebut terjadi.

b. Mengumpulkan data tentang jenis masalah yang sedang terjadi.

c. Menyusun data secara otomatis, sehingga data dapat digunakan dengan mudah.

2. Histogram

Adalah diagram batang yang berfungsi untuk menggambarkan bentuk distribusi sekumpulan data yang biasanya berupa karakteristik mutu. Histogram dapat membantu kita untuk menemukan variasi. Dengan demikiaan dapat disimpulkan bahwa histogram dapat digunakan sebagai suatu alat yaitu:

a. Mengkomunikasikan informasi tentang variasi dalam proses.

b. Membantu manajemen dalam membuat keputusan-keputusan yang berfokus pada usaha perbaikan terus-menerus.

3. Diagram Paretto

Diagram Paretto diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Alfredo Pareto (1848-1923). Merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan rangking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (rangking tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan (rangking terendah), selain itu diagram paretto juga dapat mengidentifikasikan masalah yang paling penting yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan memberikan petunjuk dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah (Mitra, 1993)

4. Diagram Sebab-Akibat

Diagram sebab-akibat dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943, sehingga sering disebut dengan Diagram Ishikawa. Diagram sebab-akibat menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukan hubungan antara akibat dan penyebab suatu masalah. Dibawah ini manfaat diagram sebab-akibat antara lain:

a. Dapat menggunakan kondisi yang sesungguhnya untuk tujuan perbaikan kualitas produk atau jasa, lebih efisien dalam penggunaan sumber daya, dan dapat mengurangi biaya.
b. Dapat mengurangi dan menghilangkan kondisi yang menyebabkan ketidaksesuian produk atau jasa dan keluhan pelanggan.
c. Dapat membuat suatu standarisasi operasi yang ada maupun yang direncanakan.
d. Dapat memberikan pendidikan dan pelatihan bagi karyawan dalam kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.

Cabang utama (tulang punggung) mempresentasikan efek atau permasalahan yang akan ditimbulkan dan dilabelkan secara khas pada sisi kanan dari diagram itu, sebagai kepala ikan. Setiap tulang besar yang bercabang dari tulang besar berhubungan dengan faktor-faktor kausal yang lebih mendetail. Diagram jenis ini berguna dalam setiap analisis, karena menggambarkan hubungan antara sebab dan akibat secara rasional. Akar penyebab dari masalah didasarkan pada prinsip 7M yaitu:

a. *Manpower* (Tenaga kerja)

Yaitu berkaitan dengan kekurangan dalam pengetahuan (tidak terlatih, tidak berpengalaman), kekurangan dalam keterampilan dasar yang berkaitan dengan mental dan fisik, kelelahan atau stress.

b. *Machiness* (Mesin-mesin dan Peralatan)

Yaitu berkaitan dengan tidak adanya sistem perawatan preventif terhadap mesin-mesin produksi, termasuk fasilitas dan peralatan lain, tidak dikalibrasi, terlalu *complicated*, terlalu panas dan lain-lain.

c. *Methods* (Metode Kerja)

Yaitu berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui dan tidak terstandarisasi.

d. *Material* (Bahan Baku dan Bahan Penolong)

Yaitu berkaitan dengan ketiadaan dan ketidaksesuaian spesifikasi kualitas dari bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan akan digunakan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong itu.

e. *Media*

Yaitu berkenaan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memperhatikan aspek-aspek lingkungan kerja yang kondusif.

f. *Motivation* (Motivasi Kerja)

Yaitu berkaitan dengan ketiadaan sikap kerja yang benar dan profesional yang disebabkan oleh penghargaan atas prestasi kerja dan sistem kerja dan sistem balas jasa yang tidak adil terhadap tenaga kerja.

g. ***Financial*** **(Keuangan)**

Yaitu berkenaan dengan ketiadaan dukungan finansial (keuangan) yang kuat dari perusahaan untuk memperlancar proses-proses industri.

5. Stratifikasi

Adalah suatu usaha untuk mengelompokan kumpulan data (data kerusakan, fenomena, penyebab, dan sebagainya) ke dalam kelompok-kelompok yang mempunyai karakteristik sama. Dasar pengelompokan stratifikasi sangat tergantung pada tujuan pengelompokan, sehingga dasar pengelompokan dapat berbeda-beda tergantung permasalahan.

6. Diagram Tebar (*Scatter Diagram*)

Pada dasarnya diagram tebar (*scatter diagram*) merupakan suatu alat interpretasi data yang digunakan untuk menguji bagaimana kuatnya hubungan antara dua variabel menentukan jenis hubungan dan dua variabel itu, apakah positif, negatif atau tidak ada hubungan sama sekali. Diagram tebar dapat digunakan untuk:

a. Menguji kuatnya hubungan antara dua variabel.

b. Menentukan jenis hubungan dari dua variabel.

Diagram tebar dapat menunjukan:

a. Karakteristik kualitas dan faktor yang mempengaruhi.

b. Dua karakteristik kualitas yang berhubungan.

c. Dua faktor yang saling berhubungan yang mempengaruhi karakteristik kualitas.

7. Peta Kontrol

Peta kontrol adalah bentuk grafik dengan batasan-batasan yang berguna dalam menetapkan pengambilan keputusan dalam pengendalian kualitas secara statistik.

Peta kontrol digunakan untuk:

1. Menentukan apakah suatu proses berada dalam pengendalian statistik.
2. Memantau proses terus-menerus agar proses tetap stabil secara statistik.
3. Menentukan kapabilitas proses *(process capability)*. Batas-batas dari variasi proses ditentukan setelah proses berada dalam pengendalian statistik.

Setiap peta kontrol terdiri dari:

1. Garis tengah (*central limit*) dinotasikan sebagai CL.
2. Sepasang batas kontrol *(control limit)*, yaitu:
   a. Batas kontrol atas (*upper control limit*), dinotasikan sebagai UCL.
   b. Batas kontrol bawah (*lower control limit*), dinotasikan sebagai LCL.
3. Tebaran nilai-nilai karakteristik kualitas yang menggambarkan keadaan proses. Jika semua nilai berada didalam batas *control*, maka proses dalam keadaan terkontrol atau terkendali secara statistik, dan sebaliknya.

2.10 Penentuaan Kapabilitas Proses

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *Six Sigma* ditunjukan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol *(zero defect)*. Oleh karena itu, konsep perhitungan

kapabilitas proses menjadi sangat penting untuk dapat dipahami dalam implementasi program *Six Sigma*. Ada beberapa indeks kapabilitas proses yang biasa digunakan dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*, antara lain:

1. Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

Indeks kapabilitas proses (C_{pm}) digunakan untuk mengukur tingkat pada spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan (Pyzdek, 2002). Semakin tinggi nilai C_{pm} menunjukkan bahwa output proses itu semakin mendekati nilai target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan, yang berarti pula bahwa tingkat kegagalan dari proses semakin berkurang menuju target tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa indikator keberhasilan program peningkatan kualitas *Six Sigma* dapat dilihat melalui indeks nilai kapabilitas proses C_{pm} yang semakin meningkat dari waktu ke waktu. Beberapa keuntungan yang didapat dari penggunaan indeks C_{pm} menurut Pillet, et.al dalam (Gasperzs, 2002) adalah:

1. Indeks C_{pm} dapat diterapkan pada suatu interval spesifikasi yang tidak simetris, dimana nilai spesifikasi target kualitas (T) tidak berada tepat di tengah nilai USL dan LSL.
2. Indeks C_{pm} dapat dihitung untuk data berdistribusi apa saja. Tidak mensyaratkan data harus berdistribusi normal. Hal ini berarti perhitungan C_{pm} adalah bebas dari persyaratan distribusi data serta tidak memerlukan uji

adalah bebas dari persyaratan distribusi data serta tidak memerlukan uji normalitas lagi untuk mengetahui apakah data yang dikumpulkan dari proses itu berdistribusi normal atau tidak.

Nilai C_{pm} dapat dihitung dengan rumus:

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{S^2 + (\overline{X} - T)^2}}$$ (Gasperzs, 2002)

Keterangan:

USL : *Upper Control Limit*

LSL : *Lower Control Limit*

S : Standart deviasi

$\overline{X}$: Nilai rata-rata sampel

T : Nilai target

Dalam program peningkatan *Six Sigma*, biasanya dipergunakan kriteria (*rule of thumb*) sebagai berikut:

a). $C_{pm} \geq 2{,}00$; maka proses dianggap mampu dan kooperatif.

b). $1{,}00 \leq C_{pm} \leq 1{,}99$; maka proses dianggap cukup mampu namun perlu upaya giat untuk meningkatkan kualitas menurut target. Perusahaan-perusahaan yang memiliki nilai C_{pm} yang berada diantara 1,00 – 2,00 memiliki kesempatan terbaik dalam melakukan program peningkatan kualitas *Six Sigma*.

c). $C_{pm} < 1{,}00$; maka proses dianggap tidak mampu dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasar global.

2. Indeks Kapabilitas Proses (Cpk)

Menurut Gasperzs (2002), indeks kapabilitas proses C_p dipergunakan bersamaan dengan indeks performansi C_{pk}, indeks performansi C_{pk} merefleksikan kedekatan nilai-nilai rata-rata dari proses terhadap salah satu batas spesifikasi.

Nilai C_{pk} dapat dihitung dengan rumus:

$$C_{pk} = \min\left[\frac{USL - \overline{X}}{3S}, \frac{\overline{X} - LSL}{3S}\right] \quad \text{(Gasperzs, 2002)}$$

Keterangan:

USL : *Upper Control Limit*

LSL : *Lower Control Limit*

S : Standart deviasi

$\overline{X}$: Nilai rata-rata sampel

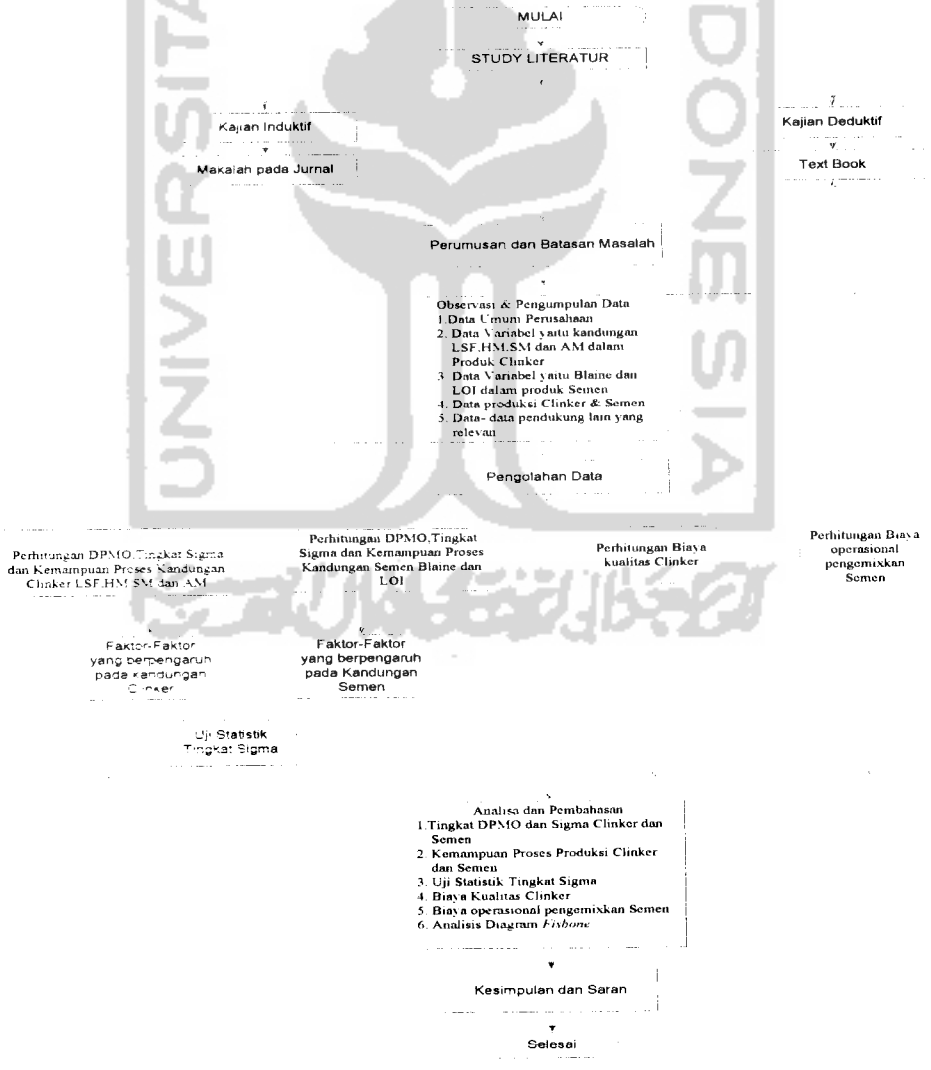
3. Indeks Kapabilitas Proses (Cpmk)

Indeks performansi C_{pmk} adalah indeks performansi dari kapabilitas proses yang mengukur tingkat dimana output proses itu berada dalam batas-batas toleransi yang diinginkan konsumen (Gasperzs, 2002).

BAB III

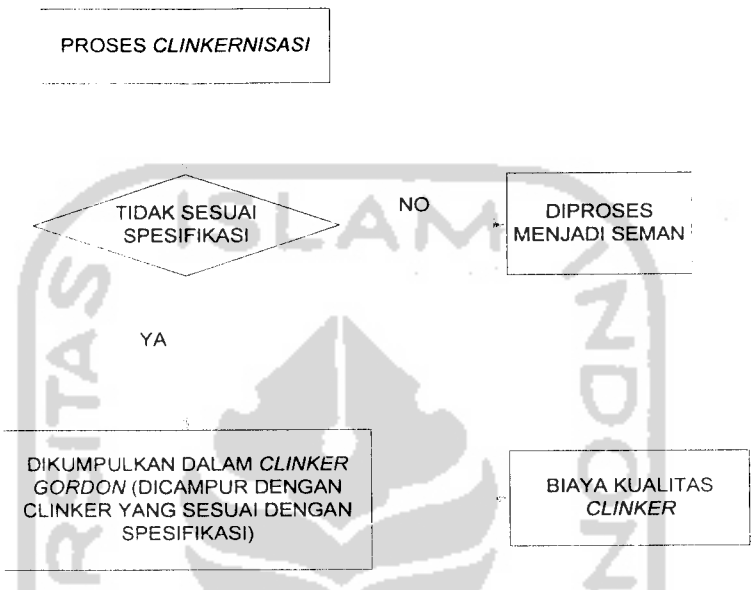
METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian perlu disusun secara baik untuk mempermudah penyusunan laporan penelitian ini. Adapun langkah-langkah dapat dipresentasikan sebagai berikut:



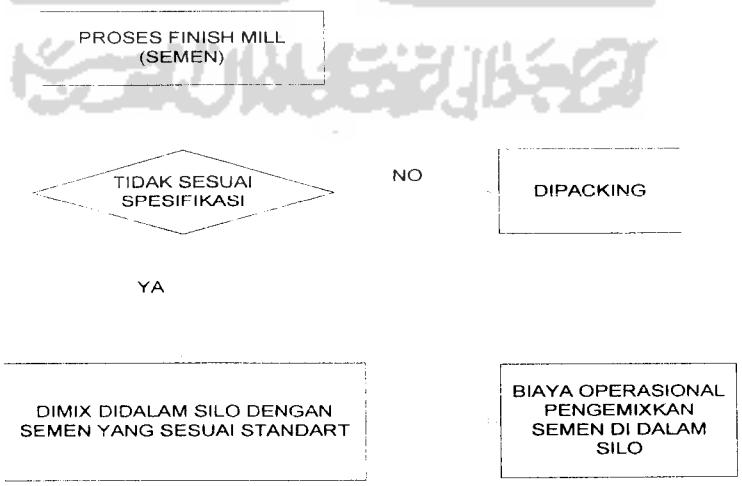
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

BIAYA KUALITAS *CLINKER*



Gambar 3.2 Biaya Kualitas *Clinker*

BIAYA OPERASIONAL PENGEMIXKAN SEMEN



Gambar 3.3 Biaya Operasional Pengemixkan Semen

3.1 Studi Literatur

Ada dua macam studi pustaka yang dilakukan yaitu studi pustaka induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian pustaka yang bermakna untuk menjaga keaslian penelitian dan bermanfaat bagi peneliti untuk menjadi kekinian topik penelitian. Kajian ini diperoleh dari jurnal, proseding, seminar, majalah dan lain sebagainya. Pada kajian induktif, dapat diketahui perkembangan penelitian, batas-batas dan kekurangan penelitian terdahulu. Disamping itu dapat diketahui perkembangan metode-metode mutakhir yang pernah dilakukan peneliti lain. Kajian deduktif membangun konseptual yang mana fenomena-fenomena atau parameter-parameter yang relevan disistematika, diklasifikasikan dan dihubung-hubungkan sehingga bersifat umum. Kajian deduktif merupakan landasan teori yang dipakai sebagai acuan untuk memecahkan masalah penelitian.

3.2 Perumusan dan Batasan Masalah

Pada tahap ini dirumuskan masalah yang akan diteliti dan dibuat suatu batasan yang jelas terhadap objek penelitian supaya tujuan penelitian tidak bias dan bisa didapatkan tugas akhir yang optimal.

3.3 Observasi dan Pengumpulan Data

Observasi dan pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengamatan secara langsung ke perusahaan, untuk pengambilan data obyek penelitian

dan mendapatkan data-data primer yang lebih terinci untuk menunjang penelitian ini, yaitu dengan cara:

a. Pengamatan langsung (*Observasi*)

   Metode ini dilaksanakan dengan mengadakan pengamatan secara langsung ke lapangan dan mencatat secara langsung data-data yang dibutuhkan khususnya terhadap proses produksi.

b. Wawancara (*Interview*)

   Metode ini dilaksanakan dengan mengadakan wawancara secara langsung dengan pihak-pihak perusahaan yang berkompeten dan pihak-pihak bidang lain yang akan diteliti oleh penulis.

c. Pencatatan tidak langsung

   Yaitu dengan mencatat data-data lampau (*history*) yang dimiliki oleh perusahaan sebagai tambahan referensi. Data-data ini sifatnya adalah membantu dalam analisis.

   Identifikasi data yang diperlukan antara lain:

   1. Data kandungan LSF, HM, SM dan AM.
   2. Data kandungan *Blaine*, LOI.
   3. Data jumlah produksi *clinker*.
   4. Data jumlah produksi semen.
   5. Data biaya perbaikan *clinker*.
   6. Data *electrical* variabel.

3. 4 Pengolahan Data

Pada penelitian ini data yang dikumpulkan dan diolah dengan menggunakan metode *Six Sigma* yang merupakan metode dengan tahap-tahap sebagai berikut:

a. Penentuaan Karakteristik Kualitas yang akan digunakan pada Produk *Clinker*

Karakteristik kualitas (CTQ) yang digunakan adalah LSF *(Lime Saturation Factor)*, SM *(Silica Modulus)*, HM *(Hydraulic Modulus)*, dan AM *(Alumina Modulus)*. Keempat unsur utama ini merupakan serangkaian rumus kimia yang menyatakan kualitas dari *clinker*. Dengan spesifikasi LSF 96-98 %, spesifikasi SM 2,3-2,4 %, spesifikasi HM 2,15-2,25 % dan spesifikasi AM 1,6-1,7 %. Spesifikasi ini ditentukan oleh perusahaan.

1. *Lime Saturation Factor* (LSF)

   Perbandingan antara CaO dalam *raw mix* dengan jumlah maksimal Cao yang dibutuhkan untuk mengikat oksida-oksida lainnya (Puja Hadi, 1998).

$$\text{LSF} = \frac{100CaO}{2.8SiO_2 + 1.1Al_2O_3 + 0.7Fe_2O_3}$$

   Bila LSF meningkat, *clinker* sulit dibakar dan selalu menunjukan kadar *freelime* yang tinggi.

   a. Pengaruh *clinker* dengan LSF Tinggi > 98 %

      1). *Raw meal* sulit dibakar

      2). Sulit membentuk *coating*, sehingga panas radiasi yang hilang dari dinding *kiln* naik

b). Kekuatan tekan awal semen akan naik

c). Daya tahan terhadap senyawa kimia berkurang

d). Stabilitas volume semen rendah

e). Panas hidrasi semen naik

Sedangkan jika nilai (HM < 2,15), maka:

a). *Raw meal* mudah dibakar

b). Fase cair di *burning zone* berlebihan, cenderung membentuk *coating ring*

c). *Free* CaO cenderung rendah

3. *Silica Modulus* (SM)

Silica Modulus yaitu bilangan yang menyatakan perbandingan antara oksida silica dengan oksida alumina dan besi (Puja Hadi, 1998).

$$SM = \frac{SiO_2}{Al_2 + Fe_2O_3}$$

Harga *Silica Modulus* yang semakin besar (SM > 2,4) akan mengakibatkan:

a). Material sukar dibakar dan panas yang akan dipakai tinggi

b). Pembentukan C_3S sedikit, sedang C_2S banyak

c). Cenderung mengakibatkan kadar CaO bebas tinggi

d). *Coating* sukar terbentuk, sehingga panas radiasi kalor tinggi, yang mengakibatkan umur *kiln* pendek

e). Pengikisan pada kulit bagian dalam tanur akan semakin cepat sehingga umur batu tahan api akan semakin pendek

Harga *Silica Modulus* yang semakin turun (SM < 2,3) akan mengakibatkan:

a). Umpan tanur mudah dibakar

b). Temperatur *clinkerisasi* rendah

c). Cenderung membentuk *coating ring*

d). *Clinker* akan keras dan susah digiling

e). Kekuatan tekan awal rendah

4. *Alumina Modulus* (AM)

Alumina Modulus yaitu bilangan yang menyatakan perbandingan antara oksida alumina dengan oksida besi (Puja Hadi, 1998).

$$\text{AM} = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Harga *Alumina Modulus* yang semakin besar (AM > 1,7) akan menyebabkan:

a). Pembakaran sukar, sehingga panas yang dipakai tinggi

b). C_3A yang terbentuk banyak dan C_4AF menurun

c). Menghasilkan semen dengan waktu pengikatan yang pendek dan kekuatan tekan awal tinggi

d). Rendahnya daya tahan terhadap serangan kimia air laut

Harga *Alumina Modulus* yang semakin kecil (AM < 1,6) akan menyebabkan:

a). Reaksi *clinkerisasi* lebih cepat

b). Temperatur *clinker* lebih rendah

c). Daya tahan terhadap air laut meningkat

b. Penentuaan Karakteristik Kualitas yang digunakan pada Produk Semen

Karakteristik kualitas (CTQ) yang digunakan adalah *Blaine* (kehalusan semen) dan LOI *(Loos on Ignation)* yang merupakan komponen terpenting dalam penentuan kualitas pada semen. Spesifikasi *Blaine* adalah $3900\,Cm^2/gr$ - $4100\,Cm^2/gr$ dan spesifikasi LOI *(Loos on Ignation)* adalah 6,3-6,5 %. Spesifikasi ini ditentukan oleh perusahaan.

c. Menghitung *Baseline* Kinerja

Pengukuran *baseline* kinerja dilakukan untuk mengetahui tingkat kinerja selama proses pembuatan *clinker* dan semen. *Baseline* kinerja dalam *Six Sigma* biasanya ditetapkan menggunakan satuan pengukuran DPMO dan tingkat *sigma* (*sigma level*). Perhitungan *baseline* kinerja untuk data variabel terlebih dahulu menghitung nilai DPMO yang dalam perhitungan penelitian menggunakan bantuan *Microsof Excel,* pengukuran ini digunakan untuk mencari target *sigma*, yang nantinya *sigma* yang diperoleh digunakan untuk mendefinisikan batas-batas kendali.

d. Menghitung Kemampuan Proses

Dalam melakukan perhitungan kemampuan proses untuk setiap karakteristik data variabel maka diperlukan proses yang terkendali secara statistik (berada dalam keadaan stabil yang baik) hal ini dapat dilakukan dengan mendefinisikan batas-batas pengendalian (*control limits*) sesuai dengan target.

e. Menghitung Uji Statistik

Perhitungan uji statistik dalam penelitian ini diperlukan untuk mengetahui apakah terdapat peningkatan tingkat *sigma* dari produk *clinker* (produk setengah jadi) menjadi produk semen. Uji statistik dalam penelitian ini yang digunakan adalah uji T-test berpasangan.

f. Menghitung Biaya Kualitas *Clinker*

Perhitungan biaya kualitas *clinker* digunakan untuk menunjukan alokasi biaya yang digunakan untuk perbaikan produk *clinker* yang tidak memenuhi spesifikasi, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap *clinker* tersebut, dengan mencampur dengan *clinker* yang memenuhi spesifikasi, sehingga pada proses selanjutnya dapat menghasilkan produk akhir yang diinginkan pelanggan. Perhitungan biaya kualitas *clinker* adalah sebagai berikut:

1). Produksi diluar spesifikasi = % cacat di *clinker* × total produksi *clinker*

2). Biaya kualitas = produksi diluar spesifikasi × biaya perbaikan

g. Menghitung Biaya Operasional Pengemixkan Semen

menunjukan akibat kualitas yang tidak memenuhi standar dari proses produksi sehingga diperlukan pengemixkan (pencampuran) semen yang sesuai dengan standart dengan semen yang diluar standart.

Biaya operasional pengemixkan semen dapat dihitung sebagai berikut:

1). Produksi diluar spesifikasi

= % cacat di semen × total produksi semen

2). Biaya operasional pengemixkan semen

= produksi diluar spesifikasi × biaya *electrical variabel*

3.5 Analisa dan Pembahasan

Tahap ini berisi tentang penjelasan hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Diharapkan pada tahap ini diperoleh berbagai hal yang dapat digunakan untuk menjelaskan metode-metode yang digunakan dan hasilnya.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran yang dapat diberikan peneliti kepada pihak perusahaan dalam hal ini PT. Holcim Indonesia Tbk. berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Umum Perusahaan

4.1.1 Sejarah dan Perkembangan Perusahaan PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap

PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap atau dahulu dikenal PT. Semen Nusantara didirikan berdasarkan Undang-undang Penanaman Modal Asing No.1 tahun 1967 jo UU No.11 tahun 1970. Berdasarkan hasil rapat BKPM pada tanggal 20 Desember 1973 telah dinyatakan *feasible* terhadap proyek proposal pendirian pabrik semen di Cilacap. Jawa Tengah dalam rangka PMA. Persetujuan dari Bapak Presiden RI dengan SK No. B-26/Pres 3/1974 tertanggal 4 Maret 1974 telah diperoleh sesuai permohonan dari para pemegang saham yang terdiri dari:

1. PT. Gunung Ngadeg Djaya (30 % saham) Pengusaha Swasta Nasional
2. *Onoda Cement* Co.*Ltd* (35 % saham) Pengusaha Swasta Jepang
3. *Mitsui Co. Ltd* (35 % saham) Pengusaha Swasta Jepang

Yang telah terlebih dahulu mendapatkan rekomendasi dari BKPN dengan nomor: B 183/bkpm/II/1974 dan kemudian oleh Menteri Perindustrian RI dikeluarkan Ijin Pendirian Industri Semen di Cilacap dengan surat nomor: 126/M/SK/3/74.

PT. Semen Nusantara sebagai badan hukum secara resmi didirikan berdasarkan Akte Notaris Kartini Mulyadi SH di Jakarta, dengan register No. 133 tanggal 18 Desember 1974 dengan usulan akte perubahan No. 46 tanggal 11 Maret

1975, dalam bentuk perseroan terbatas dan berstatus penanaman modal asing/*joint venture*, kemudian dikukuhkan dengan surat Menteri Kehakiman RI No. Y.A/5/96/25 tanggal 23 April 1975.

Pulau Nusakambangan yang tadinya sebagai lokasi tertutup, telah dicabut dengan SK Presiden RI No.38 tahun 1974, dengan demikian dimungkinkan bagi PT. Semen Nusantara untuk memanfaatkan sebagian areal Pulau Nusakambangan sebagai lokasi penambangan batu kapur yang merupakan salah satu bahan baku utama dalam pembuatan semen, dan sekaligus sebagai salah satu usaha perwujudan pasal 33 UUD 1945. Kemudian realisasinya PT. Gunung Ngadeg Djaya sebagai pemegang saham pihak Indonesia mendapat surat ijin Penambangan Daerah dari Gubernur KDH. Tk. I Jawa Tengah untuk:

1. Konsensi penambangan batu kapur di Pulau Nusakambangan seluas 1.000 hektar sejak tahun 1975.
2. Konsensi penambangan tanah liat di Desa Tritih Wetan seluas 250 hektar.
3. Lokasi Pabrik Semen di Kelurahan Karang Talun Kecamatan Cilacap Utara dengan luas 26.5 hektar.
4. Lokasi perumahan di Kelurahan Gunung Simping seluas 10 hektar.
5. Lokasi *service station/shipping distribution* lengkap dengan *loading fasility* seluas 3,5 hektar (status kontrak dengan Perum Pelabuhan III Cabang Cilacap).

Peletakan batu pertama pendirian Pabrik Semen Nusantara dilakukan oleh Bupati KDH Tingkat II Kabupaten Cilacap, yaitu bapak H. RYK Mukmin pada tanggal 19 Juni 1975. Pembangunan fisik dimulai tanggal 1 Juli 1975 dan selesai tanggal 5 April 1977. Dalam pembangunan Pabrik Semen Nusantara, sebagai konsultan perencanaan dan pembangunan adalah *Naigi Consultant & Co, Ltd Japan. Supplier* mesin-mesin dan pengawasan pembangunan adalah *FL. Scmith* dengan peralatan dari Jerman, Perancis, Denmark dan Jepang. *Civil Engineering* ditangani oleh PT. Jaya Obayasi Bumi dan instalasi listrik oleh PT. Promits. Selama pembangunan, pabrik tersebut telah memperkerjakan kira-kira 1.800 orang tenaga kerja Indonesia dan 150 orang tenaga asing yang bertindak sebagai tenaga ahli berasal dari Perancis. Jerman, Denmark dan Jepang.

Pada tanggal 1 Juli 1977 PT. Semen Nusantara sudah mulai berproduksi dan produksi komersial telah ditetapkan sejak tanggal 1 September 1977. Jenis semen yang dihasilkan adalah Semen *Portland* type I dengan logo Candi Borobudur dan Bunga Wijaya Kusuma. Sedangkan pengawasan mutu dilakukan oleh *Technical Assistant* dari Onoda. Jepang dan Lembaga Penelitian Bahasa Departemen Perindustrian dan Kimia Bandung.

Sejak 10 Juni 1993, saham pihak asing diambil oleh pihak Indonesia sehingga tenaga asing sudah tidak ada lagi di PT. Semen Nusantara dan status perusahaan berubah dari PMA menjadi PMDN. Kemudian saham PT. Semen Nusantara

diakuisisi oleh PT. Semen Cibinong pada tanggal 14 Juli 1993 dan menjadikan PT. Semen Nusantara Unit ke IV dari Cibinong Group.

Untuk mempertahankan pasaran di Jateng dan DIY, maka PT. Semen Cibinong Tbk. Pabrik Cilacap memperbesar kapasitas produksi dengan jalan:

1. *Pregrinding*, yaitu sistem mempercepat penggilingan sehingga kapasitas produksi bertambah dari 1 juta ton/tahun menjadi 1,5 juta ton/th.
2. Perluasan dengan menambah satu unit pabrik lagi dan merupakan Unit V yang dibangun di Kawasan Industri Cilacap II dengan kapasitas terpasang sebesar 2,6 juta ton/th.

Proyek pembangunan di CP-2 dilakukan dimulai pada bulan Januari 1995 dan selesai pada bulan April 1997, sehingga total kapasitas PT. Semen Cibinong Tbk. Pabrik Cilacap adalah 4,1 juta ton/th.

Tahun 2005, semenjak terjadi kenaikan BBM maka pabrik CP-1 ditutup, karena biaya operasi pada CP-1 melebihi budget yang disediakan sehingga pabrik mengalami kerugian. Biaya operasi naik karena pada pabrik CP-1 dalam pembangkit listrik menggunakan generator yang berbahan bakar IDO. Selain itu kapasitas produksi pabrik CP-1 pada kenyataannya hanya sepertiga dari pabrik CP-2.

Pada tahun 2000, PT. Semen Cibinong Tbk. Pabrik Cilacap setuju untuk diadakan restrukturisasi hutang dengan para kreditor. Hutang perseroan telah dikurangi menjadi US $500 juta, selain itu PT. Tirtamas Maju Tama sebagai

pemegang saham terbesar telah menjual seluruh sahamnya pada perusahaan Holcim dari Swiss sehingga pemegang saham terbesar perusahaan saat ini adalah:

1. Holcim 77, 33 %

2. Kreditor 16,1%

3. Umum 6.66 %

Pada tanggal 13 Desember 2001 Holcim LTd, menjadi pemegang saham utama dengan total 77, 33 %

Pada tanggal 30 Desember 2004 Holcim Participation Ltd, menjual seluruh saham tersebut kepada induk perusahaannya yaitu Holderfin BV. Pemegang saham mayoritas PT. Semen Cibinong dengan kepemilikan 5.925.921.820 lembar itu terjual seluruh penyertaan kepada Holderfin BV dengan nilai transaksi sekitar Rp. 2,5 trilyun (USD 256,48).

Holderfin yang berkedudukan di Belanda tersebut merupakan induk perusahaan sekaligus pemegang saham tunggal Holcim yang berkedudukan di Mauritus. Pengalihan kepemilikan saham Semen Cibinong oleh Holcim kepada Holderfin itu, menurut Timothy Mackay, adalah bagian dari program rekonstruksi internal Holderfin. Mulai tanggal 1 Januari 2006 nama PT. Semen Cibinong Tbk, diganti dengan nama PT. Holcim Indonesia Tbk. sesuai dengan keputusan yang diperoleh pada rapat yang diadakan pada tanggal 26 April 2005 (Anonim, 2005).

4.1.2 Visi Dan Misi PT. Holcim Indonesia Tbk.

Perubahan nama dan identitas perusahaan yang terjadi secara tidak langsung akan merubah segala kebijakan yang telah ada selama ini. Adapun visi dan misi dari pada PT. Holcim Indonesia Tbk. adalah sebagai berikut:

Visi

Menjadi perusahaan Indonesia dengan kinerja terbaik dan dihormati dikalangan industri semen, berada dalam peringkat terbaik di Group Holcim.

Misi

PT. Holcim Indonesia Tbk. melalui hasil produksi dan penjualan semen, beton, agregat dan pengembangan SDM, ikut mendukung dalam membangun masa depan Indonesia.

4.1.3 Struktur Organisasi PT. Holcim Indonesia Tbk.

Secara umum organisasi pada PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap mengikuti garis *staff manager* yang mempunyai wewenang eksekutif yang jelas sebagai pelimpahan tanggung jawab atasannya pada batas-batas tertentu. Pada bidang produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Cilacap dapat dispesifikan menjadi 7 (tujuh) departemen, yaitu:

1. *Quarry Department*

Departement *Quarry* mempunyai tugas bertanggung jawab pada masalah penambangan batu kapur di Pulau Nusakambangan, penambangan tanah liat di Tritih Wetan, Jeruk Legi, Cilacap. *Quarry Departement* dipimpin oleh *Quarry Manager*.

Quarry Manager dalam melakukan tugasnya dibantu oleh empat orang *Superintendent (SI)* yang meliputi: pemeliharaan, operasi, *transport*, *quality* dan *clay quarry*.

2. *Production Department*

Departement Produksi dipimpin oleh seorang *Manager Production* yang mempunyai tanggung jawab mengawasi perencanaan bahan baku, mengawasi pembuatan kantong semen dan keselamatan karyawan disegala bidang yang berkaitan dengan proses produksi, menangani kelancaran produksi semen mulai dari penerimaan bahan baku sampai dengan proses pembuatan semen. Tugas *Manager Production* dibantu oleh *Administration Support* dan membawahi:

a. *CC Shiff Manager*
b. *Production Superintendent*
c. *CP-II Shiff Superintendent*
d. *Production Planning Superintendent*

3. Maintenance Department

Departemen *Maintenance* ini dipimpin oleh seorang *Maintenance Manager* yang mempunyai tugas mengadakan perawatan, pemeliharaan mesin, perbaikan

mesin dan seluruh sarana yang berkaitan dengan peralatan pabrik termasuk didalamnya menyediakan sarana utilitas yang meliputi penyediaan air yang digunakan sebagai air pendingin mesin maupun penyediaan listrik, sedangkan penyediaan listrik diperoleh dari PLN.

4. Technical Department

Departemen *Technical* ini dikepalai oleh seorang *Manager* Teknik (*Technical Manager*) yang bertugas untuk melakukan *test control quality* dan menangani *complain* pelanggan serta melakukan penelitian dan pengembangan (*riset and development*) untuk kemajuan pabrik.

Departemen ini membawahi:

a) Laboratorium meliputi bagian *Quality Control, Physical Laboratory* dan *Chemical Laboratory*

b) *Process Engineering*

5. Administration Department

Departemen *Administration* ini dipimpin oleh seorang *Administration Superintendent* yang bertugas menangani bagian umum dengan tanggung jawab menyediakan alat transportasi, menerima tamu beserta akomodasinya, menyediakan alat tulis untuk departemen lain dalam batas-batas tertentu.

Dalam menjalankan tugasnya *Administration Superintendent* dibantu oleh *Administration Service Team Leader* yang meliputi *Administration Service, Housing*

makin panas dan pada *burning zone* mencapai 1.400-1.520°C. Dari hasil pembakaran akan dihasilkan senyawa yang bersifat hidratis sebagai hasil reaksi antara senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam masing-masing bahan baku dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data Spesifikasi Kandungan *Clinker*

Kandungan	Spesifikasi
LSF	96 %-98 %
HM	2,15 %-2,25 %
SM	2,3 %-2,4 %
AM	1,7 %-1,6 %

Sumber: *QC* PT.Holcim Indonesia Tbk Cilacap

Tabel 4.2 Data Suhu Pada Zone Rotary *Kiln*

Zone Kalsinasi	800-1.200 °C
Zone Transisi	1.200-1.400 °C
Zone Klinkerisasi	1.400-1.520 °C
Zone Pendinginan	1.520-1.290 °C

Sumber: Produksi PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

4.1.4.2 Proses Pendinginan Terak (*Clinker*)

Terak yang keluar dari *kiln* didinginkan dengan suhu kurang lebih dari 1.450°C sampai dengan 200°C dengan cara cepat. Pendinginan dengan cara cepat ini dilakukan agar didapatkan *clinker* dalam bentuk *amorf* yang mudah digiling. Sedangkan fungsi dari *clinker cooler* juga untuk mendapatkan udara panas yang

disebut sekunder dan udara *tertier* yang dialirkan sebagian ke *kalsiner* di ILC dan SLC.

Proses pendinginan di PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap CP-2 digunakan *controller flow grate* (CFG) *cooler*. Sistem pendinginan ini mensupplai udara *sekunder* dan *tertier* dari *cooler fan* melalui celah-celah struktur *grate cooler* dengan kemiringan 10°.

4.1.4.3 Penghalusan Pendahuluan (*Pregrinding*)

Sistem *pregrinding* adalah suatu sistem penghalusan pendahuluan untuk mendapatkan umpan *cement mill* yang lebih halus, sehingga diharapkan produk dari *cement mill* akan meningkat. Sistem *pregrinding* yang digunakan PT. Holcim Indonesia Tbk. CP-2 adalah *vertikal roller mill*.

4.1.4.4 Penggilingan Akhir

Penggilingan akhir dilakukan dalam *finish mill* dengan menambah *gypsum* dalam jumlah tertentu, mengatur CWF yang terdapat pada masing-masing *hopper*. Penggilingan akhir ini dimaksudkan untuk mendapatkan semen dengan kehalusan yang dipersyaratkan Standart Nasional Indonesia (SNI). Fungsi penambahan *gypsum* adalah sebagai *retarder agent* yaitu untuk memperlambat waktu pengikatan dan pengerasan semen. Spesifikasi kandungan semen dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Data Spesifikasi Kandungan Semen

Blaine	3900-4100 Cm^2 / gr
LOI	6,3-6,5 %
SO_3	2,3-2,4 %
Residu 45 μ	7-8 %
Residu 90 μ	< 0,3 %

Sumber: *QC* PT. Holcim Indonesia Tbk. Cilacap

FAK. TEKNOLOGI INDUSTRI PERPUSTAKAAN UII YOGYAKARTA

4.1.4.5 Pengantongan (*Packing*)

Tahap pengantongan semen dimulai dari *cement silo* (615 SI1 dan 615 SI2). Sebagian semen akan dipasarkan secara curah melalui *juntion box* (615 JB1 dan 615 JB2), kemudian ditampung di dalam *bin* (615 BI1 dan 615 BI2). Selanjutnya dialirkan melalui *load spout* (615 LS1 dan 615 LS2). Dari *cement mill*, semen yang halus kemudian disimpan dalam *cement silo* dengan menggunakan *belt conveyor*. Dari *cement silo* lalu dengan *srew conveyor* diteruskan dengan *fluxo conveyor* menuju *packing plant*.

4.1.5 Data Karakteristik Kualitas pada Produk *Clinker*

Data yang diperlukan dalam pengolahan ini adalah data karakteristik kualitas *clinker* yang terdiri dari kandungan LSF, HM, SM, dan AM yang diambil di bagian *Quality Control* PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap dapat dilihat pada Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.4 Data Kandungan LSF *Clinker* Bulan Januari 2006

Pengambilan Sample / Tanggal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01.01.06	93.57	94.9	96	97.8	96.75	94.96	94.53	94.24	96.55	93.55	97.08	96.37	97.63	97.87	94.9	95.9	95.84	96.1	95.9	94.8	95.6	97.88	93.6	95.57
02.01.06	96.61	95.5	95.8	95.8	96.13	94.35	95.11	90.22	96.75	92.61	94.17	97.76	97.24	99.07	97.1	93.8	94.94	93.7	94.7	94.6	94.7	93.68	96.8	96.41
03.01.06	93.27	95.5	94.3	94.8	94.6	95.11	95.79	99.12	93.75	95.3	95.1	98.06	96.08	95.06	95.4	96.4	94.58	95.1	94.2	92.8	93.7	93.6	96	95.58
04.01.06	94.45	94.2	96.3	94.1	96.79	98.82	99.05	97.15	95.75	94.78	95.91	94.79	94.6	95.14	97.2	97.3	95.69	98.8	96.9	90.7	95.9	98.86	91.7	92.48
05.01.06	90.46	90.2	91.7	92.3	92.95	93.93	93.69	96.1	94.53	99.77	97.17	94.63	94.67	93.73	94.2	95.4	93.85	96.6	95.1	95.6	94.7	95.48	95.8	95.21
06.01.06	95.39	95.5	97.2	97.5	97.23	96.8	96.46	94.76	96.18	96.05	93.99	92.67	94.03	94.82	93.8	95.4	96	95.5	96.9	94.1	95.1	93.37	94.9	92.78
07.01.06	93.7	95.2	94.9	96.4	97	97.81	95.53	95.05	94.87	94.86	96.55	95.37	96.75	94.99	96.1	94.8	100.34	95.4	95.9	94.6	96.9	99.7	98	93.59
08.01.06	94.87	93.8	96.6	93.1	94.87	92.4	96.55	91.61	96.66	94.8	96.75	96.73	96.11	97.24	98.7	98.6	96.59	95.7	94.7	95.7	95.9	97.13	96.6	96.08
09.01.06	96.66	95.2	94.9	96.1	96.66	95.09	96.75	96.75	96.35	97.76	97.25	95.82	96.45	93.16	96.4	96.7	96.59	95.4	96.6	95.7	94.7	95.92	94.9	93.65
10.01.06	94.8	95.7	94.9	95.1	94.83	94.58	94.46	96.77	94.7	97.14	96.94	96.38	93.74	96.13	97.8	96.1	95.69	94.9	96.6	94.9	96.6	95.69	95.8	95.88
11.01.06	95.76	94.5	94.9	94.5	95.88	93.57	95.76	93.57	97.32	94.53	97.24	95.26	94.7	96.11	95.7	95.9	96.11	97.1	96.8	97.1	96.6	96.49	95.4	93.95
12.01.06	95.41	94.4	96.7	94.2	94.73	95.14	95.41	97.4	96.47	96.01	94.38	96.04	97.32	95.83	93.9	97	97.35	97.4	96.7	95.9	96.8	93.89	95.3	95.5
13.01.06	94.53	99.4	96.3	95.9	96.59	96.36	94.53	95.61	94.87	95.68	94.7	95.83	96.47	98.64	96	95.6	95.69	95	94.6	94.9	94.6	94.41	93.9	92.27
14.01.06	92.25	93.5	94.6	94.5	94.53	97.79	98.51	97.37	96.66	96.34	96.59	96.49	94.87	95.87	100	93.9	96.11	94.5	95.8	97.3	95.8	96.89	94.9	95.5
15.01.06	96.61	96.2	96.9	96.8	94.7	95.08	96.94	96.42	97.98	96.85	95.07	95.45	96.66	95.56	96.6	97.9	96.79	97	94.9	96.4	94.9	94.27	97.1	93.15
16.01.06	96.59	95.6	97.2	98.1	97.32	97.19	97.24	96.4	97.05	98.85	97.52	96.65	97.98	97.43	96.6	96.6	97.59	97.1	96.5	96.1	97.4	94.54	94	93.95
17.01.06	95.06	96.4	94.4	96.3	96.47	96.86	94.38	99.14	96.28	96.97	94.87	95.59	97.05	96.01	95.7	97.7	97.02	96.3	96.4	97.7	97	96.88	95.5	97.74
18.01.06	95.82	97.5	94.7	96.9	94.87	98.81	94.7	94.54	95.26	94.3	96.66	95.42	92.47	97.01	95.4	95.9	95.48	96.1	97	96.1	95.5	96.8	95.8	101.5
19.01.06	96.59	97.1	96.6	97.4	96.66	96.56	96.59	98.43	98	96.83	94.98	94.91	94.2	94.33	95	95.3	97.44	95.4	95.5	94.6	97.4	95.5	94.9	93.27
20.01.06	95.26	95.1	95.1	90	97.98	90.72	95.07	91.04	91.21	97.55	91.27	95.14	93.09	93.43	91.7	93.8	93.37	92	93.2	93.1	94.7	93.68	98.6	97.61
21.01.06	95.62	97.2	96.7	95.9	97.05	97.37	96.59	96.17	94.87	96.75	96.55	96.56	95.84	97.53	94.9	96.1	96.59	96.5	94.9	95.3	96.6	97.84	94.9	97.73
22.01.06	97.08	98.1	96.8	98.1	93.57	99.44	95.26	99.21	96.66	99	96.75	97.59	94.94	97.8	97.1	95.7	94.93	96.4	97.1	96	94.9	97.63	95.8	97.2
23.01.06	96.85	96.3	97.2	97.1	96.97	97.19	96.75	98.26	98.74	99	97.72	97.89	97.06	97.41	97.6	99.4	95.76	100	99.8	98.9	95.8	97.24	95.4	96.1
24.01.06	97.59	99.1	102	93.6	94.47	93.46	93.37	95.12	96.13	95.83	97.07	95.96	98.75	98.07	92.6	91.7	95.41	91.6	96.9	96.1	95.4	93.91	93.4	98.43
25.01.06	98.28	97.2	96.6	96.8	96.75	96.33	94.87	99.51	97.66	97.5	96.57	97.75	96.91	97.39	98.4	97.6	97.3	97.2	96.9	94.5	94	95.83	96.2	96.71
26.01.06	96.75	96.1	96.8	98.1	93.85	98.27	96.66	96.05	97.08	96.08	94.53	96.73	95.69	95.63	95.9	98.9	99.3	98.8	96.7	97.3	96.1	96.41	96.5	95.95
27.01.06	96.18	95.3	96.4	95.1	96.59	95.08	95.26	95.13	94.87	96.23	96.72	97.76	98.86	99.83	95.9	96.8	96.38	96.2	97	95.5	94.9	96.26	96.4	94.71
28.01.06	93.57	95.3	93.6	97	94.53	96.31	97.08	96.71	96.75	98.47	95.76	95.95	93.57	94.45	95.6	94.4	97.02	94.2	95.5	95.3	95.8	92.41	97	93.25
29.01.06	96.43	96.2	94.7	94	93.85	93.96	95.55	97.41	97.81	96.11	95.41	93.79	96.78	93.45	94.7	94.9	95.48	95.6	97.4	95.9	95.4	95.88	95.5	95.69
31.01.06	95.08	96.9	95.9	94.7	96.59	96.55	96.75	95.47	94.53	92.48	94.53	98.08	94.32	94.17	94.4	93.5	96.01	96.4	97	95.9	98.2	95.96	95.4	95.76

Sumber: *QC* PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

Tabel 4.5 Data Kandungan HM *Clinker* Bulan Januari 2006

Pengambilan Sample / Tanggal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01.01.06	2.17	2.14	2.16	2.21	2.13	2.14	2.17	2.13	2.17	2.11	2.02	2.18	2.11	2.22	2.15	2.15	2.14	2.17	2.23	2.13	2.18	2.2	2.15	2.14
02.01.06	2.18	2.17	2.15	2.17	2.16	2.14	2.15	2.03	2.15	2.1	2.13	2.22	2.11	2.25	2.16	2.12	2.23	2.13	2.13	2.14	2.16	2.13	2.16	2.18
03.01.06	2.09	2.17	2.12	2.15	2.14	2.16	2.16	2.22	2.11	2.16	2.16	2.22	2.17	2.14	2.16	2.19	2.14	2.16	2.13	2.11	2.2	2.12	2.16	2.17
04.01.06	2.13	2.14	2.18	2.14	2.17	2.24	2.23	2.18	2.16	2.13	2.15	2.14	2.14	2.15	2.19	2.21	2.16	2.25	2.2	2.06	2.16	2.25	2.07	2.09
05.01.06	2.04	2.04	2.07	2.09	2.1	2.13	2.13	2.17	2.17	2.25	2.19	2.13	2.15	2.12	2.12	2.16	2.22	2.17	2.1	2.16	2.13	2.16	2.21	2.15
06.01.06	2.16	2.17	2.2	2.2	2.2	2.19	2.19	2.15	2.17	2.17	2.11	2.1	2.11	2.14	2.11	2.15	2.18	2.16	2.09	2.12	2.1	2.11	2.19	2.1
07.01.06	2.1	2.15	2.13	2.18	2.19	2.21	2.16	2.15	2.16	2.14	2.18	2.15	2.02	2.15	2.16	2.15	2.11	2.15	2.14	2.13	2.09	2.24	2.22	2.12
08.01.06	2.18	2.13	2.21	2.12	2.21	2.09	2.11	2.07	2.19	2.14	2.16	2.19	2.17	2.2	2.22	2.22	2.14	2.17	2.18	2.17	2.14	2.19	2.16	2.17
09.01.06	2.16	2.14	2.15	2.16	2.15	2.14	2.11	2.2	2.17	2.21	2.19	2.16	2.18	2.1	2.17	2.18	2.19	2.16	2.15	2.15	2.18	2.17	2.19	2.11
10.01.06	2.13	2.15	2.13	2.14	2.14	2.13	2.12	2.19	2.19	2.18	2.14	2.17	2.18	2.17	2.16	2.16	2.17	2.16	2.13	2.15	2.15	2.18	2.17	2.16
11.01.06	2.09	2.17	2.17	2.13	2.18	2.02	2.18	2.02	2.15	2.02	2.21	2.17	2.16	2.16	2.22	2.16	2.13	2.21	2.19	2.16	2.13	2.17	2.17	2.1
12.01.06	2.14	2.13	2.15	2.12	2.16	2.15	2.16	2.19	2.12	2.15	2.13	2.16	2.14	2.15	2.18	2.17	2.17	2.19	2.17	2.15	2.16	2.11	2.14	2.15
13.01.06	2.18	2.24	2.29	2.34	2.18	2.17	2.2	2.15	2.14	2.15	2.16	2.16	2.21	2.21	2.11	2.15	2.15	2.14	2.13	2.14	2.13	2.12	2.1	2.07
14.01.06	2.07	2.1	2.12	2.13	2.12	2.2	2.21	2.2	2.16	2.17	2.22	2.17	2.13	2.17	2.14	2.1	2.16	2.12	2.21	2.19	2.15	2.18	2.18	2.15
15.01.06	2.19	2.16	2.16	2.19	2.14	2.14	2.19	2.17	2.19	2.18	2.18	2.15	2.16	2.14	2.19	2.2	2.18	2.18	2.19	2.17	2.16	2.11	2.16	2.09
16.01.06	2.15	2.16	2.17	2.22	2.21	2.19	2.15	2.18	2.17	2.23	2.11	2.18	2.22	2.2	2.17	2.19	2.19	2.19	2.17	2.17	2.19	2.14	2.2	2.12
17.01.06	2.12	2.17	2.19	2.17	2.13	2.18	2.12	2.23	2.18	2.18	2.11	2.15	2.18	2.16	2.13	2.2	2.16	2.17	2.16	2.21	2.16	2.18	2.19	2.2
18.01.06	2.14	2.2	2.17	2.19	2.16	2.23	2.14	2.12	2.22	2.12	2.11	2.15	2.11	2.18	2.17	2.18	2.14	2.16	2.09	2.16	2.14	2.19	2.17	2.28
19.01.06	2.16	2.19	2.18	2.21	2.22	2.18	2.16	2.22	2.2	2.19	2.13	2.14	2.13	2.13	2.14	2.15	2.12	2.15	2.23	2.13	2.12	2.14	2.17	2.09
20.01.06	2.19	2.13	2.19	2.02	2.18	2.04	2.19	2.05	2.05	2.19	2.06	2.13	2.09	2.12	2.07	2.12	2.1	2.08	2.1	2.11	2.15	2.12	2.23	2.2
21.01.06	2.16	2.2	2.18	2.17	2.11	2.19	2.18	2.18	2.18	2.19	2.17	2.18	2.17	2.21	2.15	2.17	2.16	2.18	2.21	2.15	2.16	2.21	2.16	2.21
22.01.06	2.17	2.22	2.18	2.22	2.17	2.25	2.17	2.24	2.16	2.24	2.17	2.2	2.17	2.21	2.16	2.16	2.2	2.18	2.19	2.19	2.2	2.21	2.14	2.21
23.01.06	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.2	2.18	2.23	2.23	2.24	2.21	2.21	2.19	2.21	2.21	2.25	2.19	2.26	2.26	2.24	2.19	2.2	2.12	2.18
24.01.06	2.2	2.24	2.29	2.12	2.14	2.12	2.11	2.15	2.17	2.17	2.19	2.18	2.23	2.22	2.08	2.07	2.15	2.07	2.17	2.17	2.15	2.11	2.11	2.23
25.01.06	2.22	2.2	2.17	2.2	2.18	2.18	2.17	2.25	2.21	2.21	2.18	2.2	2.18	2.21	2.22	2.2	2.21	2.19	2.19	2.13	2.12	2.16	2.18	2.18
26.01.06	2.17	2.16	2.15	2.2	2.16	2.21	2.15	2.18	2.17	2.18	2.18	2.19	2.17	2.16	2.23	2.24	2.24	2.24	2.19	2.2	2.18	2.18	2.18	2.17
27.01.06	2.17	2.15	2.18	2.15	2.22	2.15	2.15	2.15	2.14	2.18	2.19	2.21	2.23	2.25	2.2	2.18	2.16	2.18	2.16	2.15	2.19	2.17	2.16	2.15
28.01.06	2.22	2.17	2.17	2.2	2.17	2.18	2.22	2.18	2.18	2.23	2.09	2.17	2.17	2.13	2.15	2.12	2.14	2.12	2.09	2.14	2.17	2.07	2.2	2.1
29.01.06	2.16	2.16	2.13	2.11	2.11	2.12	2.15	2.19	2.2	2.17	2.14	2.12	2.15	2.11	2.16	2.15	2.12	2.16	2.23	2.23	2.17	2.16	2.19	2.16
31.01.06	2.2	2.06	2.17	2.06	2.23	2.19	2.17	2.14	2.18	2.11	2.18	2.21	2.12	2.13	2.13	2.11	2.17	2.18	2.19	2.18	2.22	2.17	2.16	2.16

Sumber: *QC* PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

Tabel 4.6 Data Kandungan SM *Clinker* Bulan Januari 2006

Pengambilan Sample / Tanggal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01.01.06	2.45	2.35	2.34	2.36	2.37	2.34	2.26	2.38	2.39	2.37	2.35	2.4	2.34	2.39	2.37	2.27	2.33	2.34	2.45	2.28	2.34	2.3	2.34	2.28
02.01.06	2.38	2.43	2.29	2.43	2.28	2.4	2.38	2.34	2.37	2.42	2.36	2.41	2.32	2.41	2.25	2.38	2.41	2.44	2.35	2.43	2.36	2.46	2.36	2.39
03.01.06	2.25	2.42	2.32	2.4	2.4	2.43	2.36	2.23	2.35	2.4	2.41	2.39	2.37	2.35	2.39	2.44	2.38	2.42	2.36	2.47	2.43	2.4	2.33	2.44
04.01.06	2.34	2.44	2.38	2.47	2.27	2.39	2.3	2.27	2.37	2.32	2.29	2.36	2.38	2.38	2.32	2.45	2.37	2.46	2.42	2.43	2.45	2.47	2.4	2.38
05.01.06	2.32	2.35	2.35	2.41	2.38	2.43	2.43	2.39	2.37	2.34	2.33	2.34	2.48	2.38	2.32	2.43	2.32	2.33	2.35	2.39	2.33	2.37	2.37	2.38
06.01.06	2.4	2.44	2.42	2.37	2.38	2.38	2.47	2.46	2.37	2.39	2.3	2.42	2.28	2.39	2.35	2.37	2.31	2.38	2.38	2.32	2.35	2.4	2.25	2.37
07.01.06	2.3	2.39	2.31	2.41	2.38	2.36	2.38	2.41	2.35	2.37	2.37	2.38	2.37	2.41	2.3	2.4	2.35	2.37	2.29	2.35	2.38	2.26	2.39	2.39
08.01.06	2.39	2.43	2.35	2.47	2.39	2.4	2.39	2.39	2.42	2.37	2.25	2.43	2.25	2.39	2.31	2.35	2.33	2.42	2.33	2.42	2.29	2.36	2.33	2.36
09.01.06	2.32	2.32	2.42	2.34	2.32	2.32	2.32	2.44	2.34	2.38	2.34	2.37	2.38	2.37	2.34	2.37	2.34	2.39	2.35	2.32	2.33	2.4	2.32	2.36
10.01.06	2.38	2.33	2.32	2.34	2.38	2.32	2.38	2.38	2.45	2.31	2.34	2.34	2.3	2.39	2.37	2.33	2.35	2.28	2.37	2.28	2.35	2.3	2.3	2.4
11.01.06	2.26	2.26	2.34	2.45	2.26	2.26	2.26	2.37	2.34	2.37	2.36	2.26	2.32	2.33	2.32	2.41	2.34	2.41	2.28	2.23	2.37	2.34	2.4	2.25
12.01.06	2.31	2.36	2.32	2.36	2.31	2.41	2.31	2.3	2.36	2.28	2.45	2.31	2.32	2.31	2.31	2.26	2.36	2.33	2.31	2.29	2.35	2.27	2.29	2.31
13.01.06	2.36	2.24	2.29	2.34	2.36	2.35	2.36	2.29	2.45	2.33	2.35	2.36	2.4	2.27	2.35	2.33	2.3	2.34	2.35	2.31	2.3	2.28	2.24	2.28
14.01.06	2.26	2.28	2.26	2.33	2.26	2.33	2.3	2.34	2.35	2.32	2.37	2.29	2.41	2.39	2.33	2.26	2.45	2.32	2.37	2.33	2.34	2.34	2.34	2.35
15.01.06	2.34	2.29	2.3	2.42	2.39	2.35	2.3	2.32	2.37	2.36	2.26	2.33	2.28	2.28	2.34	2.32	2.32	2.3	2.25	2.33	2.36	2.26	2.36	2.3
16.01.06	2.36	2.35	2.32	2.38	2.32	2.36	2.32	2.38	2.45	2.36	2.37	2.37	2.23	2.35	2.35	2.43	2.26	2.38	2.34	2.38	2.3	2.39	2.32	2.34
17.01.06	2.45	2.32	2.32	2.36	2.38	2.34	2.32	2.3	2.37	2.28	2.34	2.32	2.37	2.33	2.34	2.32	2.41	2.35	2.34	2.38	2.41	2.35	2.41	2.35
18.01.06	2.35	2.37	2.4	2.39	2.26	2.35	2.4	2.31	2.26	2.33	2.32	2.31	2.45	2.33	2.36	2.45	2.28	2.45	2.36	2.28	2.28	2.37	2.28	2.3
19.01.06	2.37	2.37	2.41	2.41	2.31	2.39	2.41	2.38	2.29	2.39	2.28	2.37	2.38	2.39	2.36	2.36	2.23	2.33	2.45	2.29	2.23	2.27	2.23	2.28
20.01.06	2.45	2.25	2.28	2.28	2.36	2.32	2.28	2.34	2.26	2.26	2.33	2.23	2.29	2.42	2.36	2.37	2.33	2.34	2.35	2.4	2.41	2.41	2.36	2.31
21.01.06	2.38	2.39	2.23	2.37	2.34	2.31	2.23	2.38	2.37	2.4	2.35	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.33	2.35	2.34	2.38	2.33	2.38	2.37	2.35
22.01.06	2.26	2.36	2.37	2.39	2.32	2.37	2.37	2.37	2.25	2.39	2.42	2.32	2.25	2.37	2.25	2.33	2.32	2.37	2.36	2.45	2.32	2.39	2.25	2.43
23.01.06	2.36	2.42	2.33	2.35	2.38	2.38	2.3	2.39	2.33	2.39	2.35	2.32	2.32	2.38	2.38	2.35	2.3	2.36	2.39	2.37	2.3	2.35	2.3	2.42
24.01.06	2.35	2.39	2.33	2.42	2.42	2.39	2.39	2.37	2.33	2.37	2.36	2.39	2.34	2.39	2.31	2.36	2.4	2.35	2.26	2.38	2.4	2.3	2.34	2.37
25.01.06	2.35	2.4	2.34	2.42	2.37	2.37	2.39	2.37	2.41	2.36	2.38	2.34	2.32	2.4	2.31	2.36	2.45	2.33	2.39	2.35	2.33	2.35	2.38	2.3
26.01.06	2.35	2.31	2.36	2.27	2.25	2.32	2.37	2.39	2.26	2.41	2.39	2.4	2.26	2.38	2.45	2.37	2.36	2.39	2.37	2.41	2.4	2.4	2.38	2.36
27.01.06	2.35	2.36	2.45	2.37	2.31	2.37	2.37	2.4	2.37	2.38	2.32	2.35	2.36	2.35	2.63	2.32	2.41	2.4	2.37	2.33	2.34	2.36	2.37	2.44
28.01.06	2.33	2.45	2.26	2.41	2.35	2.4	2.26	2.36	2.37	2.36	2.38	2.36	2.35	2.37	2.45	2.28	2.28	2.3	2.25	2.3	2.36	2.28	2.25	2.29
29.01.06	2.26	2.26	2.3	2.29	2.31	2.34	2.3	2.31	2.28	2.33	2.26	2.35	2.42	2.35	2.3	2.38	2.23	2.38	2.3	2.3	2.45	2.3	2.3	2.4
31.01.06	2.31	2.3	2.22	2.4	2.31	2.38	2.3	2.37	2.32	2.46	2.31	2.31	2.29	2.4	2.39	2.39	2.35	2.39	2.38	2.43	2.36	2.4	2.4	2.37

Sumber: *QC* PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

Tabel 4.7 Data Kandungan AM *Clinker* Bulan Januari 2006

Pengambilan Sample / Tanggal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01.01.06	1.63	1.5	1.59	1.64	1.62	1.6	1.64	1.6	1.58	1.63	1.49	1.67	1.7	1.69	1.66	1.67	1.57	1.64	1.56	1.6	1.45	1.61	1.65	1.59
02.01.06	1.58	1.62	1.6	1.63	1.59	1.6	1.59	1.6	1.69	1.6	1.59	1.71	1.62	1.71	1.65	1.6	1.56	1.59	1.59	1.6	1.57	1.59	1.6	1.63
03.01.06	1.58	1.66	1.56	1.58	1.6	1.61	1.58	1.65	1.6	1.61	1.62	1.64	1.6	1.63	1.64	1.56	1.65	1.66	1.63	1.61	1.62	1.62	1.6	1.65
04.01.06	1.57	1.61	1.59	1.59	1.51	1.64	1.66	1.64	1.64	1.6	1.59	1.59	1.6	1.61	1.66	1.64	1.65	1.63	1.59	1.64	1.72	1.63	1.58	1.57
05.01.06	1.58	1.61	1.61	1.65	1.63	1.67	1.61	1.63	1.49	1.62	1.59	1.56	1.61	1.55	1.55	1.6	1.67	1.58	1.65	1.62	1.56	1.6	1.72	1.6
06.01.06	1.57	1.62	1.58	1.63	1.63	1.57	1.59	1.59	1.59	1.58	1.53	1.55	1.58	1.56	1.52	1.58	1.52	1.62	1.67	1.55	1.59	1.57	1.55	1.59
07.01.06	1.56	1.6	1.59	1.62	1.58	1.65	1.56	1.55	1.58	1.56	1.58	1.58	1.59	1.57	1.55	1.58	1.58	1.57	1.52	1.58	1.59	1.63	1.6	1.58
08.01.06	1.62	1.58	1.59	1.54	1.62	1.53	1.53	1.56	1.69	1.48	1.69	1.54	1.56	1.53	1.54	1.59	1.56	1.5	1.58	1.57	1.58	1.59	1.58	1.56
09.01.06	1.58	1.58	1.56	1.52	1.58	1.56	1.52	1.62	1.59	1.63	1.6	1.58	1.57	1.55	1.62	1.55	1.59	1.56	1.56	1.52	1.62	1.56	1.53	1.52
10.01.06	1.53	1.56	1.57	1.53	1.53	1.53	1.54	1.56	1.63	1.57	1.63	1.52	1.63	1.55	1.65	1.59	1.61	1.66	1.59	1.45	1.56	1.72	1.52	1.55
11.01.06	1.53	1.63	1.62	1.49	1.53	1.62	1.6	1.49	1.58	1.64	1.61	1.64	1.61	1.55	1.67	1.72	1.57	1.65	1.61	1.57	1.55	1.57	1.6	1.61
12.01.06	1.66	1.55	1.58	1.57	1.66	1.61	1.63	1.55	1.53	1.58	1.59	1.61	1.59	1.59	1.52	1.62	1.63	1.61	1.57	1.58	1.58	1.58	1.61	1.63
13.01.06	1.58	1.55	1.59	1.56	1.58	1.56	1.61	1.59	1.52	1.53	1.49	1.61	1.49	1.62	1.58	1.57	1.59	1.56	1.63	1.6	1.59	1.61	1.62	1.65
14.01.06	1.58	1.61	1.57	1.57	1.57	1.62	1.62	1.61	1.6	1.59	1.64	1.59	1.64	1.61	1.56	1.56	1.62	1.56	1.62	1.57	1.65	1.56	1.65	1.56
15.01.06	1.63	1.54	1.63	1.54	1.63	1.56	1.63	1.56	1.52	1.57	1.59	1.54	1.59	1.55	1.59	1.58	1.53	1.44	1.55	1.45	1.6	1.51	1.6	1.54
16.01.06	1.61	1.52	1.61	1.58	1.58	1.51	1.61	1.52	1.59	1.57	1.6	1.55	1.53	1.57	1.61	1.59	1.59	1.62	1.54	1.57	1.61	1.6	1.55	1.59
17.01.06	1.59	1.6	1.59	1.61	1.53	1.6	1.59	1.7	1.59	1.6	1.53	1.55	1.66	1.57	1.57	1.59	1.65	1.58	1.65	1.56	1.65	1.52	1.65	1.56
18.01.06	1.49	1.56	1.49	1.55	1.52	1.57	1.49	1.52	1.64	1.56	1.52	1.61	1.58	1.62	1.63	1.55	1.53	1.55	1.53	1.62	1.67	1.59	1.53	1.68
19.01.06	1.64	1.53	1.64	1.59	1.6	1.55	1.64	1.57	1.52	1.56	1.52	1.5	1.51	1.57	1.56	1.57	1.66	1.56	1.66	1.59	1.52	1.59	1.66	1.65
20.01.06	1.59	1.6	1.59	1.65	1.52	1.68	1.59	1.67	1.65	1.75	1.68	1.74	1.63	1.66	1.68	1.64	1.65	1.65	1.68	1.75	1.58	1.75	1.8	1.75
21.01.06	1.71	1.75	1.74	1.71	1.59	1.77	1.73	1.72	1.53	1.71	1.58	1.69	1.53	1.74	1.66	1.69	1.58	1.67	1.65	1.68	1.56	1.71	1.62	1.71
22.01.06	1.63	1.72	1.71	1.74	1.59	1.78	1.62	1.75	1.52	1.75	1.69	1.83	1.66	1.76	1.65	1.71	1.53	1.7	1.6	1.75	1.59	1.75	1.57	1.69
23.01.06	1.66	1.7	1.69	1.7	1.69	1.7	1.68	1.75	1.73	1.78	1.73	1.77	1.58	1.78	1.77	1.84	1.52	1.83	1.83	1.78	1.61	1.75	1.56	1.68
24.01.06	1.7	1.73	1.81	1.68	1.66	1.67	1.68	1.69	1.74	1.75	1.71	1.83	1.73	1.7	1.65	1.69	1.6	1.7	1.79	1.7	1.57	1.74	1.71	1.7
25.01.06	1.7	1.74	1.59	1.75	1.59	1.7	1.62	1.81	1.73	1.79	1.69	1.68	1.73	1.75	1.73	1.67	1.68	1.63	1.63	1.63	1.63	1.7	1.72	1.69
26.01.06	1.62	1.67	1.56	1.65	1.56	1.71	1.58	1.74	1.49	1.7	1.62	1.72	1.49	1.74	1.55	1.72	1.78	1.74	1.71	1.65	1.69	1.69	1.71	1.72
27.01.06	1.68	1.7	1.66	1.65	1.61	1.68	1.69	1.68	1.69	1.67	1.64	1.67	1.71	1.68	1.7	1.6	1.65	1.65	1.65	1.66	1.55	1.63	1.65	1.66
28.01.06	1.49	1.69	1.62	1.72	1.49	1.68	1.62	1.67	1.64	1.69	1.6	1.7	1.59	1.67	1.65	1.64	1.53	1.62	1.53	1.65	1.57	1.63	1.53	1.65
29.01.06	1.68	1.68	1.63	1.61	1.61	1.6	1.61	1.7	1.7	1.64	1.63	1.59	1.56	1.62	1.6	1.63	1.66	1.64	1.66	1.62	1.56	1.62	1.66	1.55
31.01.06	1.63	1.58	1.53	1.52	1.6	1.52	1.59	1.59	1.7	1.79	1.61	1.66	1.6	1.64	1.62	1.62	1.6	1.68	1.61	1.63	1.58	1.58	1.55	1.64

Sumber: *QC* PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

4.1.6 Data Karakteristik Kualitas pada Produk Semen

Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 menunjukan data karakteristik kualitas semen yang terdiri dari kandungan *Blaine* dan LOI.

Tabel 4.8 Data Tingkat Kehalusan Semen (*Blaine*) Bulan Januari 2006

Sampel / Subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4090	3990	4080	4050	4010	4106	3985	4005	3999	4001	3970	4038
2	4010	4030	4010	4040	4030	4030	4090	3970	4000	3990	3950	4090
3	3940	3970	3920	3950	3994	3942	4040	4010	3914	3900	4040	4030
4	3980	3990	3970	3924	3982	3946	3980	3970	3940	3950	4050	3980
5	3960	3970	3960	4011	3990	4038	4091	4080	3970	4010	4020	4070
6	4030	4050	3980	3980	3930	3940	3940	4030	4050	4010	4020	4040
7	4000	4030	3920	3990	3910	3970	3920	4010	4070	4050	4020	4030
8	4090	4010	4030	4010	4014	4030	4030	4010	4110	4010	4010	4090
9	4010	3980	3970	3940	3920	3910	4040	3990	3980	4050	4000	3958
10	3954	3936	3998	3950	3910	4030	4060	4050	4060	4000	4040	3950
11	3970	3980	3970	4050	4060	4010	4070	3950	4096	4050	4030	4050
12	4040	3960	4060	4000	3950	3950	3930	4060	4070	4060	3930	4090
13	4030	4020	3930	3958	3977	4009	4001	3960	3990	4010	3940	4040
14	3999	4000	3922	3996	3980	3960	4050	4030	4010	3980	3936	3980
15	3980	3950	3930	3930	3960	3990	4000	3970	3920	4010	3940	3980
16	4020	4060	4010	4020	4020	4000	3930	3950	4080	4030	4000	4090
17	3926	4078	3980	3920	3980	4040	4020	4006	4030	3942	3916	4038
18	4031	3940	3982	3980	3930	3980	4010	4030	4080	4030	3980	4060

Tabel 4.8 (Lanjutan)

Subgroup \ Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	4022	3958	3982	3990	4030	3970	3998	3980	4060	3930	3992	3930
20	3990	4040	4050	4020	4020	4020	4010	4000	4040	4030	3930	3980
21	3970	3990	4040	4100	4110	4100	3990	4060	3980	3977	3980	3960
22	4030	4020	4060	3950	3970	3980	3970	3980	3950	3970	4000	4030
23	4020	3980	3980	3920	4030	3980	3998	3980	4060	3930	4010	3940
24	3977	3970	3990	3958	4030	4040	3966	3970	3970	4030	4010	4050
25	4070	3960	3930	3982	3972	3975	3982	3950	3950	4040	4030	3960
26	3970	4020	4050	4020	3960	3940	3980	3940	3950	4050	4000	4100
27	3960	4100	4060	3990	3970	3980	3980	4020	4100	4030	4040	4096

Sumber: *QC* PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

Tabel 4.9 Data LOI Semen Bulan Januari 2006

Subgroup \ Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6.39	6.48	6.52	6.38	6.38	6.39	6.48	6.39	6.44	6.43	6.38	6.46
2	6.37	6.48	6.37	6.42	6.4	6.48	6.44	6.47	6.42	6.37	6.43	6.47
3	6.4	6.49	6.44	6.48	6.49	6.4	6.37	6.42	6.36	6.48	6.47	6.37
4	6.46	6.43	6.41	6.42	6.48	6.46	6.44	6.46	6.38	6.43	6.41	6.39
5	6.47	6.48	6.39	6.39	6.4	6.37	6.48	6.37	6.42	6.4	6.48	6.44
6	6.47	6.42	6.46	6.43	6.41	6.42	6.48	6.46	6.44	6.36	6.38	6.4
7	6.46	6.46	6.47	6.38	6.42	6.44	6.35	6.4	6.39	6.44	6.48	6.39

Tabel 4.9 (Lanjutan)

Subgroup \ Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	6.47	6.48	6.42	6.37	6.36	6.44	6.46	6.44	6.48	6.39	6.4	6.49
9	6.48	6.49	6.4	6.37	6.42	6.36	6.48	6.47	6.37	6.46	6.38	6.47
10	6.49	6.44	6.47	6.38	6.43	6.4	6.43	6.47	6.45	6.39	6.43	6.39
11	6.44	6.49	6.41	6.37	6.36	6.42	6.46	6.44	6.47	6.44	6.48	6.41
12	6.37	6.49	6.48	6.42	6.35	6.46	6.37	6.47	6.35	6.35	6.47	6.38
13	6.45	6.43	6.44	6.49	6.41	6.47	6.36	6.42	6.46	6.44	6.37	6.44
14	6.47	6.42	6.37	6.39	6.47	6.38	6.42	6.44	6.39	6.47	6.47	6.48
15	6.41	6.43	6.47	6.48	6.39	6.39	6.4	6.37	6.48	6.37	6.42	6.4
16	6.47	6.38	6.43	6.4	6.43	6.47	6.45	6.49	6.43	6.39	6.47	6.44
17	6.4	6.49	6.41	6.4	6.38	6.49	6.48	6.42	6.35	6.46	6.37	6.47
18	6.38	6.42	6.44	6.35	6.4	6.49	6.44	6.48	6.49	6.4	6.37	6.42
19	6.46	6.44	6.47	6.44	6.38	6.39	6.46	6.37	6.43	6.4	6.37	6.37
20	6.44	6.44	6.42	6.4	6.46	6.44	6.32	6.42	6.47	6.42	6.46	6.43
21	6.42	6.48	6.4	6.48	6.42	6.37	6.38	6.47	6.38	6.43	6.41	6.48
22	6.49	6.46	6.47	6.42	6.47	6.39	6.44	6.47	6.38	6.36	6.39	6.47
23	6.47	6.38	6.43	6.4	6.43	6.47	6.45	6.49	6.43	6.39	6.4	6.44
24	6.42	6.4	6.48	6.44	6.47	6.42	6.37	6.43	6.47	6.35	6.42	6.41
25	6.48	6.42	6.35	6.46	6.37	6.47	6.35	6.35	6.47	6.48	6.41	6.42
26	6.5	6.38	6.38	6.39	6.48	6.49	6.49	6.41	6.4	6.36	6.49	6.38
27	6.48	6.47	6.35	6.47	6.42	6.37	6.47	6.42	6.46	6.43	6.41	6.42
28	6.48	6.47	6.48	6.42	6.47	6.36	6.38	6.35	6.4	6.46	6.4	6.43

Sumber: *QC* PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

4.1.7 Data Kapasitas Produksi *Clinker* dan Semen Oktober 2005 – Juni 2006

Data kapasitas produksi *clinker* dan semen bulan Oktober 2005 – Juni 2006 dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

Tabel 4.10 Data Kapasitas Produksi *Clinker*

Bulan	Total Produksi *Clinker* (Ton)
Oktober 2005	157.718,2
November 2005	74.824,14
Desember 2005	113.540,1
Januari 2006	96.771,8
Febuari 2006	76.029,09
Maret 2006	106.323,8
April 2006	78.865,1
Mei 2006	99.040,09
Juni 2006	114.750

Sumber: Dep. Produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Cilacap

Tabel 4.11 Data Kapasitas Produksi Semen

Bulan	Produksi *Finish Mill* 1 (Ton)	Produksi *Finish Mill* 2 (Ton)	Total Produksi Semen (Ton)
Oktober 2005	111.418,97	85.728,72	197.147,69
November 2005	53.193,82	40.336,36	93.530,18
Desember 2005	89.021,56	52.903,50	141.925,07
Januari 2006	70.462,23	50.502,52	120.964,75
Febuari 2006	29.852,28	65.184,07	95.036,36
Maret 2006	62.941,94	69.962,78	132.904,72
April 2006	51.842,25	46.739,13	98.581,38
Mei 2006	52.639,02	71.161,09	123.800,11
Juni 2006	74.373,08	69.064,44	143.437,52

Sumber: Dep. Produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Cilacap

4.1.8 Data *Cost Center* pada Bagian *Quality Control*

Tabel 4.12 Element *Cost Center* Bulan Oktober 2005 – Juni 2006

	Cost Element	Oktober '05	November '05	Desember '05
*	*Diesel/ Gasoline*	786.605	792.178	809.694
*	*Electrical Energi Variabel*			
*	*Production and Variabel*	4.297.849	4.328.299	4.424.001
*	*Labor Expenses Maint Sub*			
**	***Variabel Cash Cost***	**5.084.454**	**5.120.478**	**5.233.694**
*	*Electrical Energy Fixed*			
*	*Labor Expenses Own*	195.569.104	196.954.715	201.309.493
*	*Labor Expenses SubContract*			
*	*Labor Expenses Maintenece Own*	171.742	172.959	176.783
*	*Other Personal Expenses*	35.902.610	36.156.981	36.956.432
*	*Third Party Services*	1.711.130	1.723.254	1.761.356
*	*Third Party Services Maintenece*	64.879.075	65.338.745	66.783.420
*	*Maintance Material*	1.896.631	1.910.068	1.952.301
*	*Other Cost Center Expenses*	31.390.232	31.612.633	32.311.605
**	***Fixed Cash Cost***	**331.520.525**	**333.869.354**	**341.251.390**
**	***Debit***	**336.604.979**	**338.989.832**	**346.485.084**
**	***Over/ Underabsorption***	**336.604.979**	**338.989.832**	**346.485.084**

Tabel 4.12 (Lanjutan)

	Cost Element	Januari '06	Febuari '06	Maret '06	April '06	Mei '06	Juni '06
*	*Diesel/ Gasoline*	268.033	277.207	257.140	293.833	321.067	302.720
*	*Electrical Energi Variabel*						
*	*Production and Variabel*	6.282.323	6.497.333	6.026.999	6.887.039	7.525.350	7.095.330
**	***Variabel Cash Cost***	**6.550.357**	**6.774.540**	**6.284.139**	**7.180.872**	**7.846.416**	**7.398.050**
*	*Labor Expenses Own*	256.052.726	264.816.028	245.646.305	280.699.512	306.715.565	289.188.961
*	*Labor Expenses SubContract*						
*	*Labor Expenses Maintenece Own*	114.733	118.659	110.070	125.777	137.434	129.581
*	*Other Personal Expenses*	51.697.987	53.467.330	49.596.892	56.674.264	61.927.001	58.388.315
*	*Third Party Services*	28.142.869	29.106.047	26.999.094	30.851.808	33.711.244	31.784.887
*	*Third Party Services Maintenece*	(210.756)	(217.969)	(202.190)	(231.043)	(252.456)	(238.030)
*	*Maintance Material*	4.333.672	4.481.990	4.157.544	4.750.817	5.191.136	4.894.500
*	*Other Cost Center Expenses*	36.004.311	37.236.544	34.541.034	39.469.967	43.128.159	40.663.692
**	***Fixed Cash Cost***	**376.135.541**	**389.008.629**	**360.848.749**	**412.341.102**	**450.558.082**	**424.811.906**
**	***Debit***	**382.685.898**	**395.783.169**	**367.132.888**	**419.521.974**	**458.404.498**	**432.209.955**
**	***Over/ Underabsorption***	**382.685.898**	**395.783.169**	**367.132.888**	**419.521.974**	**458.404.498**	**432.209.955**

Sumber : Dep. Keuangan PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

4.1.9 Data Biaya Perbaikan *Clinker*

Biaya yang diperlukan untuk biaya perbaikan *clinker* yang diluar standar dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Data Biaya Perbaikan *Clinker*

Bulan	Biaya Perbaikan (Rp)
Oktober 2005	37.932,61
November 2005	19.100,68
Desember 2005	19.523,01
Januari 2006	43.336,72
Februari 2006	44.819,90
Maret 2006	41.575,44
April 2006	47.508,17
Mei 2006	51.911,36
Juni 2006	48.945,00

Sumber: Dep. Keuangan PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

4.1.10 Data Biaya *Electrical* Variabel

Biaya yang diperlukan untuk biaya pengemixkan antara semen yang sesuai standar dengan diluar standar dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Biaya *electrical* untuk pengemixkan semen sebesar Rp. 5.200/ton semen.

Tabel 4.14 Data Biaya *Electrical* Mesin Produksi Semen

Mesin	Biaya *Electrical* Energi Variabel (per ton Semen (Rp))
Raw Meal	6.138
Rotary Kiln	4.000
Great Cooler	5.100
Pregrinding	6.600
Finish Mill	6.200

Sumber: Dep. Keuangan PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap

4. 2 Pengolahan Data

Tahap-tahap pengolahan data adalah sebagai berikut:

4.2.1 Perhitungan *Baseline* Kinerja

Pengukuran *baseline* kinerja dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output akhir dari proses itu dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan. Hasil pengukuran dapat berupa data variabel dan data atribut, dalam penelitian ini menggunakan data variabel, yang ditentukan kinerjanya dengan menggunakan suatu pengukuran DPMO dan tingkat *sigma*. Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. **Contoh Perhitungan DPMO dan Tingkat *Sigma* untuk Kandungan LSF pada Produk *Clinker* Bulan Januari 2006**

   a. Perhitungan rata-rata proses ($\overline{\overline{X}}$)

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum \overline{X}}{\sum subgroup}$$

$$= \frac{2875,418}{30}$$

= 95,84726 (Tabel 4.15 kandungan LSF *clinker* Januari 2006)

   b. Perhitungan standar deviasi proses ($\overline{S}$)

$$\overline{S} = \frac{R_{-bar}}{d_2}$$

$$= \frac{6,002333}{3,895} \text{ (untuk ukuran sampel = 24, didapat nilai } d_2 = 3,895)$$

= 1,541035 (Tabel 4.15 kandungan LSF *clinker* Januari 2006)

c. Perhitungan DPMO pada subgroup ke 1

DPMO= $P\{Z \geq (USL - \overline{X})/S\}x10^6 + P\{Z \leq (LSL - \overline{X})/S\}x10^6$

$=P\{Z \geq (98-95{,}74)/1{,}11168\}x10^6 + P\{Z \leq (96-95{,}74)/1{,}11168\}x10^6$

$= P(Z \geq 2{,}032956)\ x10^6 + P(Z \leq 0{,}23388)\ x10^6$

$= (1-0{,}978972)\ x10^6 + (0{,}592461)\ x10^6$

= 21.028,4 + 592.460,9

= 613.489,4 (Tabel 4.15 kandungan LSF *clinker* Januari 2006)

d. Perhitungan DPMO untuk kandungan LSF

DPMO= $P\{Z \geq (USL - \overline{\overline{X}})/\overline{S}\}x10^6 + P\{Z \leq (LSL - \overline{\overline{X}})/\overline{S}\}x10^6$

$=P\{Z \geq (98-95{,}84726)/1{,}541\}x10^6 + P\{Z \leq (96-95{,}84726)/1{,}541\}x\ 10^6$

$= P(Z \geq 1{,}39694)x10^6 + P(Z \leq 0{,}099113)x10^6$

$= (1-0{,}918784)\ x10^6 + (0{,}5394756)\ x10^6$

= 81.215,61 + 539.475,6

= 620.691,2 (Tabel 4.15 kandungan LSF *clinker* Januari 2006)

e. Perhitungan nilai *sigma* pada subgroup ke 1 adalah

Nilai *sigma* = Normsinv ((1.000.000 – DPMO)/1.000.000) + 1,5

= Normsinv ((1.000.000 – 613.489,4)/1.000.000) + 1,5

= 1,211

f. Hasil Perhitungan DPMO dan nilai *sigma* pada subgroup ke 2–30 terdapat pada Tabel 4.15.

g. Perhitungan nilai *sigma* pada proses kandungan LSF

Nilai *sigma* = Normsinv ((1.000.000 – DPMO)/1.000.000) + 1,5

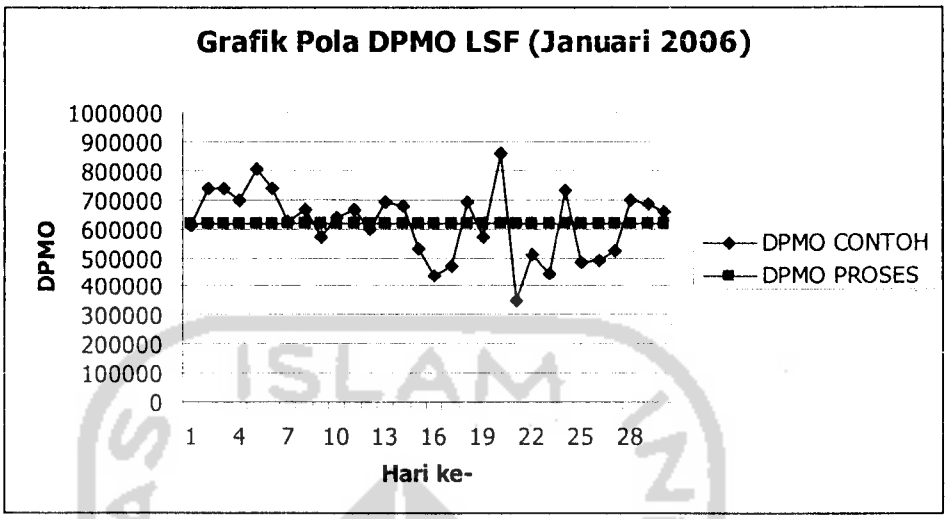
= Normsinv ((1.000.000 – 620.691,2)/1.000.000) + 1,5

= 1,192 (Tabel 4.15 kandungan LSF *clinker* Januari 2006)

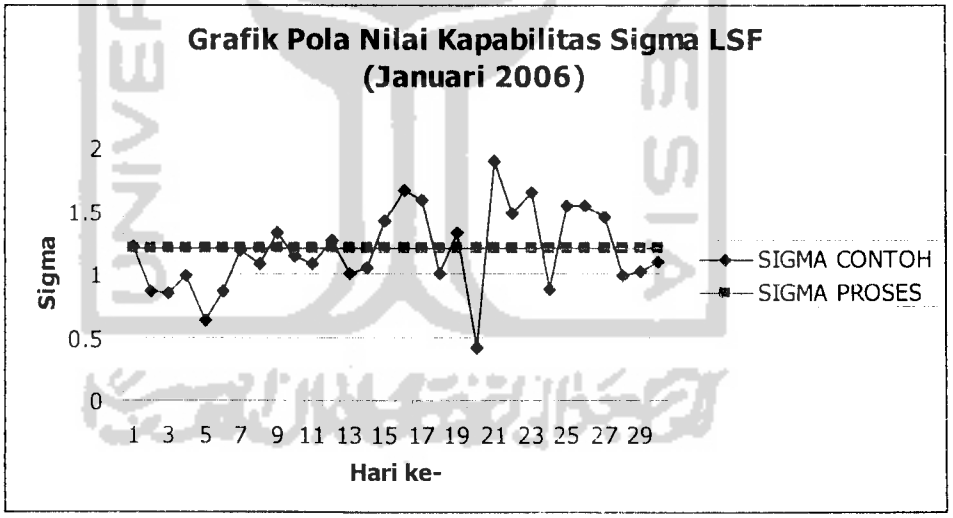
h. Hasil nilai *sigma* dapat menggunakan tabel konversi DPMO ke nilai *sigma*

Tabel 4.15 Kandungan LSF *Clinker* Januari 2006

Tanggal	subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	rata-rata	Jumlah	Range (R)	S=R/d2	DPMO	Sigma Level
01.01.06	1	93.57	94.88	96	97.81	96.75	94.96	94.53	94.24	96.55	93.55	97.08	96.37	97.63	97.87	94.89	95.87	95.84	96.06	95.88	94.81	95.6	97.88	93.57	95.57	95.74	2297.8	4.33	1.11168164	613489	1.21
02.01.06	2	96.61	95.49	95.8	95.82	96.13	94.35	95.11	90.22	96.75	92.61	94.17	97.76	97.24	99.07	97.09	93.84	94.94	93.7	94.65	94.55	94.71	93.68	96.78	96.41	95.31166667	2287.5	8.85	2.27214377	737405	0.86
03.01.06	3	93.27	95.54	94.33	94.81	94.6	95.11	95.79	99.12	93.75	95.3	95.1	98.06	96.08	95.06	95.42	96.41	94.58	95.07	94.2	92.84	93.69	93.6	95.99	95.58	95.1375	2283.3	6.28	1.61232349	741572	0.85
04.01.06	4	94.45	94.15	96.29	94.11	96.79	98.82	99.05	97.15	95.75	94.78	95.91	94.79	94.6	95.14	97.21	97.26	95.69	98.81	96.91	90.67	95.88	98.86	91.68	92.48	95.71791667	2297.2	8.38	2.15147625	596568	0.99
05.01.06	5	90.46	90.24	91.66	92.28	92.95	93.93	93.69	96.1	94.53	99.77	97.17	94.63	94.67	93.73	94.15	95.39	93.85	96.56	95.08	95.62	94.67	95.48	95.84	95.21	94.48583333	2267.7	9.53	2.44672657	807456	0.63
06.01.06	6	95.39	95.5	97.15	97.46	97.24	96.8	96.46	94.76	96.18	96.05	93.99	92.67	94.03	94.82	93.84	95.39	96	95.49	96.89	94.13	95.08	93.37	94.94	92.78	95.26666667	2286.4	4.79	1.22978177	737637	0.86
07.01.06	7	93.7	95.2	94.88	96.38	97	97.81	95.53	95.05	94.87	94.86	96.55	95.37	96.75	94.99	96.11	94.82	100.3	95.38	95.88	94.58	96.89	99.7	98.01	93.59	96.01	2304.2	6.75	1.73299101	623120	1.19
08.01.06	8	94.87	93.79	96.59	93.12	94.87	92.4	96.55	91.61	96.66	94.8	96.75	96.73	96.11	97.24	98.7	98.6	96.59	95.74	94.73	95.69	95.88	97.13	96.59	96.08	95.7425	2297.8	7.09	1.82028241	663700	1.08
09.01.06	9	96.66	95.21	94.93	96.08	96.66	95.09	96.75	96.75	96.35	97.76	97.25	95.82	96.45	93.16	96.35	96.73	96.59	95.44	96.59	95.66	94.73	95.92	94.93	93.65	95.89625	2301.5	4.6	1.18100128	572431	1.32
10.01.06	10	94.8	95.72	94.89	95.1	94.83	94.58	94.46	96.77	94.7	97.14	96.94	96.38	93.74	96.13	97.76	96.1	95.69	94.89	96.55	94.89	96.59	95.69	95.76	95.88	95.66583333	2296	4.02	1.03209243	638808	1.14
11.01.06	11	95.76	94.53	94.87	94.53	95.88	93.57	95.76	93.57	97.32	94.53	97.24	95.25	94.7	96.11	95.69	95.93	96.11	97.09	96.75	97.09	96.55	96.49	95.41	93.95	95.61208333	2294.7	3.75	0.96277279	663060	1.08
12.01.06	12	95.41	94.44	96.66	94.15	94.73	95.14	95.41	97.4	96.47	96.01	94.38	96.04	97.32	95.83	93.85	97.01	97.35	97.42	96.68	95.93	96.75	93.89	95.31	95.5	95.795	2299.1	3.57	0.91655969	596560	1.26
13.01.06	13	94.53	99.41	96.33	95.94	96.59	96.36	94.53	95.61	94.87	95.68	94.7	95.83	96.47	98.64	96	95.56	95.69	94.97	94.58	94.94	94.59	94.41	93.85	92.27	95.51458333	2292.4	7.14	1.83311938	691995	1.00
14.01.06	14	92.25	93.47	94.55	94.5	94.53	97.79	98.51	97.37	96.66	96.34	96.59	96.49	94.87	95.87	100.3	93.86	96.11	94.47	95.84	97.27	95.84	96.89	94.89	95.5	95.86666667	2300.8	8.09	2.07702182	677776	1.04
15.01.06	15	96.61	96.17	96.94	96.78	94.7	95.08	96.94	96.42	97.98	96.85	95.07	95.45	96.66	95.56	96.59	97.93	96.79	96.95	94.94	96.39	94.94	94.27	97.09	93.15	96.09375	2306.3	4.83	1.24005135	531986	1.42
16.01.06	16	96.59	95.63	97.24	98.11	97.32	97.19	97.24	96.4	97.05	98.85	97.52	96.65	97.98	97.43	96.59	96.63	97.59	97.06	96.54	96.1	97.37	94.54	94.02	93.95	96.73291667	2321.6	4.9	1.25802311	437002	1.66
17.01.06	17	95.06	96.43	94.38	96.29	96.47	96.86	94.38	99.14	96.28	96.97	94.87	95.59	97.05	96.01	95.69	97.69	97.02	96.25	96.38	97.74	97.02	96.88	95.47	97.74	96.4025	2313.7	4.76	1.22207959	466516	1.58
18.01.06	18	95.82	97.52	94.7	96.92	94.87	98.81	94.7	94.54	95.26	94.3	96.66	95.42	92.47	97.01	95.41	95.93	95.48	96.11	97.02	96.11	95.48	96.8	95.84	101.45	96.02625	2304.6	8.98	2.3055199	691430	1.90
19.01.06	19	96.59	97.08	96.59	97.37	96.66	96.56	96.59	98.43	98	96.83	94.98	94.91	94.2	94.33	94.97	95.29	97.44	95.38	95.48	94.64	97.44	95.5	94.94	93.27	95.97791667	2303.5	5.16	1.32477535	570110	1.32
20.01.06	20	95.26	95.05	95.07	90.01	97.98	90.72	95.07	91.04	91.21	97.55	91.27	95.14	93.09	93.43	91.66	93.81	93.37	92.04	93.2	93.09	94.72	93.68	98.64	97.61	93.90458333	2253.7	8.63	2.2156611	860129	0.42
21.01.06	21	95.62	97.23	96.66	95.93	97.05	97.37	96.59	96.17	94.87	96.75	96.55	96.56	95.84	97.53	94.89	96.06	96.59	96.46	94.89	95.27	96.59	97.84	94.93	97.73	96.33208333	2312	2.97	0.76251605	345953	1.90
22.01.06	22	97.08	98.14	96.8	98.11	93.57	99.44	95.26	99.21	96.66	99	96.75	97.59	94.94	97.8	97.09	95.69	94.93	96.35	97.09	96.04	94.93	97.63	95.76	97.2	96.79416667	2323.1	5.87	1.50706033	510929	1.47
23.01.06	23	96.85	96.32	97.22	97.06	96.97	97.19	96.75	98.26	98.74	99	97.72	97.89	97.06	97.41	97.64	99.35	95.76	100.1	99.77	98.94	95.76	97.24	95.41	96.1	97.51916667	2340.5	4.64	1.19127086	444353	1.64
24.01.06	24	97.59	99.08	101.5	93.57	94.47	93.46	93.37	95.12	96.13	95.83	97.07	95.96	98.75	98.07	92.55	91.7	95.41	91.62	96.89	96.11	95.41	93.91	93.36	98.43	95.64083333	2295.4	9.9	2.54172015	732845	0.88
25.01.06	25	98.28	97.16	96.55	96.77	96.75	96.33	94.87	99.51	97.66	97.5	96.57	97.75	96.91	97.39	98.36	97.58	97.3	97.15	96.93	94.48	93.95	95.83	96.16	96.71	96.85208333	2324.5	5.56	1.42747112	485933	1.54
26.01.06	26	96.75	96.07	96.75	98.1	93.85	98.27	96.66	96.05	97.08	96.08	94.53	96.73	95.69	95.63	95.93	98.86	99.3	98.78	96.7	97.29	96.05	96.41	96.5	95.95	96.66708333	2320	5.45	1.39922978	487164	1.53
27.01.06	27	96.18	95.27	96.44	95.07	96.59	95.08	95.26	95.13	94.87	96.23	96.72	97.76	98.86	99.83	95.86	96.81	96.38	96.19	97.02	95.45	94.93	96.26	96.38	94.71	96.22	2309.3	5.12	1.31450578	521391	1.45
28.01.06	28	93.57	95.33	93.57	97	94.53	96.31	97.08	96.71	96.75	98.47	95.76	95.95	93.57	94.45	95.6	94.36	97.02	94.17	95.48	95.27	95.76	92.41	97.02	93.25	95.39125	2289.4	6.06	1.55584082	698996	0.98
29.01.06	29	96.43	96.22	94.73	94	93.85	93.96	95.55	97.41	97.81	96.11	95.41	93.79	96.78	93.45	94.71	94.91	95.48	95.6	97.44	95.93	95.41	95.88	95.48	95.69	95.50125	2292	4.36	1.11938383	684841	1.02
30.01.06	30	95.08	96.89	95.88	94.73	96.59	96.55	96.75	95.47	94.53	92.48	94.53	98.08	94.32	94.17	94.36	93.48	96.01	96.39	96.95	95.88	98.19	95.96	95.36	95.76	95.59958333	2294.4	5.71	1.46598203	658399	1.09
PROSES																										95.84726389	2300.3	6.00233333	1.54103552	620691	1.19



Gambar 4.1 Grafik Pola DPMO Kandungan LSF (Januari 2006)



Gambar 4.2 Grafik Pola Nilai Kapabilitas *Sigma* Kandungan LSF (Januari 2006)

2. Perhitungan Tingkat *Sigma* pada Proses *Clinker* untuk Kandungan LSF (Januari 2006) Berdasarkan Konsep *Six Sigma* dalam Distribusi Normal adalah sebagai berikut:

a. $P = P(X < 96) + P(X > 98)$

$$= Z\left(\frac{96 - 95{,}84729}{1{,}541}\right) + 1 - Z\left(\frac{98 - 95{,}84729}{1{,}541}\right)$$

$$= Z(0{,}099113) + 1 - Z(1{,}396941)$$

$$= 0{,}539476 + (1 - 0{,}918784)$$

$$= 0{,}620691$$

b. Untuk mendapatkan nilai *sigma* dapat dihitung sebagai berikut:

$$= 1 - \left(\frac{Nilai\ \Pr obabilitas}{2}\right)$$

$$= 1 - \left(\frac{0{,}620691}{2}\right)$$

$$= 0{,}6896$$

(untuk probabilitas 0,6896 nilai *sigma* = 0,49 berdasarkan pendekatan pada tabel distribusi normal)

Maka didapatkan nilai *sigma* dalam distribusi normal pada proses *clinker* untuk kandungan LSF adalah 0,49

c. Hasil perhitungan *sigma* berdasarkan konsep *Six Sigma* dalam distribusi normal pada subgroup 1–30 terdapat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai *Tree Sigma* dan Motorola *Sigma* Januari 2006

Kandungan LSF Januari 2006

Subgroup	Di Luar Spesifikasi	*Tree Sigma*	Motorola *Sigma*
1	0.613489	0.51	1.21
2	0.737405	0.34	0.86
3	0.741522	0.33	0.85
4	0.696568	0.39	0.99
5	0.807456	0.24	0.63
6	0.737637	0.33	0.86
7	0.623120	0.48	1.19
8	0.663700	0.43	1.08
9	0.572431	0.56	1.32
10	0.638808	0.47	1.14
11	0.663060	0.44	1.08
12	0.596560	0.53	1.26
13	0.691995	0.40	1.00
14	0.677776	0.42	1.04
15	0.531986	0.62	1.42
16	0.437002	0.78	1.66
17	0.466516	0.73	1.58
18	0.691430	0.40	1.00
19	0.570110	0.57	1.32
20	0.860129	0.18	0.42
21	0.345953	0.94	1.90
22	0.510929	0.66	1.47
23	0.444353	0.76	1.64
24	0.732845	0.34	0.88
25	0.485933	0.70	1.54
26	0.487164	0.69	1.53
27	0.521391	0.64	1.45
28	0.698996	0.39	0.98
29	0.684841	0.41	1.02
30	0.658399	0.44	1.09
Proses	0.620691	0.49	1.19

Kandungan HM Januari 2006

Subgroup	Di Luar Spesifikasi	*Tree Sigma*	Motorola *Sigma*
1	0.4330189	0.78	1.48
2	0.5082808	0.77	1.43
3	0.5733735	0.76	1.63
4	0.4835675	0.78	1.68
5	0.689447	0.74	1.26
6	0.627264	0.75	1.46
7	0.4437559	0.78	1.30
8	0.457710	0.78	1.82
9	0.4128775	0.79	1.90
10	0.5060742	0.77	1.85
11	0.6260394	0.75	1.34
12	0.4378375	0.78	1.58
13	0.5453478	0.77	1.46
14	0.5000806	0.77	1.64
15	0.3733974	0.79	2.04
16	0.2909869	0.80	2.37
17	0.3743041	0.79	2.07
18	0.440080	0.78	1.68
19	0.3973633	0.79	1.81
20	0.6739377	0.75	0.94
21	0.290960	0.80	2.51
22	0.294450	0.80	2.85
23	0.263320	0.81	2.45
24	0.4791215	0.78	1.54
25	0.2581878	0.81	2.52
26	0.2810352	0.80	3.06
27	0.397530	0.79	2.40
28	0.5524358	0.77	1.65
29	0.627430	0.75	1.70
30	0.5313758	0.77	1.66
Proses	0.4334791	0.78	1.79

Kandungan SM Januari 2006

Subgroup	Di Luar Spesifikasi	*Tree Sigma*	Motorola *Sigma*
1	0.3053808	1.02	2.01
2	0.411800	0.82	1.72
3	0.472662	0.72	1.57
4	0.4060417	0.83	1.74
5	0.2789559	1.08	2.09
6	0.4141515	0.82	1.72
7	0.2130234	1.25	2.30
8	0.3985436	0.84	1.76
9	0.1077787	1.61	2.74
10	0.2545763	1.14	2.16
11	0.4225978	0.80	1.70
12	0.3681926	0.90	1.84
13	0.3988472	0.84	1.76
14	0.3449209	0.94	1.90
15	0.3435533	0.95	1.90
16	0.3760471	0.89	1.82
17	0.2527432	1.14	2.17
18	0.3098662	1.02	2.00
19	0.382290	0.87	1.80
20	0.3975023	0.85	1.76
21	0.252160	1.15	2.17
22	0.332470	0.97	1.93
23	0.109173	1.60	2.73
24	0.2461372	1.16	2.19
25	0.2292814	1.20	2.24
26	0.3371675	0.96	1.92
27	0.5661739	0.57	1.33
28	0.3494182	0.94	1.89
29	0.4366376	0.78	1.66
30	0.4191863	0.81	1.70
Proses	0.3188888	1.00	1.97

Kandungan AM Januari 2006

Subgroup	Di Luar Spesifikasi	*Tree Sigma*	Motorola *Sigma*
1	0.5321759	0.62	1.42
2	0.3678068	0.90	1.84
3	0.2605168	1.13	2.14
4	0.4404075	0.77	1.65
5	0.506550	0.66	1.48
6	0.6913079	0.40	1.00
7	0.703570	0.38	0.97
8	0.7241331	0.35	0.90
9	0.8628188	0.17	0.41
10	0.6718642	0.42	1.05
11	0.5610434	0.58	1.35
12	0.6106814	0.51	1.22
13	0.7031912	0.38	0.97
14	0.5374829	0.62	1.41
15	0.8057373	0.25	0.64
16	0.818150	0.23	0.59
17	0.5494518	0.60	1.38
18	0.7345721	0.34	0.87
19	0.6959169	0.39	0.99
20	0.4987007	0.68	1.50
21	0.4327689	0.78	1.67
22	0.5598178	0.58	1.35
23	0.653870	0.45	1.10
24	0.5904788	0.54	1.27
25	0.4874382	0.69	1.53
26	0.5060516	0.66	1.48
27	0.2318971	1.20	2.23
28	0.4373512	0.78	1.66
29	0.2823719	1.08	2.08
30	0.5383407	0.62	1.40
Proses	0.4274189	0.79	1.68

FAK TEKNOLOGI INDUSTRI PERPUSTAKAAN YOGYAKARTA

3. Contoh Perhitungan DPMO dan Tingkat *Sigma* untuk Kandungan HM pada Produk *Clinker* Bulan Januari 2006

a. Perhitungan rata-rata proses ($\overline{\overline{X}}$)

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum \overline{X}}{\sum subgroup}$$

$$= \frac{64,79}{30}$$

= 2,15975 (Tabel 4.17 kandungan HM *clinker* Januari 2006)

b. Perhitungan standar deviasi proses

$$\overline{S} = \frac{R_{-bar}}{d_2}$$

$$= \frac{0,172}{3,895} \text{ (untuk ukuran sampel = 24, didapat nilai } d_2 = 3,895)$$

= 0,044245 (Tabel 4.17 kandungan HM *clinker* Januari 2006)

c. Perhitungan DPMO pada subgroup ke 1

$$DPMO = P\{Z \geq (USL - \overline{X})/S\} x10^6 + P\{Z \leq (LSL - \overline{X})/S\} x10^6$$

$$= P\{Z \geq (2,25-2,15)/0,033376\} x10^6 + P\{Z \leq (2,15-2,15)/0,033376\} x10^6$$

$$= P(Z \geq 2,8213) x10^6 + P(Z \leq -0,17478) x10^6$$

$$= (1-0,997609)\ x10^6 + (0,430628)\ x10^6$$

= 2.390,89 + 430.628

= 433.018,9 (Tabel 4.17 kandungan HM *clinker* Januari 2006)

d. Perhitungan DPMO untuk proses kandungan HM

$$DPMO = P\{Z \geq (USL - \overline{\overline{X}})/\overline{S}\}x10^6 + P\{Z \leq (LSL - \overline{\overline{X}})/\overline{S}\}x10^6$$

$$= P\{Z \geq (2{,}25 - 2{,}159)/0{,}044245\}x10^6 + P\{Z \leq (2{,}15 - 2{,}159)/0{,}044245\}x10^6$$

$$= P(Z \geq 2{,}03979)x10^6 + P(Z \leq -0{,}22037)x10^6$$

$$= (1 - 0{,}979314)\ x10^6 + (0{,}412793)\ x10^6$$

$$= 20.685{,}64 + 412.793{,}4$$

$$= 433.479{,}1$$ (Tabel 4.17 kandungan HM *clinker* Januari 2006)

e. Perhitungan nilai *sigma* pada subgroup ke 1 adalah

Nilai *sigma* = Normsinv ((1.000.000 – DPMO)/ 1.000.000) + 1,5

= Normsinv ((1.000.000 – 433.018,9)/1.000.000) + 1,5

= 1,67

Hasil perhitungan DPMO dan nilai *sigma* pada subgroup ke 2–30 terdapat pada Tabel 4.17

f. Perhitungan nilai *sigma* pada proses kandungan HM

Nilai *sigma* = Normsinv ((1.000.000 – DPMO)/1.000.000) + 1,5

= Normsinv ((1.000.000 – 433.479,1)/1.000.000) + 1,5

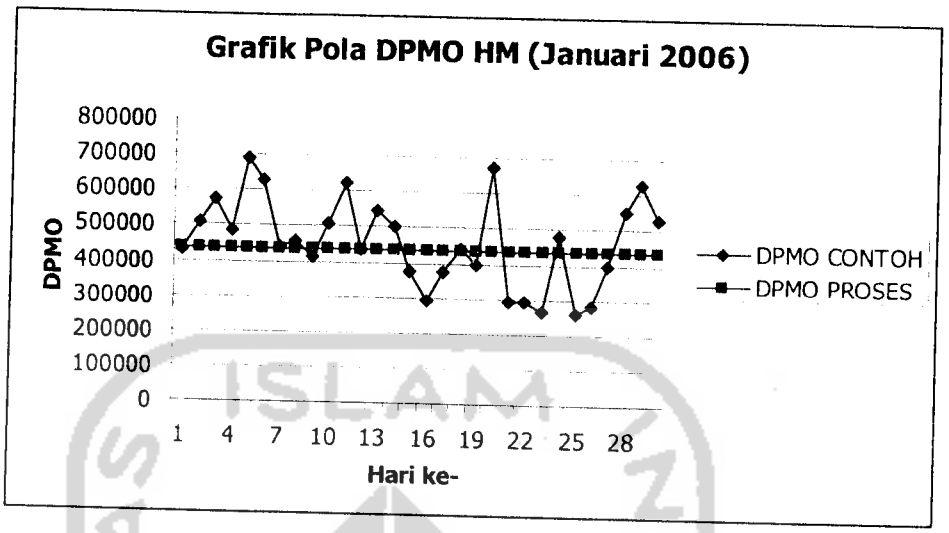
= 1,67 (Tabel 4.17 kandungan HM *clinker* Januari 2006)

g. Hasil nilai *sigma* dapat menggunakan tabel konversi DPMO ke nilai *sigma*.

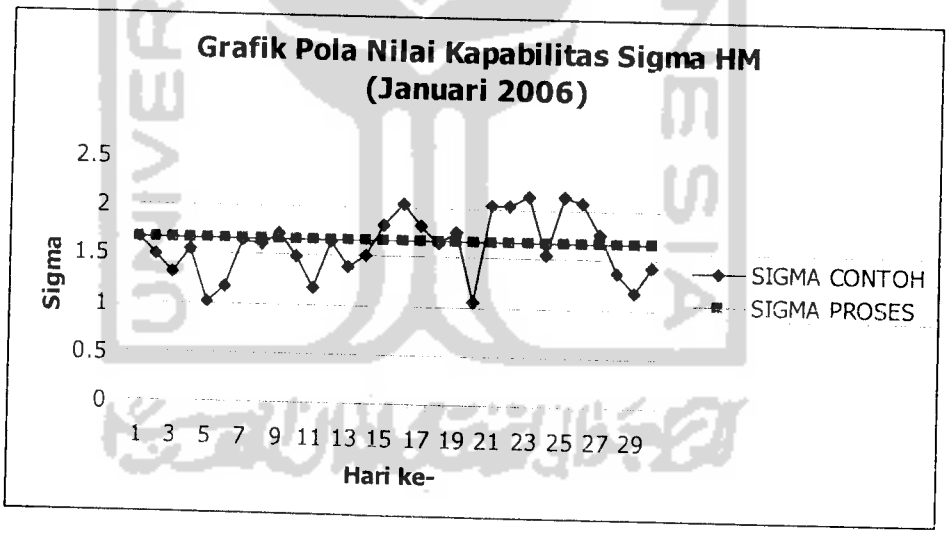
Tabel 4.17 Kandungan HM *Clinker* Januari 2006

Tanggal	Subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	rata-rata	Jumlah	Range (R)	S=R/d2	DPMO	Sigma Level
01.01.06	1	2.17	2.14	2.16	2.21	2.13	2.14	2.17	2.13	2.17	2.11	2.02	2.18	2.11	2.22	2.15	2.15	2.14	2.17	2.23	2.13	2.18	2.2	2.15	2.14	2.154166667	51.7	0.21	0.05391528	506944	1.48
02.01.06	2	2.18	2.17	2.15	2.17	2.16	2.14	2.15	2.03	2.15	2.1	2.13	2.22	2.11	2.25	2.16	2.12	2.23	2.13	2.13	2.14	2.16	2.13	2.16	2.18	2.152083333	51.65	0.22	0.05648267	526786	1.43
03.01.06	3	2.09	2.17	2.12	2.15	2.14	2.16	2.16	2.22	2.11	2.16	2.16	2.22	2.17	2.14	2.16	2.19	2.14	2.16	2.13	2.11	2.2	2.12	2.16	2.17	2.154583333	51.71	0.13	0.03337612	447513	1.63
04.01.06	4	2.13	2.14	2.18	2.14	2.17	2.24	2.23	2.18	2.16	2.13	2.15	2.14	2.14	2.15	2.19	2.21	2.16	2.25	2.2	2.06	2.16	2.25	2.07	2.09	2.163333333	51.92	0.19	0.04878049	430110	1.68
05.01.06	5	2.04	2.04	2.07	2.09	2.1	2.13	2.13	2.17	2.17	2.25	2.19	2.13	2.15	2.12	2.12	2.16	2.22	2.17	2.1	2.16	2.13	2.16	2.21	2.15	2.14	51.36	0.21	0.05391528	594236	1.26
06.01.06	6	2.16	2.17	2.2	2.2	2.2	2.19	2.19	2.15	2.17	2.17	2.11	2.1	2.11	2.14	2.11	2.15	2.18	2.16	2.09	2.12	2.1	2.11	2.19	2.1	2.14875	51.57	0.11	0.02824134	517820	1.46
07.01.06	7	2.1	2.15	2.13	2.18	2.19	2.21	2.16	2.15	2.16	2.14	2.18	2.15	2.02	2.15	2.16	2.15	2.11	2.15	2.14	2.13	2.09	2.24	2.22	2.12	2.149166667	51.58	0.22	0.05648267	542999	1.39
08.01.06	8	2.18	2.13	2.21	2.12	2.21	2.09	2.11	2.07	2.19	2.14	2.16	2.19	2.17	2.2	2.22	2.22	2.14	2.17	2.18	2.17	2.14	2.19	2.16	2.17	2.16375	51.93	0.15	0.03851091	373088	1.82
09.01.06	9	2.16	2.14	2.15	2.16	2.15	2.14	2.11	2.2	2.17	2.21	2.19	2.16	2.18	2.1	2.17	2.18	2.19	2.16	2.15	2.15	2.18	2.17	2.19	2.11	2.16125	51.87	0.11	0.02824134	346023	1.90
10.01.06	10	2.13	2.15	2.13	2.14	2.14	2.13	2.12	2.19	2.19	2.18	2.14	2.17	2.18	2.17	2.16	2.16	2.17	2.16	2.13	2.15	2.15	2.18	2.17	2.16	2.15625	51.75	0.07	0.01797176	364007	1.85
11.01.06	11	2.09	2.17	2.17	2.13	2.18	2.02	2.18	2.02	2.15	2.02	2.21	2.17	2.16	2.16	2.22	2.16	2.13	2.21	2.19	2.16	2.13	2.17	2.17	2.1	2.14583333	51.47	0.2	0.05134788	562043	1.34
12.01.06	12	2.14	2.13	2.15	2.12	2.16	2.15	2.16	2.19	2.12	2.15	2.13	2.16	2.14	2.15	2.18	2.17	2.17	2.19	2.17	2.15	2.16	2.11	2.14	2.15	2.151666667	51.64	0.08	0.02053915	467664	1.58
13.01.06	13	2.18	2.24	2.29	2.34	2.18	2.17	2.2	2.15	2.14	2.15	2.16	2.16	2.21	2.21	2.11	2.15	2.15	2.14	2.13	2.14	2.13	2.12	2.1	2.07	2.1675	52.02	0.27	0.06931964	517341	1.46
14.01.06	14	2.07	2.1	2.12	2.13	2.12	2.2	2.21	2.2	2.16	2.17	2.22	2.17	2.13	2.17	2.14	2.1	2.16	2.12	2.21	2.19	2.15	2.18	2.18	2.15	2.15625	51.75	0.15	0.03851091	442997	1.64
15.01.06	15	2.19	2.16	2.16	2.19	2.14	2.14	2.19	2.17	2.19	2.18	2.18	2.15	2.16	2.14	2.19	2.2	2.18	2.18	2.19	2.17	2.16	2.11	2.16	2.09	2.165416667	51.97	0.11	0.02824134	293943	2.04
16.01.06	16	2.15	2.16	2.17	2.22	2.21	2.19	2.15	2.18	2.17	2.23	2.11	2.18	2.22	2.2	2.17	2.19	2.19	2.19	2.17	2.17	2.19	2.14	2.2	2.12	2.177916667	52.27	0.12	0.03080873	192083	2.37
17.01.06	17	2.12	2.17	2.19	2.17	2.13	2.18	2.12	2.23	2.18	2.18	2.11	2.15	2.18	2.16	2.13	2.2	2.16	2.17	2.16	2.21	2.16	2.18	2.19	2.2	2.167916667	52.03	0.12	0.03080873	284294	2.07
18.01.06	18	2.14	2.2	2.17	2.19	2.16	2.23	2.14	2.12	2.22	2.12	2.11	2.15	2.11	2.18	2.17	2.18	2.14	2.16	2.09	2.16	2.14	2.19	2.17	2.28	2.163333333	51.92	0.19	0.04878049	430110	1.68
19.01.06	19	2.16	2.19	2.18	2.21	2.22	2.18	2.16	2.22	2.2	2.19	2.13	2.14	2.13	2.13	2.14	2.15	2.12	2.15	2.23	2.13	2.12	2.14	2.17	2.09	2.161666667	51.88	0.14	0.03594352	379742	1.81
20.01.06	20	2.19	2.13	2.19	2.02	2.18	2.04	2.19	2.05	2.05	2.19	2.06	2.13	2.09	2.12	2.07	2.12	2.1	2.08	2.1	2.11	2.15	2.12	2.23	2.2	2.12125	50.91	0.21	0.05391528	711538	0.94
21.01.06	21	2.16	2.2	2.18	2.17	2.11	2.19	2.18	2.18	2.18	2.19	2.17	2.18	2.17	2.21	2.15	2.17	2.16	2.18	2.21	2.15	2.16	2.21	2.16	2.21	2.17625	52.23	0.1	0.02567394	155323	2.51
22.01.06	22	2.17	2.22	2.18	2.22	2.17	2.25	2.17	2.24	2.16	2.24	2.17	2.2	2.17	2.21	2.16	2.16	2.2	2.18	2.19	2.19	2.2	2.21	2.14	2.21	2.192083333	52.61	0.11	0.02824134	88239	2.85
23.01.06	23	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.2	2.18	2.23	2.23	2.24	2.21	2.21	2.19	2.21	2.21	2.25	2.19	2.26	2.26	2.24	2.19	2.2	2.12	2.18	2.20625	52.95	0.14	0.03594352	170563	2.45
24.01.06	24	2.2	2.24	2.29	2.12	2.14	2.12	2.11	2.15	2.17	2.17	2.19	2.18	2.23	2.22	2.08	2.07	2.15	2.07	2.17	2.17	2.15	2.11	2.11	2.23	2.16	51.84	0.22	0.05648267	485271	1.54
25.01.06	25	2.22	2.2	2.17	2.2	2.18	2.18	2.17	2.25	2.21	2.21	2.18	2.2	2.18	2.21	2.22	2.2	2.21	2.19	2.19	2.13	2.12	2.16	2.18	2.18	2.189166667	52.54	0.13	0.03337612	154476	2.52
26.01.06	26	2.17	2.16	2.15	2.2	2.16	2.21	2.15	2.18	2.17	2.18	2.18	2.19	2.17	2.16	2.23	2.24	2.24	2.24	2.19	2.2	2.18	2.18	2.18	2.17	2.186666667	52.48	0.09	0.02310655	59336	3.06
27.01.06	27	2.17	2.15	2.18	2.15	2.22	2.15	2.15	2.15	2.14	2.18	2.19	2.21	2.23	2.25	2.2	2.18	2.16	2.18	2.16	2.15	2.19	2.17	2.16	2.15	2.175833333	52.22	0.11	0.02824134	184483	2.40
28.01.06	28	2.22	2.17	2.17	2.2	2.17	2.18	2.22	2.18	2.18	2.23	2.09	2.17	2.17	2.13	2.15	2.12	2.14	2.12	2.09	2.14	2.17	2.07	2.2	2.1	2.1575	51.78	0.16	0.04107831	439732	1.65
29.01.06	29	2.16	2.16	2.13	2.11	2.11	2.12	2.15	2.19	2.2	2.17	2.14	2.12	2.15	2.11	2.16	2.15	2.12	2.16	2.23	2.23	2.17	2.16	2.19	2.16	2.15625	51.75	0.12	0.03080873	420792	1.70
31.01.06	30	2.2	2.06	2.17	2.06	2.23	2.19	2.17	2.14	2.18	2.11	2.18	2.21	2.12	2.13	2.13	2.11	2.17	2.18	2.19	2.18	2.22	2.17	2.16	2.16	2.159166667	51.82	0.17	0.0436457	435534	1.66
																										2.162666667	51.904	0.152	0.03902439	385361	1.79

PROSES



Gambar 4.3 Grafik Pola DPMO Kandungan HM (Januari 2006)



Gambar 4.4 Grafik Pola Nilai Kapabilitas *Sigma* Kandungan HM (Januari 2006)

4. Perhitungan Tingkat *Sigma* pada Proses *Clinker* untuk Kandungan HM (Januari 2006) Berdasarkan Konsep *Six Sigma* dalam Distribusi Normal adalah sebagai berikut:

a. $P = P(X < 2{,}15) + P(X > 2{,}25)$

$$= Z\left(\frac{2{,}15 - 2{,}15975}{0.044245}\right) + 1 - Z\left(\frac{2{,}25 - 2{,}15975}{0{,}044245}\right)$$

$$= Z(-0{,}22037) + 1 - Z(2{,}03979)$$

$$= 0{,}412793 + (1 - 0{,}979314)$$

$$= 0.433479$$

b. Untuk mendapatkan nilai *sigma* dapat dihitung sebagai berikut:

$$= 1 - \left(\frac{Nilai\ \Pr obabilitas}{2}\right)$$

$$= 1 - \left(\frac{0.433479}{2}\right)$$

$$= 0.78326$$

(untuk probabilitas 0,78326 nilai *sigma* = 0,78 berdasarkan pendekatan pada tabel distribusi normal)

Maka didapatkan nilai *sigma* dalam distribusi normal pada proses *clinker* untuk kandungan HM adalah 0,78

c. Hasil perhitungan *sigma* berdasarkan konsep *Six Sigma* dalam distribusi normal pada subgroup 1–30 terdapat pada Tabel 4.16.

5. Contoh Perhitungan DPMO dan Tingkat *Sigma* untuk Kandungan SM pada Produk *Clinker* Bulan Januari 2006

a. Perhitungan rata-rata proses ($\overline{\overline{X}}$)

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum \overline{X}}{\sum subgroup}$$

$$= \frac{70,535}{30}$$

= 2,351167 (Tabel 4.18 kandungan SM *clinker* Januari 2006)

b. Perhitungan standar deviasi proses

$$\overline{S} = \frac{R_{-bar}}{d_2}$$

$$= \frac{0,19533}{3,895}$$ (untuk ukuran sampel = 24, didapat nilai d_2 = 3,895)

= 0.05015 (Tabel 4.18 kandungan SM *clinker* Januari 2006)

c. Perhitungan DPMO pada subgroup ke 1

DPMO= $P\{Z \geq (USL - \overline{X})/S\} x 10^6 + P\{Z \leq (LSL - \overline{X})/S\} x 10^6$

= $P\{Z \geq (2,4 - 2,349)/0,0487\} x 10^6 + P\{Z \leq (2,3 - 2,349)/0,0487\} x 10^6$

= $P(Z \geq 1,033542) x 10^6 + P(Z \leq -1,01646) x 10^6$

= $(1 - 0,8493247) x 10^6 + (0,1547056) x 10^6$

= 150.675,2 + 154.705,6

= 305.380,8 (Tabel 4.18 kandungan SM *clinker* Januari 2006)

d. Perhitungan DPMO untuk proses kandungan SM

$$DPMO = P\{Z \geq (USL - \overline{\overline{X}})/\overline{S}\}x10^6 + P\{Z \leq (LSL - \overline{\overline{X}})/\overline{S}\}x10^6$$

$$= P\{Z \geq (2,4 - 2,3511)/0,0501\}x10^6 + P\{Z \leq (2,3 - 2,3511)/0,0501\}x10^6$$

$$= P(Z \geq 0,97375)x10^6 + P(Z \leq -1,02028)x10^6$$

$$= (1 - 0,8349096)\ x10^6 + (0,1537984)\ x10^6$$

$$= 165.090,3 + 153.798,5$$

$$= 318.888,8$$ (Tabel 4.18 kandungan SM *clinker* Januari 2006)

e. Perhitungan nilai *sigma* pada subgroup ke 1 adalah

Nilai *sigma* = Normsinv ((1.000.000 – DPMO)/1.000.000) + 1,5

= Normsinv ((1.000.000 – 305.380,8)/1.000.000) + 1,5

= 2,01

f. Hasil Perhitungan DPMO dan nilai *sigma* pada subgroup ke 2–30 terdapat pada Tabel 4.18

g. Perhitungan nilai *sigma* pada proses kandungan SM

Nilai *sigma* = Normsinv ((1.000.000 – DPMO)/1.000.000) + 1,5

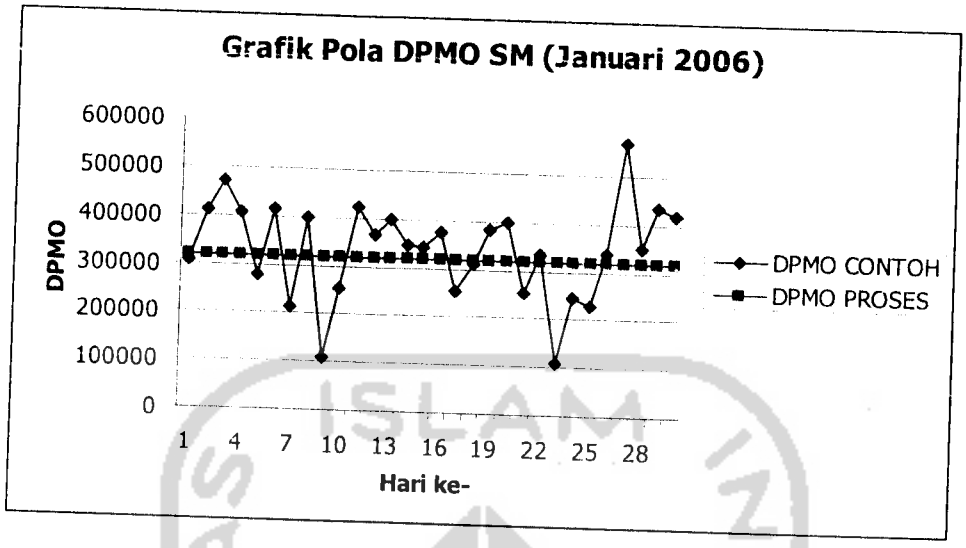
= Normsinv ((1.000.000 –318.888,8)/1.000.000) + 1,5

= 1,97 (Tabel 4.18 kandungan SM *clinker* Januari 2006)

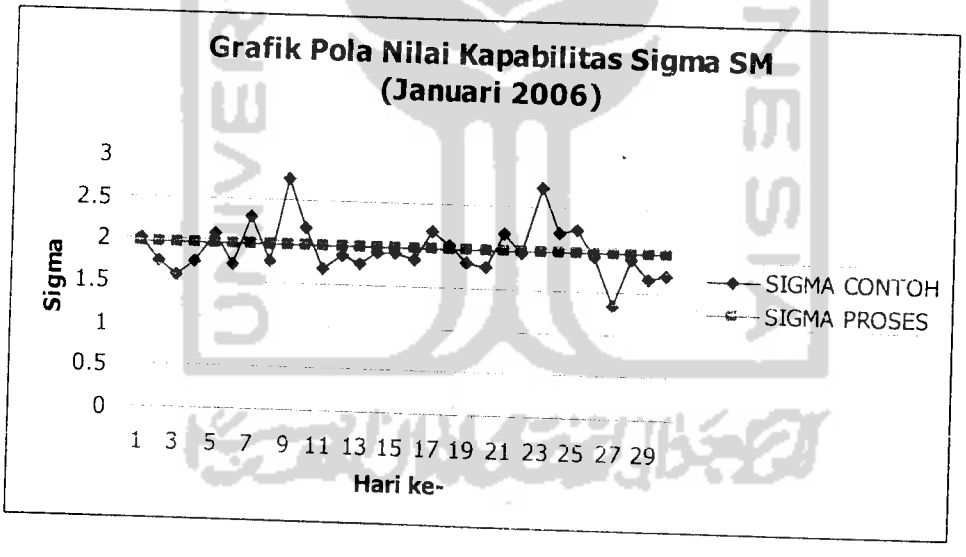
h. Hasil nilai *sigma* dapat menggunakan tabel konversi DPMO ke nilai *sigma*

Tabel 4.18 Kandungan SM *Clinker* Januari 2006

Tanggal	Subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	rata-rata	Jumlah	Range (R)	S=R/d2	DPMO	Sigma Level
01.01.06	1	2.45	2.35	2.34	2.36	2.37	2.34	2.26	2.38	2.39	2.37	2.35	2.4	2.34	2.39	2.37	2.27	2.33	2.34	2.45	2.28	2.34	2.3	2.34	2.28	2.349583333	56.39	0.19	0.04878049	305381	2.01
02.01.06	2	2.38	2.43	2.29	2.43	2.28	2.4	2.38	2.34	2.37	2.42	2.36	2.41	2.32	2.41	2.25	2.38	2.41	2.44	2.35	2.43	2.36	2.46	2.36	2.39	2.377083333	57.05	0.21	0.05391528	411800	1.72
03.01.06	3	2.25	2.42	2.32	2.4	2.4	2.43	2.36	2.23	2.35	2.4	2.41	2.39	2.37	2.35	2.39	2.44	2.38	2.42	2.36	2.47	2.43	2.4	2.33	2.44	2.380833333	57.14	0.24	0.06161746	472662	1.57
04.01.06	4	2.34	2.44	2.38	2.47	2.27	2.39	2.3	2.27	2.37	2.32	2.29	2.36	2.38	2.38	2.32	2.45	2.37	2.46	2.42	2.43	2.45	2.47	2.4	2.38	2.379583333	57.11	0.2	0.05134788	406042	1.74
05.01.06	5	2.32	2.35	2.35	2.41	2.38	2.43	2.43	2.39	2.37	2.34	2.33	2.34	2.48	2.38	2.32	2.43	2.32	2.33	2.35	2.39	2.33	2.37	2.37	2.38	2.370416667	56.89	0.16	0.04107831	278956	2.09
06.01.06	6	2.4	2.44	2.42	2.37	2.38	2.38	2.47	2.46	2.37	2.39	2.3	2.42	2.28	2.39	2.35	2.37	2.31	2.38	2.38	2.32	2.35	2.4	2.25	2.37	2.372916667	56.95	0.22	0.05648267	414152	1.72
07.01.06	7	2.3	2.39	2.31	2.41	2.38	2.36	2.38	2.41	2.35	2.37	2.37	2.38	2.37	2.41	2.3	2.4	2.35	2.37	2.29	2.35	2.38	2.26	2.39	2.39	2.36125	56.67	0.15	0.03851091	213023	2.30
08.01.06	8	2.39	2.43	2.35	2.47	2.39	2.4	2.39	2.39	2.42	2.37	2.25	2.43	2.25	2.39	2.31	2.35	2.33	2.42	2.33	2.42	2.29	2.36	2.33	2.36	2.3675	56.82	0.22	0.05648267	398544	1.76
09.01.06	9	2.32	2.32	2.42	2.34	2.32	2.32	2.32	2.44	2.34	2.38	2.34	2.37	2.38	2.37	2.34	2.37	2.34	2.39	2.35	2.32	2.33	2.4	2.32	2.36	2.354166667	56.5	0.12	0.03080873	107779	2.74
10.01.06	10	2.38	2.33	2.32	2.34	2.38	2.32	2.38	2.38	2.45	2.31	2.34	2.34	2.3	2.39	2.37	2.33	2.35	2.28	2.37	2.28	2.35	2.3	2.3	2.4	2.345416667	56.29	0.17	0.0436457	254576	2.16
11.01.06	11	2.26	2.26	2.34	2.45	2.26	2.26	2.26	2.37	2.34	2.37	2.36	2.26	2.32	2.33	2.32	2.41	2.34	2.41	2.28	2.23	2.37	2.34	2.4	2.25	2.324583333	55.79	0.22	0.05648267	422598	1.70
12.01.06	12	2.31	2.36	2.32	2.36	2.31	2.41	2.31	2.3	2.36	2.28	2.45	2.31	2.32	2.31	2.31	2.26	2.36	2.33	2.31	2.29	2.35	2.27	2.29	2.31	2.324583333	55.79	0.19	0.04878049	368193	1.84
13.01.06	13	2.36	2.24	2.29	2.34	2.36	2.35	2.36	2.29	2.45	2.33	2.35	2.36	2.4	2.27	2.35	2.33	2.3	2.34	2.35	2.31	2.3	2.28	2.24	2.28	2.32625	55.83	0.21	0.05391528	398847	1.76
14.01.06	14	2.26	2.28	2.26	2.33	2.26	2.33	2.3	2.34	2.35	2.32	2.37	2.29	2.41	2.39	2.33	2.26	2.45	2.32	2.37	2.33	2.34	2.34	2.34	2.35	2.33	55.92	0.19	0.04878049	344921	1.90
15.01.06	15	2.34	2.29	2.3	2.42	2.39	2.35	2.3	2.32	2.37	2.36	2.26	2.33	2.28	2.28	2.34	2.32	2.32	2.3	2.25	2.33	2.36	2.26	2.36	2.3	2.322083333	55.73	0.17	0.0436457	343553	1.90
16.01.06	16	2.36	2.35	2.32	2.38	2.32	2.36	2.32	2.38	2.45	2.36	2.37	2.37	2.23	2.35	2.35	2.43	2.26	2.38	2.34	2.38	2.3	2.39	2.32	2.34	2.350416667	56.41	0.22	0.05648267	376047	1.82
17.01.06	17	2.45	2.32	2.32	2.36	2.38	2.34	2.32	2.3	2.37	2.28	2.34	2.32	2.37	2.33	2.34	2.32	2.41	2.35	2.34	2.38	2.41	2.35	2.41	2.35	2.3525	56.46	0.17	0.0436457	252743	2.17
18.01.06	18	2.35	2.37	2.4	2.39	2.26	2.35	2.4	2.31	2.26	2.33	2.32	2.31	2.45	2.33	2.36	2.45	2.28	2.45	2.36	2.28	2.28	2.37	2.28	2.3	2.343333333	56.24	0.19	0.04878049	309866	2.00
19.01.06	19	2.37	2.37	2.41	2.41	2.31	2.39	2.41	2.38	2.29	2.39	2.28	2.37	2.38	2.39	2.36	2.36	2.23	2.33	2.45	2.29	2.23	2.27	2.23	2.28	2.340833333	56.18	0.22	0.05648267	382290	1.80
20.01.06	20	2.45	2.25	2.28	2.28	2.36	2.32	2.28	2.34	2.26	2.26	2.33	2.23	2.29	2.42	2.36	2.37	2.33	2.34	2.35	2.4	2.41	2.41	2.36	2.31	2.332916667	55.99	0.22	0.05648267	397502	1.76
21.01.06	21	2.38	2.39	2.23	2.37	2.34	2.31	2.23	2.38	2.37	2.4	2.35	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.33	2.35	2.34	2.38	2.33	2.38	2.37	2.35	2.35125	56.43	0.17	0.0436457	252160	2.17
22.01.06	22	2.26	2.36	2.37	2.39	2.32	2.37	2.37	2.37	2.25	2.39	2.42	2.32	2.25	2.37	2.25	2.33	2.32	2.37	2.36	2.45	2.32	2.39	2.25	2.43	2.345	56.28	0.2	0.05134788	332470	1.93
23.01.06	23	2.36	2.42	2.33	2.35	2.38	2.38	2.3	2.39	2.33	2.39	2.35	2.32	2.32	2.38	2.38	2.35	2.3	2.36	2.39	2.37	2.3	2.35	2.3	2.42	2.355	56.52	0.12	0.03080873	109173	2.73
24.01.06	24	2.35	2.39	2.33	2.42	2.42	2.39	2.39	2.37	2.33	2.37	2.36	2.39	2.34	2.39	2.31	2.36	2.4	2.35	2.26	2.38	2.4	2.3	2.34	2.37	2.362916667	56.71	0.16	0.04107831	246137	2.19
25.01.06	25	2.35	2.4	2.34	2.42	2.37	2.37	2.39	2.37	2.41	2.36	2.38	2.34	2.32	2.4	2.31	2.36	2.45	2.33	2.39	2.35	2.33	2.35	2.38	2.3	2.365416667	56.77	0.15	0.03851091	229281	2.24
26.01.06	26	2.35	2.31	2.36	2.27	2.25	2.32	2.37	2.39	2.26	2.41	2.39	2.4	2.26	2.38	2.45	2.37	2.36	2.39	2.37	2.41	2.4	2.4	2.38	2.36	2.35875	56.61	0.2	0.05134788	337167	1.92
27.01.06	27	2.35	2.36	2.45	2.37	2.31	2.37	2.37	2.4	2.37	2.38	2.32	2.35	2.36	2.35	2.63	2.32	2.41	2.4	2.37	2.33	2.34	2.36	2.37	2.44	2.378333333	57.08	0.32	0.08215661	566174	1.33
28.01.06	28	2.33	2.45	2.26	2.41	2.35	2.4	2.26	2.36	2.37	2.36	2.38	2.36	2.35	2.37	2.45	2.28	2.28	2.3	2.25	2.3	2.36	2.28	2.25	2.29	2.335416667	56.05	0.2	0.05134788	349418	1.89
29.01.06	29	2.26	2.26	2.3	2.29	2.31	2.34	2.3	2.31	2.28	2.33	2.26	2.35	2.42	2.35	2.3	2.38	2.23	2.38	2.3	2.3	2.45	2.3	2.3	2.4	2.320833333	55.7	0.22	0.05648267	436638	1.66
31.01.06	30	2.31	2.3	2.22	2.4	2.31	2.38	2.3	2.37	2.32	2.46	2.31	2.31	2.29	2.4	2.39	2.39	2.35	2.39	2.38	2.43	2.36	2.4	2.4	2.37	2.355833333	56.54	0.24	0.06161746	419186	1.70
PROSES																										2.351166667	56.428	0.19533333	0.05014976	318889	1.97



Gambar 4.5 Grafik Pola DPMO Kandungan SM (Januari 2006)



Gambar 4.6 Grafik Pola Nilai Kapabilitas *Sigma* Kandungan SM (Januari 2006)

6. **Perhitungan Tingkat *Sigma* pada Proses *Clinker* untuk Kandungan SM (Januari 2006) Berdasarkan Konsep *Six Sigma* dalam Distribusi Normal adalah sebagai berikut:**

   a. $P = P(X < 2,3) + P(X > 2,4)$

   $$= Z\left(\frac{2,3 - 2,351167}{0,05015}\right) + 1 - Z\left(\frac{2,4 - 2,351167}{0,05015}\right)$$

   $$= Z(-1,0202) + 1 - Z(0,9737)$$

   $$= 0,153798 + (1 - 0,834909)$$

   $$= 0,318889$$

   b. Untuk mendapatkan nilai *sigma* dapat dihitung sebagai berikut:

   $$= 1 - \left(\frac{Nilai\ \Pr obabilitas}{2}\right)$$

   $$= 1 - \left(\frac{0,318889}{2}\right)$$

   $$= 0,84055$$

   (untuk probabilitas 0,84055 nilai *sigma* = 1,00 berdasarkan pendekatan pada tabel distribusi normal)

   Maka didapatkan nilai *sigma* dalam distribusi normal pada proses *clinker* untuk kandungan SM adalah 1,00

   c. Hasil perhitungan *sigma* berdasarkan konsep *Six Sigma* dalam distribusi normal pada subgroup 1–30 terdapat pada Tabel 4.16.

7. Contoh Perhitungan DPMO dan Tingkat *Sigma* untuk Kandungan AM pada Produk *Clinker* Bulan Januari 2006

a. Perhitungan rata-rata proses ($\overline{\overline{X}}$)

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum \overline{X}}{\sum subgroup}$$

$$= \frac{48,48391}{30}$$

= 1,616130 (Tabel 4.19 kandungan AM *clinker* Januari 2006)

b. Perhitungan standar deviasi proses

$$\overline{S} = \frac{R_{-bar}}{d_2}$$

$$= \frac{0,199667}{3,895} \text{(untuk ukuran sampel = 24, didapat nilai } d_2 = 3,895)$$

= 0,051262 (Tabel 4.19 kandungan AM *clinker* Januari 2006)

c. Perhitungan DPMO pada subgroup ke 1

$$DPMO = P\{Z \geq (USL - \overline{X})/S\}x10^6 + P\{Z \leq (LSL - \overline{X})/S\}x10^6$$

$$= P\{Z \geq (1,7 - 1,6065)/0,0641\}x10^6 + P\{Z \leq (1,6 - 1,6065)/0,0641\}x10^6$$

$$= P(Z \geq 1,456391)x10^6 + P(Z \leq -0,101608)x10^6$$

$$= (1 - 0,9273577)\ x10^6 + (0,4595336)\ x10^6$$

$$= 72.642,24 + 459.533,6$$

= 532.175,9 (Tabel 4.19 kandungan AM *clinker* Januari 2006)

d. Perhitungan DPMO untuk proses kandungan AM

$DPMO = P\{Z \geq (USL - \overline{\overline{X}})/\overline{S}\}x10^6 + P\{Z \leq (LSL - \overline{\overline{X}})/\overline{S}\}x10^6$

$= P\{Z \geq (1,7 - 1,6161)/0,0512\}x10^6 + P\{Z \leq (1,6 - 1,6161)/0,0512\}x10^6$

$= P(Z \geq 1,6360866)x10^6 + P(Z \leq -0,3146646)x10^6$

$= (1 - 0,94908926)\ x10^6 + (0,3765081)\ x10^6$

$= 50.910,73 + 376.508,1$

$= 427.418,9$ (Tabel 4.19 kandungan LSF *clinker* Januari 2006)

e. Perhitungan nilai *sigma* pada subgroup ke 1 adalah

Nilai *sigma* = Normsinv ((1.000.000 – DPMO)/1.000.000) + 1,5

= Normsinv ((1.000.000 – 532.175,9)/1.000.000) + 1,5

= 1,42

f. Hasil perhitungan DPMO dan nilai *sigma* pada subgroup ke 2–30 terdapat pada Tabel 4.19

g. Perhitungan nilai *sigma* pada proses kandungan AM

Nilai *sigma* = Normsinv ((1.000.000 – DPMO)/1.000.000) + 1,5

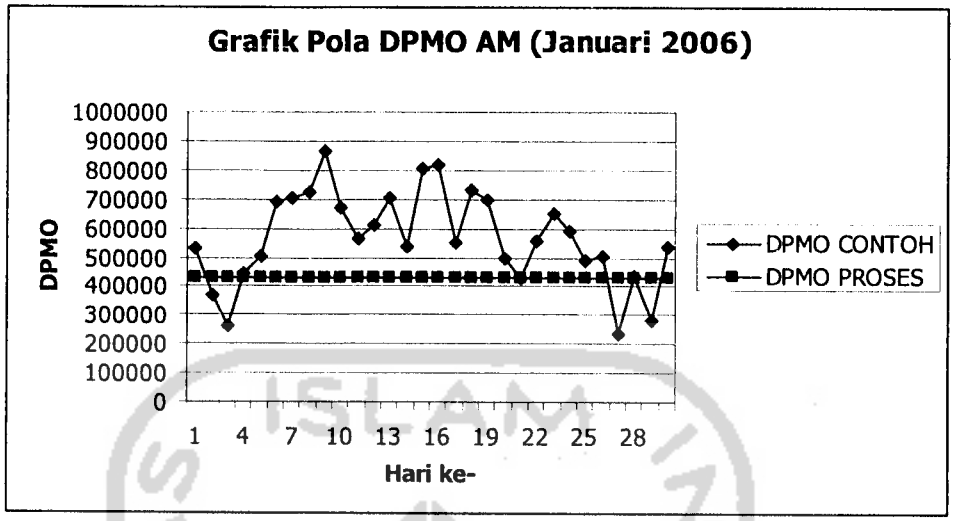
= Normsinv ((1.000.000 – 427.418,9)/1.000.000) + 1,5

= 1,68 (Tabel 4.19 kandungan LSF *clinker* Januari 2006)

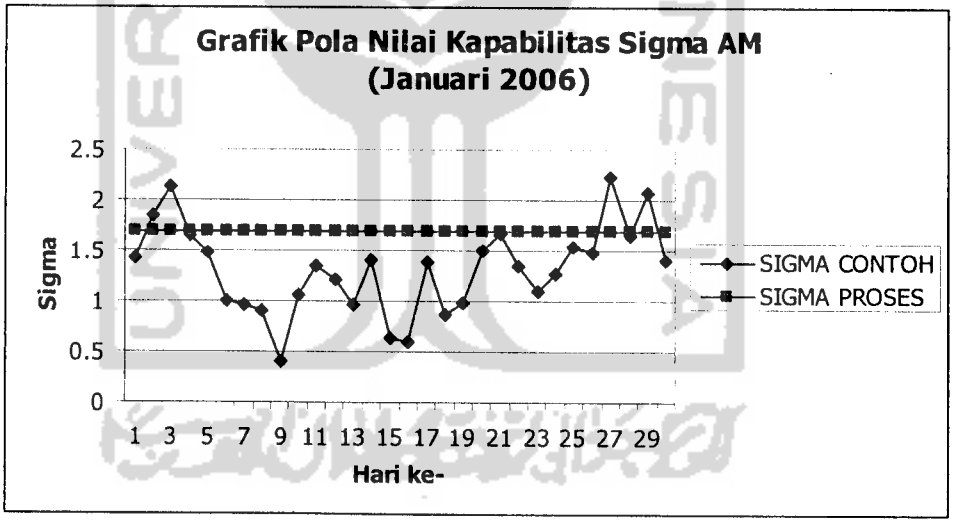
h. Hasil nilai *sigma* dapat menggunakan tabel konversi DPMO ke nilai *sigma*

Tabel 4.19 Kandungan AM *Clinker* Januari 2006

Tanggal	subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	rata-rata	Jumlah	Range (R)	S=R/d2	DPMO	Sigma Level
01.01.06	1	1.63	1.5	1.59	1.64	1.62	1.6	1.64	1.6	1.58	1.63	1.49	1.67	1.7	1.69	1.66	1.67	1.57	1.64	1.56	1.6	1.45	1.61	1.65	1.59	1.606521739	36.95	0.25	0.064184852	532176	1.42
02.01.06	2	1.58	1.62	1.6	1.63	1.59	1.6	1.59	1.6	1.69	1.6	1.59	1.71	1.62	1.71	1.65	1.6	1.56	1.59	1.59	1.6	1.57	1.59	1.6	1.63	1.614347826	37.13	0.15	0.038510911	367807	1.84
03.01.06	3	1.58	1.66	1.56	1.58	1.6	1.61	1.58	1.65	1.6	1.61	1.62	1.64	1.6	1.63	1.64	1.56	1.65	1.66	1.63	1.61	1.62	1.62	1.6	1.65	1.616521739	37.18	0.1	0.025673941	260517	2.14
04.01.06	4	1.57	1.61	1.59	1.59	1.51	1.64	1.66	1.64	1.64	1.6	1.59	1.59	1.6	1.61	1.66	1.64	1.65	1.63	1.59	1.64	1.72	1.63	1.58	1.57	1.616521739	37.18	0.21	0.053915276	440408	1.65
05.01.06	5	1.58	1.61	1.61	1.65	1.63	1.67	1.61	1.63	1.49	1.62	1.59	1.56	1.61	1.55	1.55	1.6	1.67	1.58	1.65	1.62	1.56	1.6	1.72	1.6	1.607826087	36.98	0.23	0.059050064	506550	1.48
06.01.06	6	1.57	1.62	1.58	1.63	1.63	1.57	1.59	1.59	1.59	1.58	1.53	1.55	1.58	1.56	1.52	1.58	1.52	1.62	1.67	1.55	1.59	1.57	1.55	1.59	1.580869565	36.36	0.15	0.038510911	691308	1.00
07.01.06	7	1.56	1.6	1.59	1.62	1.58	1.65	1.56	1.55	1.58	1.56	1.58	1.58	1.59	1.57	1.55	1.58	1.58	1.57	1.52	1.58	1.59	1.63	1.6	1.58	1.582173913	36.39	0.13	0.033376123	703570	0.97
08.01.06	8	1.62	1.58	1.59	1.54	1.62	1.53	1.53	1.56	1.69	1.48	1.69	1.54	1.56	1.53	1.54	1.59	1.56	1.5	1.58	1.57	1.58	1.59	1.58	1.56	1.569130435	36.09	0.21	0.053915276	724133	0.90
09.01.06	9	1.58	1.58	1.56	1.52	1.58	1.56	1.52	1.62	1.59	1.63	1.6	1.58	1.57	1.55	1.62	1.55	1.59	1.56	1.56	1.52	1.62	1.56	1.53	1.52	1.569130435	36.09	0.11	0.028241335	862819	0.41
10.01.06	10	1.53	1.56	1.57	1.53	1.53	1.53	1.54	1.56	1.63	1.57	1.63	1.52	1.63	1.55	1.65	1.59	1.61	1.66	1.59	1.45	1.56	1.72	1.52	1.55	1.576086957	36.25	0.27	0.069319641	671864	1.05
11.01.06	11	1.53	1.63	1.62	1.49	1.53	1.62	1.6	1.49	1.58	1.64	1.61	1.64	1.61	1.55	1.67	1.72	1.57	1.65	1.61	1.57	1.55	1.57	1.6	1.61	1.596956522	36.73	0.23	0.059050064	561043	1.35
12.01.06	12	1.66	1.55	1.58	1.57	1.66	1.61	1.63	1.55	1.53	1.58	1.59	1.61	1.59	1.59	1.52	1.62	1.63	1.61	1.57	1.58	1.58	1.58	1.61	1.63	1.59	36.57	0.14	0.035943517	610681	1.22
13.01.06	13	1.58	1.55	1.59	1.56	1.58	1.56	1.61	1.59	1.52	1.53	1.49	1.61	1.49	1.62	1.58	1.57	1.59	1.56	1.63	1.6	1.59	1.61	1.62	1.65	1.57826087	36.3	0.16	0.041078306	703191	0.97
14.01.06	14	1.58	1.61	1.57	1.57	1.57	1.62	1.62	1.61	1.6	1.59	1.64	1.59	1.64	1.61	1.56	1.56	1.62	1.56	1.62	1.57	1.65	1.56	1.65	1.56	1.597826087	36.75	0.09	0.023106547	537483	1.41
15.01.06	15	1.63	1.54	1.63	1.54	1.63	1.56	1.63	1.56	1.52	1.57	1.59	1.54	1.59	1.55	1.59	1.58	1.53	1.44	1.55	1.45	1.6	1.51	1.6	1.54	1.55826087	35.84	0.19	0.048780488	805737	0.64
16.01.06	16	1.61	1.52	1.61	1.58	1.58	1.51	1.61	1.52	1.59	1.57	1.6	1.55	1.53	1.57	1.61	1.59	1.59	1.62	1.54	1.57	1.61	1.6	1.55	1.59	1.574347826	36.21	0.11	0.028241335	818150	0.59
17.01.06	17	1.59	1.6	1.59	1.61	1.53	1.6	1.59	1.7	1.59	1.6	1.53	1.55	1.66	1.57	1.57	1.59	1.65	1.58	1.65	1.56	1.65	1.52	1.65	1.56	1.595652174	36.7	0.18	0.046213094	549452	1.38
18.01.06	18	1.49	1.56	1.49	1.55	1.52	1.57	1.49	1.52	1.64	1.56	1.52	1.61	1.58	1.62	1.63	1.55	1.53	1.55	1.53	1.62	1.67	1.59	1.53	1.68	1.57	36.11	0.19	0.048780488	734572	0.87
19.01.06	19	1.64	1.53	1.64	1.59	1.6	1.55	1.64	1.57	1.52	1.56	1.52	1.5	1.51	1.57	1.56	1.57	1.66	1.56	1.66	1.59	1.52	1.59	1.66	1.65	1.579130435	36.32	0.16	0.041078306	695917	0.99
20.01.06	20	1.59	1.6	1.59	1.65	1.52	1.68	1.59	1.67	1.65	1.75	1.68	1.74	1.63	1.66	1.68	1.64	1.65	1.65	1.68	1.75	1.58	1.75	1.8	1.75	1.666956522	38.34	0.28	0.071887035	498701	1.50
21.01.06	21	1.71	1.75	1.74	1.71	1.59	1.77	1.73	1.72	1.53	1.71	1.58	1.69	1.53	1.74	1.66	1.69	1.58	1.67	1.65	1.68	1.56	1.71	1.62	1.71	1.666086957	38.32	0.24	0.061617458	432769	1.67
22.01.06	22	1.63	1.72	1.71	1.74	1.59	1.78	1.62	1.75	1.52	1.75	1.69	1.83	1.66	1.76	1.65	1.71	1.53	1.7	1.6	1.75	1.59	1.75	1.57	1.69	1.680869565	38.66	0.31	0.079589217	559818	1.35
23.01.06	23	1.66	1.7	1.69	1.7	1.69	1.7	1.68	1.75	1.73	1.78	1.73	1.77	1.58	1.78	1.77	1.84	1.52	1.83	1.83	1.78	1.61	1.75	1.56	1.68	1.715217391	39.45	0.32	0.082156611	653870	1.10
24.01.06	24	1.7	1.73	1.81	1.68	1.66	1.67	1.68	1.69	1.74	1.75	1.71	1.83	1.73	1.7	1.65	1.69	1.6	1.7	1.79	1.7	1.57	1.74	1.71	1.7	1.705652174	39.23	0.26	0.066752246	590479	1.27
25.01.06	25	1.7	1.74	1.59	1.75	1.59	1.7	1.62	1.81	1.73	1.79	1.69	1.68	1.73	1.75	1.73	1.67	1.68	1.63	1.63	1.63	1.63	1.7	1.72	1.69	1.690434783	38.88	0.22	0.05648267	487438	1.53
26.01.06	26	1.62	1.67	1.56	1.65	1.56	1.71	1.58	1.74	1.49	1.7	1.62	1.72	1.49	1.74	1.55	1.72	1.78	1.74	1.71	1.65	1.69	1.69	1.71	1.72	1.660434783	38.19	0.29	0.074454429	506052	1.48
27.01.06	27	1.68	1.7	1.66	1.65	1.61	1.68	1.69	1.68	1.69	1.67	1.64	1.67	1.71	1.68	1.7	1.6	1.65	1.65	1.65	1.66	1.55	1.63	1.65	1.66	1.657826087	38.13	0.16	0.041078306	231897	2.23
28.01.06	28	1.49	1.69	1.62	1.72	1.49	1.68	1.62	1.67	1.64	1.69	1.6	1.7	1.59	1.67	1.65	1.64	1.53	1.62	1.53	1.65	1.57	1.63	1.53	1.65	1.625217391	37.38	0.23	0.059050064	437351	1.66
29.01.06	29	1.68	1.68	1.63	1.61	1.61	1.6	1.61	1.7	1.7	1.64	1.63	1.59	1.56	1.62	1.6	1.63	1.66	1.64	1.66	1.62	1.56	1.62	1.66	1.55	1.625217391	37.38	0.15	0.038510911	282372	2.08
31.01.06	30	1.63	1.58	1.53	1.52	1.6	1.52	1.59	1.59	1.7	1.79	1.61	1.66	1.6	1.64	1.62	1.62	1.6	1.68	1.61	1.63	1.58	1.58	1.55	1.64	1.610434783	37.04	0.27	0.069319641	538341	1.40
PROSES																										1.616130435	37.171	0.19966667	0.051262302	427419	1.68



Gambar 4.7 Grafik Pola DPMO Kandungan AM (Januari 2006)



Gambar 4.8 Grafik Pola Nilai Kapabilitas *Sigma* Kandungan AM (Januari 2006)

8. Perhitungan Tingkat *Sigma* pada Proses *Clinker* untuk Kandungan AM (Januari 2006) Berdasarkan Konsep *Six Sigma* dalam Distribusi Normal adalah sebagai berikut:

a. $P = P(X < 1,6) + P(X > 1,7)$

$$= Z\left(\frac{1,6 - 1,616130}{0,051262}\right) + 1 - Z\left(\frac{1,7 - 1,616130}{0,051262}\right)$$

$$= Z(-0,31465) + 1 - Z(1,63610)$$

$$= 0,376508 + (1 - 0,949089)$$

$$= 0,427419$$

b. Untuk mendapatkan nilai *sigma* dapat dihitung sebagai berikut:

$$= 1 - \left(\frac{Nilai\ \Pr obabilitas}{2}\right)$$

$$= 1 - \left(\frac{0,427419}{2}\right)$$

$$= 0,78629$$

(untuk probabilitas 0,78629 nilai *sigma* = 0,79 berdasarkan pendekatan pada tabel distribusi normal)

Maka didapatkan nilai *sigma* dalam distribusi normal pada proses *clinker* untuk kandungan AM adalah 0,79

c. Hasil perhitungan *sigma* berdasarkan konsep *Six Sigma* dalam distribusi normal pada subgroup 1–30 terdapat pada Tabel 4.16.

FAK. TEKNOLOGI INDUSTRI PERPUSTAKAAN UII YOGYAKARTA

Hasil perhitungan DPMO dan *sigma* keempat unsur pembuatan *clinker* selama periode Oktober 2005 – Juni 2006 dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21.

Tabel 4.20 Nilai DPMO Proses Kandungan *Clinker*
(Oktober 2005 – Juni 2006)

Kandungan / Bulan	LSF	HM	SM	AM
Oktober 2005	481.147,4	267.192,3	398.286,3	399.925,7
November 2005	627.581,5	429.713,8	354.298,9	463.326,0
Desember 2005	627.259,2	459.486,6	341.961,3	506.006,8
Januari 2006	620.691,2	433.479,1	318.888,8	427.418,9
Februari 2006	509.588,9	276.970,3	306.024,8	443.691,9
Maret 2006	536.424,4	331.821,1	379.948,9	458.483,9
April 2006	529.636,9	333.497,7	373.520,7	515.328,1
Mei 2006	430.898,8	302.605,2	385.410,1	653.926,7
Juni 2006	387.765,8	257.593,2	317.967,9	563.423,4

Tabel 4.21 Nilai Level *Sigma* Proses Kandungan *Clinker*
Konsep Motorola (Oktober 2005 – Juni 2006)

Kandungan / Bulan	LSF	HM	SM	AM
Oktober 2005	1,55	2,07	1,76	1,75
November 2005	1,17	1,68	1,87	1,59
Desember 2005	1,18	1,64	1,91	1,48
Januari 2006	1,19	1,67	1,97	1,68
Februari 2006	1,48	2,09	2,01	1,64
Maret 2006	1,41	1,93	1,81	1,60
April 2006	1,43	1,93	1,82	1,46
Mei 2006	1,67	2,02	1,79	1,10
Juni 2006	1,79	2,15	1,97	1,34

4.2.2 Perhitungan Kemampuan Proses *Clinker*

a. Kemampuan Proses pada Produk *Clinker* untuk Kandungan LSF

1. Menentukan nilai target yang ditentukan oleh perusahaan dengan batas-batas spesifikasi atas dan bawah.

   T (spesifikasi target) = 97 % ± 1% dengan USL = 98 % dan LSL = 96 %

2. Menentukan nilai toleransi standar deviasi maksimum (S_{maks})

   Contoh perhitungan S_{maks} bulan Januari 2006

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times \text{target } sigma}\right\} \times (USL - LSL)$$

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times 1{,}19}\right\} \times (98 - 96)$$

$$= 0{,}83843144$$

   Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{maks}, pada target *sigma* 1,19 maka dilakukan pengujian hipotesis berikut:

   Uji Hipotesis

   Ho : $\sigma^2 \geq (S_{maks})^2$ atau Ho : $\sigma^2 \geq (0{,}83843144)^2 = 0{,}417701019$

   H_1 : $\sigma^2 < (S_{maks})^2$ atau H_1 : $\sigma^2 < (0{,}83843144)^2 = 0{,}417701019$

   $\alpha = 0{,}05$

Kriteria pengujian

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} < \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 diterima

Chi kuadrat hitung < Chi kuadrat tabel

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} \geq \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 ditolak

Chi kuadrat hitung ≥ Chi kuadrat tabel

χ^2_{tabel} (0,05 ; 720-1) = 782,4906117 (n = ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung S^2 yaitu 24 unit per pengamatan × 30 pengamatan = 720)

Statistik uji $\left(\chi^2_{hitung}\right) = \{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\}$

$= \{(720-1)(1{,}541036)^2\}/\{(0{,}83843144)^2\}$

$= 2428{,}9527$

Kesimpulan:

Karena $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} = 2428{,}9527 \geq \chi^2_{tabel}$ (0,05 ; 720-1) = 782,4906117 maka H_0 ditolak dan menyimpulkan bahwa pada tingkat signifikan 0,05 atau tingkat kepercayaan 95 % variasi pada kandungan LSF bulan Januari 2006 dalam proses pembuatan produk *clinker* pada tingkat 1,19–*sigma* lebih besar dari pada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diharuskan pada tingkat 1,19 (Lihat Tabel 4.22).

Tabel 4.22 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk *Clinker* pada Kandungan LSF

Bulan	n	*Sigma*	S	Smaks	(n-1)S^2/(Smax)^2	Chi-Square (alpha, n-1)	Hasil
Oktober 2005	648	1,547274	1,31460	0,64629	2676,86564	707,284048	Ho ditolak
November 2005	672	1,1745454	1,76426	0,85139	2881,28649	732,371872	Ho ditolak
Desember 2005	600	1,1753971	1,61736	0,85077	2164,74677	657,046052	Ho ditolak
Januari 2006	720	1,1927034	1,54104	0,83843	2428,95279	782,490611	Ho ditolak
Februari 2006	192	1,4759618	1,49358	0,67752	928,199799	224,244624	Ho ditolak
Maret 2006	648	1,4085703	1,57847	0,70994	3198,41681	707,284048	Ho ditolak
April 2006	672	1,4256427	1,52558	0,70143	3174,06021	732,371872	Ho ditolak
Mei 2006	576	1,6740862	1,18603	0,59734	2266,80506	631,893377	Ho ditolak
Juni 2006	720	1,7851467	1,13753	0,56017	2964,83102	782,490611	Ho ditolak

Selanjutnya, nilai rata-rata pengukuran kandungan LSF untuk setiap bulan ditebarkan dalam peta kontrol X-bar menggunakan konsep *Six Sigma* dan Statistika. Batas-batas kontrol yang didefinisikan sebagai berikut:

a). Berdasarkan Konsep *Six Sigma*

UCL = T + (1,5 standar deviasi maksimum)

LCL = T – (1,5 standar deviasi maksimum)

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Februari 2006

$$UCL_{Februari} = T + 1{,}5\, S_{maks} = 97 + 1{,}5\,(0{,}677524303) = 98{,}01629\ \%$$

$$LCL_{Februari} = T - 1{,}5\, S_{maks} = 97 - 1{,}5\,(0{,}68390712) = 95{,}98371\ \%$$

b). Berdasarkan Konsep Statistika

$UCL = CL + A_3\overline{S}$

$LCL = CL - A_3\overline{S}$

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Februari 2006

$UCL_{Februari} = 97 + (0{,}619 \times 1) = 97{,}619\ \%$

$LCL_{Februari} = 97 - (0{,}619 \times 1) = 96{,}381\ \%$

A_3 dengan n = 24 memiliki nilai 0,619

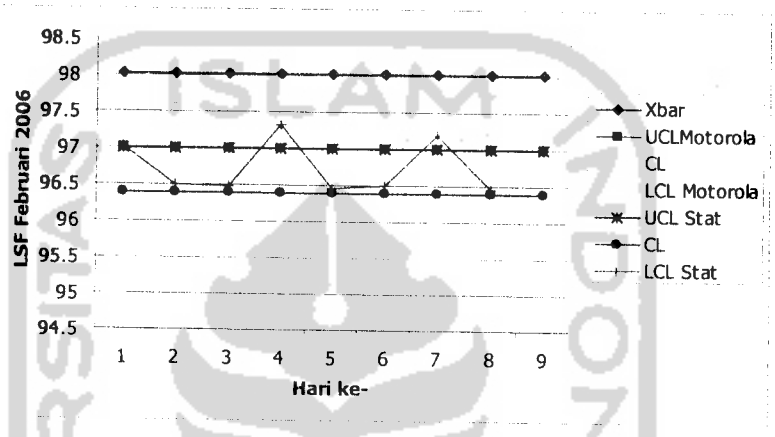
$\overline{S}$ = Standar deviasi yang diijinkan dalam spesifikasi 1 %

Berikut ini batas kontrol UCL dan LCL menggunakan konsep Motorola yang ditunjukan dalam Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar Produk *Clinker* pada Kandungan LSF

Bulan	Smaks	UCL	CL	LCL
Oktober 2005	0,646297	97,969	97	96,030
November 2005	0,851393	98,277	97	95,722
Desember 2005	0,850776	98,276	97	95,723
Januari 2006	0,838431	98,257	97	95,742
Februari 2006	0,677524	98,016	97	95,983
Maret 2006	0,709939	98,064	97	95,935
April 2006	0,701438	98,052	97	95,947
Mei 2006	0,597340	97,896	97	96,104
Juni 2006	0,560178	97,840	97	96,159

Gambar 4.9 menunjukkan peta kontrol X-bar berdasarkan konsep *Six Sigma* dan Statistika digunakan untuk memeriksa apakah proses masih berada dalam keadaan terkendali.



Gambar 4.9 Peta Kontrol X-bar Kandungan LSF Bulan Februari 2006

Grafik peta kontrol diatas digunakan untuk melihat bahwa apabila peta kontrol dinyatakan terkendali secara statistika maka dapat dilanjutkan untuk menganalisis kemampuan proses C_{pm} dan C_{pmk}. Hasil analisa peta kendali selama 9 bulan dapat dilihat pada Tabel 4.24 berikut ini:

Tabel 4.24 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan LSF pada Peta Kontrol X-bar

Bulan	Hasil
Oktober 2005	*Out of Control*
November 2005	*Out of Control*
Desember 2005	*Out of Control*
Januari 2006	*Out of Control*
Februari 2006	*In of Control*
Maret 2006	*Out of Control*
April 2006	*Out of Control*
Mei 2006	*Out of Control*
Juni 2006	*Out of Control*

Menentukan indeks C_{pm} pada proses yang terkendali menggunakan formula berikut:

$$C_{pm} = (USL - LSL) / \left\{ 6 \setminus \sqrt{\left(\overline{X} - T\right)^2 + S^2} \right\}$$

$$C_{pm} = (98 - 96) / \left\{ 6 \setminus \sqrt{(96{,}7399 - 97)^2 + 1{,}49358^2} \right\}$$

$$= 0{,}21987$$

Untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (*interval* toleransi spesifikasi = USL – LSL) menyimpang dari nilai target (T), dihitung menggunakan formula berikut:

$$\%\ off\text{-}target = Absolut\ (\overline{X} - T)/(USL - LSL) \times 100\ \%$$

$$= Absolut\ (96{,}7399 - 97)/(98 - 96) \times 100\ \%$$

$$= 13{,}0052\ \%$$

Menentukan pengujian hipotesis terhadap pergeseran nilai rata-rata proses dari target yang ditetapkan berdasarkan konsep Motorola dapat dilakukan sebagai berikut:

H_0 : Nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) tidak bergeser melewati batas toleransi yang ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

H_1 : Nilai rata-rata proses sesungguhnya (μ) telah bergeser melewati batas toleransi yang telah ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

Uji Hipotesis

H_0: $\mu = T \pm 1{,}5S_{maks}$ atau H_1 : $\mu \neq T \pm 1{,}5S_{maks}$

$\alpha = 0{,}05$

Kriteria Pengujian:

Jika $\left(\overline{X} - t_{0,05\ 2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0,05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

H_0 = LSL < μ <USL, maka H_0 diterima

Jika $\left(\overline{X} - t_{0,05\ 2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0,05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

$H_0 \neq$ LSL < μ <USL, maka H_0 ditolak

t_{tabel} (0,05/2 : 192-1) = 1,9724 ((n = ukuran contoh = 8 x 24 = 192)

Statistik uji:

$= \{96{,}7399 - (1{,}9724)(1{,}49358/\sqrt{192})\} < \mu < \{96{,}7399 + (1{,}9724)(1{,}49358/\sqrt{192})\}$

$= (96{,}7399 - 0{,}21260) < \mu < (96{,}7399 + 0{,}21260)$

$= 96{,}5273 < \mu < 96{,}9525$

Kesimpulan:

Karena batas-batas 96,5273 $< \mu <$ 96,9525 masih berada dalam batas-batas yang ditetapkan H_0: 95,9837$< \mu <$98,01629, maka H_0 diterima artinya pergeseran nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) dari nilai target yang ditetapkan oleh pelanggan (T) masih berada dalam batas-batas toleransi menurut konsep *Six Sigma* Motorola.

Selanjutnya varians (*variance*) dari *Off* target dapat dihitung sebagai berikut:

$$S^2(off - \text{target}) = \left(\overline{X} - T\right)^2 = (96{,}7399 - 97)^2 = (-0{,}2601)^2 = 0{,}067652\ \%$$

$$S_{(off - \text{target})} = \sqrt{0{,}067652} = 0{,}2601\ \%$$

Bersamaan dengan penggunaan indeks C_{pm} juga dipergunakan indeks C_{pmk} yang mengukur tingkat pada mana output proses itu berada dalam dalam batas-batas toleransi (batas-batas spesifikasi atas dan bawah, USL dan LSL) yang diinginkan oleh pelanggan.

Perhitungan indeks C_{pmk} adalah sebagai berikut:

$$C_{pk} = \text{minimum } (\overline{X} - LSL)/3S \ ; (\text{USL} - \overline{X})/3S$$

$$= \text{minimum } (96{,}7399 - 96)/(3 \times 1{,}49358) \ ; (98 - 96{,}7399)/(3 \times 1{,}49358)$$

$$= \text{minimum } (0{,}16512 \ ; \ 0{,}28122)$$

$$= 0{,}16512$$

$$C_{pmk} = C_{pk} / \sqrt{1+(\overline{X}-T/S)^2}$$

$$= 0{,}16512 / \sqrt{1+(96{,}7399-97)/1{,}49358)^2}$$

$$= 0{,}162679$$

Tabel 4.25 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan LSF pada Produk *Clinker*

Bulan	X-bar	S	Cpm	% *off* target	Batas Toleransi		UH		Hasil
					Atas	Bawah	Atas	Bawah	
Februari 2006	96,7399	1,49358	0,21987	0,130052	98,01629	95,9837	96,9525	96,5273	Ho diterima

Tabel 4.25 (Lanjutan)

Bulan	X-bar	S	S *off* target	Cpk	Cpmk
Februari 2006	96,7399	1,49358	0,2601042	0,16513	0,16268

b. Kemampuan Proses pada Produk *Clinker* untuk Kandungan HM

1. Menentukan nilai target yang ditentukan oleh perusahaan dengan batas-batas spesifikasi atas dan bawah.

   T (spesifikasi target) = 2,20 % ± 0,05% dengan USL = 2,25 % dan LSL = 2,15 %

2. Menentukan nilai toleransi standar deviasi maksimum (S_{maks})

   Contoh Perhitungan S_{maks} bulan Januari 2006

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times \text{target } sigma}\right\} \times (USL - LSL)$$

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times 1{,}67}\right\} \times (2{,}25 - 2{,}15)$$

$$= 0{,}029985$$

Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{maks}, pada target *sigma* 1,67 maka dilakukan pengujian hipotesis berikut:

Uji Hipotesis

Ho : $\sigma^2 \geq (S_{maks})^2$ atau Ho : $\sigma^2 \geq (0{,}029985)^2 = 0{,}000899$

H_1 : $\sigma^2 < (S_{maks})^2$ atau H_1 : $\sigma^2 < (0{,}029985)^2 = 0{,}000899$

$\alpha = 0{,}05$

Kriteria pengujian

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} < \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 diterima

Chi kuadrat hitung < Chi kuadrat tabel

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} \geq \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 ditolak

Chi kuadrat hitung ≥ Chi kuadrat tabel

χ^2_{tabel} (0,05 ; 720-1) = 782,4906117 (n = ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung S^2 yaitu 24 unit per pengamatan $\times 30$ pengamatan = 720)

Statistik uji $\left(\chi^2_{hitung}\right) = \{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\}$

$= \{(720-1)(0{,}04424)^2\}/\{(0{,}029985)^2\}$

$= 1565{,}5123$

Kesimpulan:

Karena $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} = 1565{,}5123 \geq \chi^2_{tabel}$ (0,05 ; 720-1) = 782,4906117 maka H_0 ditolak dan menyimpulkan bahwa pada tingkat signifikan 0,05 atau tingkat kepercayaan 95 % variasi pada kandungan HM bulan Januari 2006 dalam

proses pembuatan produk *clinker* pada tingkat 1,67–*sigma* lebih besar dari pada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diharuskan pada tingkat 1,67 (Lihat Tabel 4.26).

Tabel 4.26 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk *Clinker* pada Kandungan HM

Bulan	n	*Sigma*	S	Smaks	(n-1) S^2/(Smax)^2	Chi-Square (alpha, n-1)	Hasil
Oktober 2005	648	2,1213	0,0406	0,02357	1919,96240	707,284048	Ho ditolak
November 2005	672	1,6771	0,0523	0,02981	2069,39393	732,371872	Ho ditolak
Desember 2005	600	1,6017	0,0484	0,03121	1444,28528	657,046052	Ho ditolak
Januari 2006	720	1,6675	0,0442	0,02998	1565,51232	782,490611	Ho ditolak
Februari 2006	192	2,0918	0,0446	0,02390	665,266451	224,244624	Ho ditolak
Maret 2006	648	1,9348	0,0486	0,02584	2296,54147	707,284048	Ho ditolak
April 2006	672	1,9302	0,0464	0,02590	2161,25411	732,371872	Ho ditolak
Mei 2006	576	2.0169	0,0456	0,02479	1952,20054	631,893377	Ho ditolak
Juni 2006	720	2.1507	0,0426	0,02324	2416,48090	782,490611	Ho ditolak

Selanjutnya, nilai rata-rata pengukuran kandungan HM untuk setiap bulan ditebarkan dalam peta kontrol X-bar menggunakan konsep *Six Sigma* dan Statistika. Batas-batas kontrol yang didefinisikan sebagai berikut:

a). Berdasarkan Konsep *Six Sigma*

UCL = T + (1,5 standar deviasi maksimum)

LCL = T – (1,5 standar deviasi maksimum)

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Februari 2006

$$UCL_{Februari} = T + 1{,}5\, S_{maks} = 2{,}20 + 1{,}5\,(0{,}023902) = 2{,}232114\ \%$$

$$LCL_{Februari} = T - 1{,}5\, S_{maks} = 2{,}20 - 1{,}5\,(0{,}023902) = 2{,}167886\ \%$$

b). Berdasarkan Konsep Statistika

$UCL = CL + A_3\overline{S}$

$LCL = CL - A_3\overline{S}$

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Februari 2006

$UCL_{Februari} = 2{,}20 + (0{,}619 \times 0{,}05) = 2{,}231\ \%$

$LCL_{Februari} = 2{,}20 - (0{,}619 \times 0{,}05) = 2{,}169\ \%$

A_3 dengan n = 24 memiliki nilai 0,619

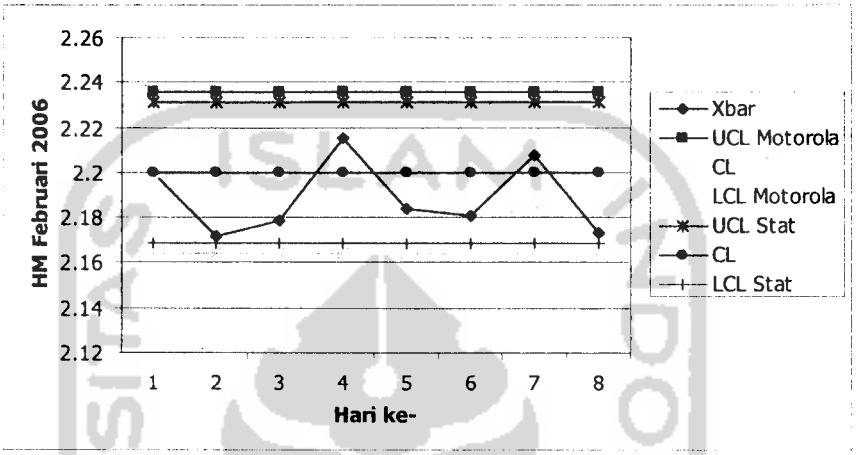
$\overline{S}$ = Standar deviasi yang diijinkan dalam spesifikasi 0,05 %

Berikut ini batas kontrol UCL dan LCL mengunakan konsep Motorola yang ditunjukan dalam Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar Produk *Clinker* pada Kandungan HM

Bulan	Smaks	UCL	CL	LCL
Oktober 2005	0,02357	2,23536	2,2	2,16464
November 2005	0,02981	2,24472	2,2	2,15528
Desember 2005	0,03122	2,24682	2,2	2,15318
Januari 2006	0,02998	2,24498	2,2	2,15502
Februari 2006	0,02390	2,23585	2,2	2,16415
Maret 2006	0,02584	2,23876	2,2	2,16124
April 2006	0,02590	2,23885	2,2	2,16115
Mei 2006	0,02479	2,23719	2,2	2,16281
Juni 2006	0,02325	2,23487	2,2	2,16513

Gambar 4.10 menunjukkan peta kontrol X-bar berdasarkan konsep *Six Sigma* dan Statistika digunakan untuk memeriksa apakah proses masih berada dalam keadaan terkendali.



Gambar 4.10 Peta Kontrol X-bar Kandungan HM Bulan Februari 2006

Grafik peta kontrol diatas digunakan untuk melihat bahwa apabila peta kontrol dinyatakan terkendali secara statistika maka dapat dilanjutkan untuk menganalisis kemampuan proses C_{pm} dan C_{pmk}. Hasil analisa peta kendali selama 9 bulan dapat dilihat pada Tabel 4.28 berikut ini:

Tabel 4.28 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan HM pada Peta Kontrol X-bar

Bulan	Hasil
Oktober 2005	*Out of Control*
November 2005	*Out of Control*
Desember 2005	*Out of Control*
Januari 2006	*Out of Control*
Februari 2006	*In of Control*
Maret 2006	*Out of Control*
April 2006	*Out of Control*
Mei 2006	*In of Control*
Juni 2006	*Out of Control*

Menentukan indeks C_{pm} pada proses yang terkendali mengunakan formula berikut:

Contoh perhitungan untuk bulan Februari 2006

$$C_{pm} = (USL - LSL) / \left\{ 6 \sqrt{(\overline{X} - T)^2 + S^2} \right\}$$

$$C_{pm} = (2{,}25 - 2{,}15) / \left\{ 6 \sqrt{(2{,}18891 - 2{,}20)^2 + 0{,}04461^2} \right\}$$

$$= 0{,}36258$$

Untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (*interval* toleransi spesifikasi = USL – LSL) menyimpang dari nilai target (T), dihitung menggunakan formula berikut:

$$\%\ off\text{-}target = Absolut\ (\overline{X} - T)/(USL - LSL) \times 100\ \%$$

$$= Absolut\ (2{,}18891 - 2{,}20)/(2{,}25 - 2{,}15) \times 100\ \%$$

$$= 11{,}09375\ \%$$

Menentukan pengujian hipotesis terhadap pergeseran nilai rata-rata proses dari target yang ditetapkan berdasarkan konsep Motorola dapat dilakukan sebagai berikut:

H_0: Nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) tidak bergeser melewati batas toleransi yang ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

H_1 : Nilai rata-rata proses sesungguhnya (μ) telah bergeser melewati batas toleransi yang telah ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

Uji Hipotesis

H_0: $\mu = T \pm 1{,}5S_{maks}$ atau $H_1 : \mu \neq T \pm 1{,}5S_{maks}$

$\alpha = 0{,}05$

Kriteria Pengujian:

Jika $\left(\overline{X} - t_{0{,}05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0{,}05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

H_0 = LSL < μ <USL, maka H_0 diterima

Jika $\left(\overline{X} - t_{0{,}05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0{,}05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

$H_0 \neq$ LSL < μ <USL, maka H_0 ditolak

t_{tabel} (0,05/2 : 192-1) = 1,9724 ((n = ukuran contoh = 8 x 24 = 192)

Statistik uji:

$=\{2{,}18891 - (1{,}9724)(0{,}04461/\sqrt{192})\} < \mu < \{2{,}18891 + (1{,}9724)(0{,}04461/\sqrt{192})\}$

$=(2{,}18891 - 0{,}006354) < \mu < (2{,}18891 + 0{,}006354)$

$= 2{,}182556 < \mu < 2{,}195264$

Kesimpulan:

Karena batas-batas 2,182556 $< \mu <$ 2,195264 masih berada dalam batas-batas yang ditetapkan H_0: 2,16415$< \mu <$2,23585, maka H_0 diterima artinya pergeseran nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) dari nilai target yang ditetapkan oleh pelanggan (T) masih berada dalam batas-batas toleransi menurut konsep *Six Sigma* Motorola.

Selanjutnya varians (*variance*) dari *Off* target dapat dihitung sebagai berikut:

$$S^2(off - \text{target}) = \left(\overline{X} - T\right)^2 = (2{,}18891 - 2{,}20)^2 = (-0{,}01109)^2$$

$$= 0{,}0001229\ \%$$

$$S_{(off-\text{target})} = \sqrt{0{,}000317} = 0{,}01109\ \%$$

Bersamaan dengan penggunaan indeks C_{pm} juga dipergunakan indeks C_{pmk} yang mengukur tingkat pada mana output proses itu berada dalam dalam batas-batas toleransi (batas-batas spesifikasi atas dan bawah, USL dan LSL) yang diinginkan oleh pelanggan.

Perhitungan indeks C_{pmk} sebagai berikut:

C_{pk} = minimum $(\overline{X} - LSL)/3S$; $(\text{USL} - \overline{X})/3S$

= minimum (2,18891 – 2,15)/(3 × 0,0046) ; (2,25 -2,18891)/(3 × 0,0046)

= minimum (0,290741 ; 0,45647)

= 0,290741

$$C_{pmk} = C_{pk} / \sqrt{1+(\overline{X} - T/S)^2}$$

$$= 0{,}290741 / \sqrt{1+(2{,}182188 - 2{,}20)/0{,}04461)^2}$$

$$= 0{,}28213$$

Tabel 4.29 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan HM pada Produk *Clinker*

Bulan	X-bar	S	Cpm	% *off* target	Batas Toleransi		UH		Hasil
					Atas	Bawah	Atas	Bawah	
Februari 2006	2,18891	0,04461	0,36258	11,09375	2,235853	2,16415	2,19526	2,18256	Ho ditolak
Mei 2006	2,18399	0,04568	0,34434	16,00694	2,237185	2,16281	2,18773	2,18025	Ho ditolak

Tabel 4.29 (Lanjutan)

Bulan	X-bar	S	S *off* target	Cpk	Cpmk
Februari 2006	2,18891	0,04461	0,0110938	0,29072	0,28213
Mei 2006	2,18399	0,04568	0,0160069	0,24806	0,23410

c. Kemampuan Proses pada Produk *Clinker* untuk Kandungan SM

1. Menentukan nilai target yang ditentukan oleh perusahaan dengan batas-batas spesifikasi atas dan bawah.

   T (spesifikasi target) = 2,35 % ± 0,05% dengan USL = 2,4 % dan LSL = 2,3 %

2. Menentukan nilai toleransi standar deviasi maksimum (S_{maks})

Contoh perhitungan S_{maks} untuk bulan Januari 2006

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times \text{target } sigma}\right\} \times (USL - LSL)$$

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times 1{,}97}\right\} \times (2{,}4 - 2{,}3)$$

$$= 0{,}0253703$$

Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{maks}, pada target *sigma* 1,97 maka dilakukan pengujian hipotesis berikut:

Uji Hipotesis

Ho : $\sigma^2 \geq (S_{maks})^2$ atau Ho : $\sigma^2 \geq (0{,}0253703)^2 = 0{,}0006436$

H_1 : $\sigma^2 < (S_{maks})^2$ atau H_1 : $\sigma^2 < (0{,}0253703)^2 = 0{,}0006436$

$\alpha = 0{,}05$

Kriteria pengujian

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} < \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 diterima

Chi kuadrat hitung < Chi kuadrat tabel

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} \geq \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 ditolak

Chi kuadrat hitung ≥ Chi kuadrat tabel

χ^2_{tabel} (0,05 ; 720–1) = 782,4906117 (n = ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung S^2 yaitu 24 unit per pengamatan × 30 pengamatan = 720)

Statistik uji $\left(\chi^2_{hitung}\right) = \left\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\right\}$

$= \left\{(720-1)(0{,}050149)^2\right\}/\left\{(0{,}0253703)^2\right\}$

$= 2809{,}4120$

Kesimpulan:

Karena $\left\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\right\} = 2809{,}4120 \geq \chi^2_{tabel}(0{,}05\ ;\ 720\text{-}1) = 782{,}4906117$ maka H_0 ditolak dan menyimpulkan bahwa pada tingkat signifikan 0,05 atau tingkat kepercayaan 95 % variasi pada kandungan SM bulan Januari 2006 dalam proses pembuatan produk *clinker* pada tingkat 1,97–*sigma* lebih besar dari pada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diharuskan pada tingkat 1,97 (Lihat Tabel 4.30).

Tabel 4.30 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk *Clinker* pada Kandungan SM

Bulan	n	*Sigma*	S	X-bar	Smaks	(n-1)S^2/(Smax)^2	Chi-Square (alpha, n-1)	Hasil
Oktober 2005	648	1,7577	0,05829	2,36025	0,02844	2716,904737	707,284048	Ho ditolak
November 2005	672	1,8737	0,05355	2,35679	0,02668	2702,065411	732,371872	Ho ditolak
Desember 2005	600	1,9071	0,05032	2,33487	0,02621	2206,675103	657,046052	Ho ditolak
Januari 2006	720	1,9708	0,05015	2,35117	0,02537	2809,412033	782,490611	Ho ditolak
Februari 2006	192	2,0071	0,04878	2,34745	0,02491	732,3948654	224,244624	Ho ditolak
Maret 2006	648	1,8056	0,05629	2,34142	0,02769	2673,718018	707,284048	Ho ditolak
April 2006	672	1,8225	0,05602	2,35426	0,02743	2798,268984	732,371872	Ho ditolak
Mei 2006	576	1,7913	0,05477	2,36752	0,02791	2213,951318	631,893377	Ho ditolak
Juni 2006	720	1,9733	0,04964	2,35654	0,02533	2759,387809	782,490611	Ho ditolak

Selanjutnya, nilai rata-rata pengukuran kandungan SM ditebarkan kedalam peta kontrol X-bar dengan menggunakan konsep *Six Sigma* dan Statistika. Batas-batas kontrol yang didefinisikan sebagai berikut:

a). Berdasarkan Konsep *Six Sigma*

UCL = T + (1,5 standar deviasi maksimum)

LCL = T – (1,5 standar deviasi maksimum)

Contoh perhitungan nilai UCL dal LCL pada bulan Februari 2006

$$UCL_{Februari} = T + 1{,}5\ S_{maks} = 2{,}35 + 1{,}5\ (0{,}04878) = 2{,}387366\ \%$$

$$LCL_{Februari} = T - 1{,}5\ S_{maks} = 2{,}35 - 1{,}5\ (0{,}04878) = 2{,}312634\ \%$$

b). Berdasarkan Konsep Statistika

$UCL = CL + A_3 \bar{S}$

$LCL = CL - A_3 \bar{S}$

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Februari 2006

$$UCL_{Februari} = 2{,}35 + (0{,}619 \times 0{,}05) = 2{,}38095\ \%$$

$$LCL_{Februari} = 2{,}35 - (0{,}619 \times 0{,}05) = 2{,}31905\ \%$$

A_3 dengan n = 24 memiliki nilai 0,619

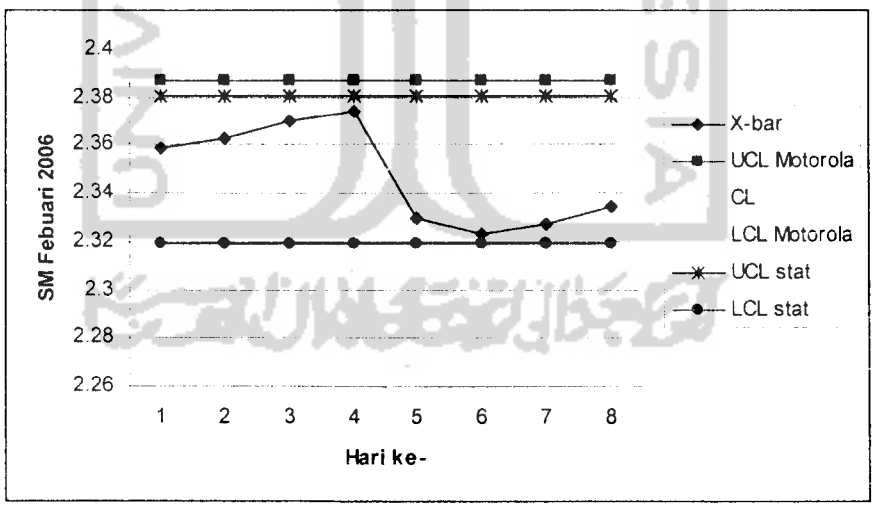
$\bar{S}$ = Standar deviasi yang diijinkan dalam spesifikasi 0,05 %

Berikut ini batas kontrol UCL dan LCL mengunakan konsep Motorola yang ditunjukan dalam Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar
Produk *Clinker* pada Kandungan SM

Bulan	Smaks	UCL	CL	LCL
Oktober 2005	0,02844	2,392667	2,35	2,307333
November 2005	0,02668	2,390027	2,35	2,309973
Desember 2005	0,02621	2,389326	2,35	2,310674
Januari 2006	0,02537	2,388055	2,35	2,311945
Februari 2006	0,02491	2,387366	2,35	2,312634
Maret 2006	0,02769	2,391537	2,35	2,308463
April 2006	0,02743	2,391151	2,35	2,308849
Mei 2006	0,02791	2,391869	2,35	2,308131
Juni 2006	0,02533	2,388006	2,35	2,311994

Gambar 4.11 menunjukkan peta kontrol X-bar berdasarkan konsep *Six Sigma* dan Statistika digunakan untuk memeriksa apakah proses masih berada dalam keadaan terkendali.



Gambar 4.11 Peta Kontrol X-bar Kandungan SM
Bulan Februari 2006

Grafik peta kontrol diatas digunakan untuk melihat bahwa apabila peta kontrol dinyatakan terkendali secara statistika maka dapat dilanjutkan untuk menganalisis kemampuan proses C_{pm} dan C_{pmk}. Hasil analisa peta kendali selama 9 bulan dapat dilihat pada Tabel 4.32 berikut ini:

Tabel 4.32 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan SM pada Peta Kontrol X-bar

Bulan	Hasil
Oktober 2005	*Out of Control*
November 2005	*Out of Control*
Desember 2005	*Out of Control*
Januari 2006	*In of Control*
Februari 2006	*In of Control*
Maret 2006	*Out of Control*
April 2006	*Out of Control*
Mei 2006	*Out of Control*
Juni 2006	*Out of Control*

Menentukan indeks C_{pm} pada proses yang terkendali mengunakan formula berikut:

Contoh perhitungan untuk bulan Februari 2006

$$C_{pm} = (USL - LSL) / \left\{6 \setminus \sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}\right\}$$

$$C_{pm} = (2{,}4 - 2{,}3) / \left\{6 \setminus \sqrt{(2{,}34745 - 2{,}35)^2 + 0{,}04878^2}\right\}$$

$$= 0{,}3412$$

Untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (*interval* toleransi spesifikasi = USL – LSL) menyimpang dari nilai target (T), dihitung menggunakan formula berikut:

% off-target = *Absolut* ($\overline{X}$ – T)/(USL – LSL) × 100 %

= *Absolut* (2,34745 - 2,35)/(2,4- 2,3) × 100 %

= 2,55208 %

Menentukan pengujian hipotesis terhadap pergeseran nilai rata-rata proses dari target yang ditetapkan berdasarkan konsep Motorola dapat dilakukan sebagai berikut:

H_0: Nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) tidak bergeser melewati batas toleransi yang ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

H_1 : Nilai rata-rata proses sesungguhnya (μ) telah bergeser melewati batas toleransi yang telah ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

Uji Hipotesis

H_0: $\mu = T \pm 1{,}5S_{maks}$ atau H_1 : $\mu \neq T \pm 1{,}5S_{maks}$

$\alpha = 0.05$

Kriteria Pengujian:

Jika $\left(\overline{X} - t_{0,05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0,05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

H_0 = LSL < μ <USL, maka H_0 diterima

Jika $\left(\overline{X} - t_{0,05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0,05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

$H_0 \neq$ LSL < μ <USL, maka H_0 ditolak

t_{tabel} (0.05/2 ; 192-1) = 1,9724 ((n = ukuran contoh = 8 x 24 = 192)

Statistik uji:

$=\{2{,}34745-(1{,}9724)(0{,}04878/\sqrt{192})\}<\mu<\{2{,}34745+(1{,}9724)(0{,}04878/\sqrt{192})\}$

$=(2{,}34745-0{,}006943)<\mu<(2{,}34745+0{,}006943)$

$=2.340504<\mu<2{,}354392$

Kesimpulan:

Karena batas-batas $2{,}340504<\mu<2{,}354392$ masih berada dalam batas-batas yang ditetapkan H_0: $2{,}312634<\mu<2{,}387366$, maka H_0 diterima artinya pergeseran nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) dari nilai target yang ditetapkan oleh pelanggan (T) masih berada dalam batas-batas toleransi menurut konsep *Six Sigma* Motorola.

Selanjutnya varians (*variance*) dari *Off* target dapat dihitung sebagai berikut:

$$S^2(off-\text{target})=\left(\overline{X}-T\right)^2=(2{,}34745-2{,}35)^2=(-0{,}00255)^2$$

$$=6{,}5\times10^{-6}\ \%$$

$$S_{(off-\text{target})}=\sqrt{6{,}5\times10^{-6}}=0{,}00255\ \%$$

Bersamaan dengan penggunaan indeks C_{pm} juga dipergunakan indeks C_{pmk} yang mengukur tingkat pada mana output proses itu berada dalam dalam batas-batas toleransi (batas-batas spesifikasi atas dan bawah, USL dan LSL) yang diinginkan oleh pelanggan.

Perhitungan indeks C_{pmk} adalah sebagai berikut:

C_{pk} = minimum $(\overline{X} - LSL)/3S$; $(USL - \overline{X})/3S$

= minimum $(2{,}34745 - 2{,}3)/(3 \times 0{,}04878)$; $(2{,}4 - 2{,}34745)/(3 \times 0{,}04878)$

= minimum (0,324227 ; 0,35909)

= 0,324227

$C_{pmk} = C_{pk} / \sqrt{1 + (\overline{X} - T/S)^2}$

$= 0{,}324227 / \sqrt{1 + (2{,}182188 - 2{,}20)/0{,}03466)^2}$

= 0,323785

Tabel 4.33 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan SM pada Produk *Clinker*

Bulan	X-bar	S	Cpm	% *off* target	Batas Toleransi		UH		Hasil
					Atas	Bawah	Atas	Bawah	
Januari 2006	2,35117	0.0501	0,33225	1,166667	2,388055	2,31194	2,35484	2,3475	Ho diterima
Februari 2006	2,34745	0,0488	0,34120	2,552083	2,387366	2,31263	2,35439	2,3405	Ho diterima

Tabel 4.33 (Lanjutan)

Bulan	X-bar	S	S *off* target	Cpk	Cpmk
Januari 2006	2,35117	0,05015	0,00116667	0,324583	0,324496
Februari 2006	2,34745	0,04878	0,00255208	0,324227	0,323785

d. Kemampuan Proses pada Produk *Clinker* untuk Kandungan AM

1. Menentukan nilai target yang ditentukan oleh perusahaan dengan batas-batas spesifikasi atas dan bawah.

   T (spesifikasi target) =1,65 % ± 0,05% dengan USL = 1,7 % dan LSL = 1,6 %

2. Menentukan nilai toleransi standar deviasi maksimum (S_{maks})

Contoh perhitungan S_{maks} untuk bulan Januari 2006

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times \text{target } sigma}\right\} \times (USL - LSL)$$

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times 1,68}\right\} \times (1,7 - 1,6)$$

$$= 0,02970975$$

Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{maks}, pada target *sigma* 1,68 maka dilakukan pengujian hipotesis berikut:

Uji Hipotesis

Ho : $\sigma^2 \geq (S_{maks})^2$ atau Ho : $\sigma^2 \geq (0,02970975)^2 = 0,0008826$

H_1 : $\sigma^2 < (S_{maks})^2$ atau H_1 : $\sigma^2 < (0,02970975)^2 = 0,0008826$

$\alpha = 0,05$

Kriteria pengujian

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} < \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 diterima

Chi kuadrat hitung < Chi kuadrat tabel

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} \geq \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 ditolak

Chi kuadrat hitung ≥ Chi kuadrat tabel

χ^2_{tabel} (0,05 ; 720-1) = 782,4906117 (n = ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung S^2 yaitu 24 unit per pengamatan × 30 pengamatan = 720)

Statistik uji $\left(\chi^2_{hitung}\right) = \left\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\right\}$

$= \left\{(720-1)(0{,}051262)^2\right\}/\left\{(0{,}02970975)^2\right\}$

$= 2140{,}5589$

Kesimpulan:

Karena $\left\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\right\} = 2140{,}5589 \geq \chi^2_{tabel}(0{,}05\ ;\ 720\text{-}1) = 782{,}4906117$ maka H_0 ditolak dan menyimpulkan bahwa pada tingkat signifikan 0,05 atau tingkat kepercayaan 95 % variasi pada kandungan AM bulan Januari 2006 dalam proses pembuatan produk *clinker* pada tingkat 1,68–*sigma* lebih besar dari pada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diharuskan pada tingkat 1,68 (Lihat Tabel 4.34).

Tabel 4.34 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk *Clinker* pada Kandungan AM

Bulan	N	*Sigma*	S	Smaks	(n-1)S^2/(Smax)^2	Chi-Square (alpha, n-1)	Hasil
Oktober 2005	648	1,75354	0,058384	0,0285137	2712,62451	707,284048	Ho ditolak
November 2005	672	1,59205	0,051256	0,0314058	1787,28138	732,371872	Ho ditolak
Desember 2005	600	1,48494	0,044874	0,0336713	1063,86776	657,046052	Ho ditolak
Januari 2006	720	1,68294	0,051262	0,0297097	2140,55895	782,490611	Ho ditolak
Februari 2006	192	1,64161	0,056162	0,0304578	649,407649	224,244624	Ho ditolak
Maret 2006	648	1,60425	0,062283	0,0311671	2583,75139	707,284048	Ho ditolak
April 2006	672	1,46156	0,065109	0,0342098	2430,54958	732,371872	Ho ditolak
Mei 2006	576	1,10405	0,056162	0,0452875	884,283522	631,893377	Ho ditolak
Juni 2006	720	1,34034	0,069234	0,0373038	2476,63477	782,490611	Ho ditolak

Selanjutnya nilai rata-rata pengukuran kandungan AM ditebarkan kedalam peta kontrol X-bar dengan menggunakan konsep *Six Sigma* dan Statistika. Batas-batas kontrol yang didefinisikan sebagai berikut:

a). Berdasarkan Konsep *Six Sigma*

UCL = T + (1,5 standar deviasi maksimum)

LCL = T – (1,5 standar deviasi maksimum)

Contoh perhitungan nilai UCL dal LCL pada bulan Januari 2006

$UCL_{Januari} = T + 1{,}5\ S_{maks} = 1{,}65 + 1{,}5\ (0{,}02970975) = 1{,}694565\ \%$

$LCL_{Januari} = T - 1{,}5\ S_{maks} = 1{,}65 - 1{,}5\ (0{,}02970975) = 1{,}605435\ \%$

b). Berdasarkan Konsep Statistika

$UCL = CL + A_3 \bar{S}$

$LCL = CL - A_3 \bar{S}$

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Januari 2006

$UCL_{Januari} = 1{,}65 + (0{,}619 \times 0{,}05) = 1{,}68095\ \%$

$LCL_{Januari} = 1{,}65 - (0{,}619 \times 0{,}05) = 1{,}61905\ \%$

A_3 dengan n = 24 memiliki nilai 0,619

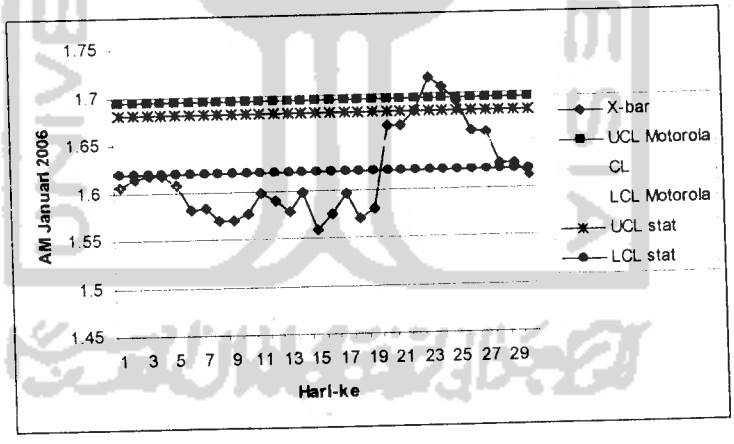
$\bar{S}$ = Standar deviasi yang diijinkan dalam spesifikasi 0,05 %

Berikut ini batas kontrol UCL dan LCL mengunakan konsep Motorola yang ditunjukan dalam Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar
Produk *Clinker* pada Kandungan AM

Bulan	Smaks	UCL	CL	LCL
Oktober 2005	0,02851	1,692771	1,65	1,607229
November 2005	0,03140	1,697109	1,65	1,602891
Desember 2005	0,03367	1,700507	1,65	1,599493
Januari 2006	0,02971	1,694565	1,65	1,605435
Februari 2006	0,03045	1,695687	1,65	1,604313
Maret 2006	0,03116	1,696751	1,65	1,603249
April 2006	0,03421	1,701315	1,65	1,598685
Mei 2006	0,04528	1,717931	1,65	1,582069
Juni 2006	0,03730	1,705956	1,65	1,594044

Gambar 4.12 menunjukkan peta kontrol X-bar berdasarkan konsep *Six Sigma* dan Statistika digunakan untuk memeriksa apakah proses masih berada dalam keadaan terkendali.



Gambar 4.12 Peta Kontrol X-bar Kandungan AM
Bulan Januari 2006

Grafik peta kontrol diatas digunakan untuk melihat bahwa apabila peta kontrol dinyatakan terkendali secara statistika maka tidak dapat dilanjutkan

untuk menganalisis kemampuan proses C_{pm} dan C_{pmk}. Hasil analisa peta kendali selama 9 bulan dapat dilihat pada Tabel 4.36 berikut ini:

Tabel 4.36 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan AM pada Peta Kontrol X-bar

Bulan	Hasil
Oktober 2005	*Out of Control*
November 2005	*Out of Control*
Desember 2005	*Out of Control*
Januari 2006	*Out of Control*
Februari 2006	*Out of Control*
Maret 2006	*Out of Control*
April 2006	*Out of Control*
Mei 2006	*Out of Control*
Juni 2006	*Out of Control*

Dari Tabel 4.36 pada bulan Oktober 2005 – Juni 2006 nilai rata-rata dari proses tidak stabil (*outlier*), dan tidak dapat dilanjutkan untuk menganalisa kemampuan proses menggunakan indeks C_{pm} dan C_{pmk}.

Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan *clinker* dan semen.

a. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kandungan *Clinker*

1). Faktor Tenaga Kerja

Penyebab: 1.Terlambat melakukan aksi

a. menambah jumlah *dust*

b. mengurangi jumlah *dust*

2.Kurangnya kesadaran dan disiplin

a. memberikan informasi jumlah *dust*

Objek dan lokasi pengamatan: bagian CCR (*Central Control Room*) dan bagian *Quality Qontrol*

2). Faktor Lingkungan

Penyebab : 1. Musim

a. Musim hujan

Objek dan lokasi pengamatan: bagian *Quarry* (penambangan)

3). Faktor Mesin

Penyebab: 1. Pembakaran di *kiln* kurang panas

Normal : 1.400-1.520 ° C

2. Operasi *raw meal* kurang lancar

3. Kurangnya perawatan

a. *Overhaul* mesin

Objek dan lokasi pengamatan: bagian Produksi

4). Faktor Material

Penyebab: 1. Adanya *CaO* bebas kapur (*freelem*)

a. Pembakaran *clinker* tidak cukup sempurna

2. Pembakaran batubara

a. *Ast* batubara yang bereaksi dengan *clinker*

3. *Kiln feed* tidak lancar

Objek dan lokasi pengamantan: *Clinker* dan bagian *Quality Control*

Faktor paling dominan yang mempengaruhi kandungan *clinker* adalah faktor material seperti adanya CaO bebas kapur *(freelem)* hal ini disebabkan karena kandungan LSF terlalu tinggi sehingga *clinker* sulit untuk dibakar yang akan menghasilkan *clinker* yang mentah, selain itu pembakaran batubara yang menghasilkan *coal ast* yang ikut bereaksi dengan *clinker* sehingga menyebabkan kandungan LSF turun sehingga menyebabkan *clinker* berbentuk bola sulit untuk *digrinding* dan *kiln feed* tidak lancar. Untuk itu penanganan yang dilakukan apabila kandungan *clinker* melebihi batas spesifikasi yang ditentukan adalah dengan pengurangan pemakaian *dust* (debu) dan apabila kandungan *clinker* kurang dari batas spesifikasi yang telah ditetapkan tindakan yang dilakukan adalah dengan penambahan pemakaian *dust*.

4.2.3 Pengukuran Baseline Kinerja pada Produk Akhir (Semen)

Pengukuran dalam penelitian ini menggunakan data variabel untuk kandungan *Blaine* dan LOI, yang ditentukan kinerjanya menggunakan suatu pengukuran DPMO dan tingkat *sigma*. Hasil perhitungan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.37 dan Tabel 4.38 dibawah ini:

Tabel 4.37 Hasil Tingkat *Sigma* Kandungan *Blaine*
Januari 2006 Konsep Motorola

Kandungan *BLAINE*			
Subgroup	Spesifikasi	Diluar Spesifikasi	Tingkat *Sigma*
1	0,958661911	0,041338089	3,24
2	0,966063767	0,033936233	3,33
3	0,949039948	0,050960052	3,14
4	0,967913387	0,032086613	3,35
5	0,981346751	0,018653249	3,58
6	0,993372423	0,006627577	3,98
7	0,956388401	0,043611599	3,21
8	0,979937362	0,020062638	3,55
9	0,964568940	0,035431060	3,31
10	0,969110909	0,030889091	3,37
11	0,952542389	0,047457611	3,17
12	0,955324458	0,044675542	3,20
13	0,995221246	0,004778754	4,09
14	0,984528085	0,015471915	3,66
15	0,989066022	0,010933978	3,79
16	0,945147344	0,054852656	3,10
17	0,951083271	0,048916729	3,16
18	0,969851945	0,030148055	3,38
19	0,982945796	0,017054204	3,62
20	0,990948393	0,009051607	3,86
21	0,951893127	0,048106873	3,16
22	0,996198676	0,003801324	4,17
23	0,973002406	0,026997594	3,43
24	0,999566076	0,000433924	4,83
25	0,970551259	0,029448741	3,39
26	0,958157039	0,041842961	3,23
27	0,953414748	0,046585252	3,18
Proses	0,984589097	0,015410903	3,66

Tabel 4.38 Hasil Tingkat *Sigma* Kandungan LOI
Januari 2006 Konsep Motorola

Kandungan LOI			
Subgroup	Spesifikasi	Diluar Spesifikasi	Tingkat *Sigma*
1	0,954448466	0,045551534	3,19
2	0,984984326	0,015015674	3,67
3	0,957968659	0,042031341	3,23
4	0,987874500	0,012125500	3,75
5	0,987531728	0,012468272	3,74
6	0,975219085	0,024780915	3,46
7	0,971660705	0,028339295	3,41
8	0,952199788	0,047800212	3,17
9	0,961463207	0,038536793	3,27
10	0,979695630	0,020304370	3,55
11	0,954194969	0,045805031	3,19
12	0,973967927	0,026032073	3,44
13	0,956117437	0,043882563	3,21
14	0,979695630	0,020304370	3,55
15	0,992476636	0,007523364	3,93
16	0,967901775	0,032098225	3,35
17	0,954448466	0,045551534	3,19
18	0,960748341	0,039251659	3,26
19	0,997101568	0,002898432	4,26
20	0,941428598	0,058571402	3,07
21	0,984984326	0,015015674	3,67
22	0,950130423	0,049869577	3,15
23	0,978462096	0,021537904	3,52
24	0,971660705	0,028339295	3,41
25	0,977196798	0,022803202	3,50
26	0,949039948	0,050960052	3,14
27	0,957968659	0,042031341	3,23
Proses	0,971683658	0,028316342	3,41

Berdasarkan hasil perhitungan DPMO dan *Sigma* kedua unsur pembuatan semen selama periode Oktober 2005 – Juni 2006 dapat dilihat pada Tabel 4.39 dan Tabel 4.40

Tabel 4.39 Nilai DPMO Proses Kandungan Semen
(Oktober 2005 – Juni 2006)

Kandungan / Bulan	*Blaine*	LOI
Oktober 2005	14.052,1	39.975,0
November 2005	16.206,8	31.917,2
Desember 2005	20.041,3	27.825,6
Januari 2006	15.410,9	28.316,3
Februari 2006	15.566,6	24.721,0
Maret 2006	26.671,5	20.673,4
April 2006	31.630,7	23.596,9
Mei 2006	16.812,8	13.904,1
Juni 2006	21.918,6	24.475,5

Tabel 4.40 Nilai Level *Sigma* Proses Kandungan Semen
Konsep Motorola (Oktober 2005 – Juni 2006)

Kandungan / Bulan	*Blaine*	LOI
Oktober 2005	3,70	3,25
November 2005	3,64	3,35
Desember 2005	3,55	3,41
Januari 2006	3,66	3,40
Februari 2006	3,66	3,46
Maret 2006	3,43	3,54
April 2006	3,36	3,48
Mei 2006	3,62	3,70
Juni 2006	3,52	3,47

4.2.4 Perhitungan Kemampuan Proses Semen

a. Kemampuan Proses pada Produk Semen untuk Kandungan *Blaine*

1. Menentukan nilai target yang ditentukan oleh perusahaan dengan batas-batas spesifikasi atas dan bawah.

   T (spesifikasi target) = $4000\,Cm^2/gr \pm 100\,Cm^2/gr$ dengan USL = $4100\,Cm^2/gr$ dan LSL = $3900\,Cm^2/gr$

2. Menentukan nilai toleransi standar deviasi maksimum (S_{maks})

   Contoh perhitungan S_{maks} bulan Januari 2006

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times \text{target } sigma}\right\} \times (USL - LSL)$$

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times 3{,}66}\right\} \times (4100 - 3900)$$

$$= 27{,}32714$$

   Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{maks}, pada target *sigma* 3,66 maka dilakukan pengujian hipotesis berikut:

   Uji Hipotesis

   $H_o : \sigma^2 \geq (S_{maks})^2$ atau $H_o : \sigma^2 \geq (27{,}32714)^2 = 746{,}772$

   $H_1 : \sigma^2 < (S_{maks})^2$ atau $H_1 : \sigma^2 < (27{,}32714)^2 = 746{,}772$

   $\alpha = 0{,}05$

Kriteria pengujian

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} < \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 diterima

Chi kuadrat hitung < Chi kuadrat tabel

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} \geq \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 ditolak

Chi kuadrat hitung ≥ Chi kuadrat tabel

χ^2_{tabel} (0,05 ; 324–1) = 365,912253 (n = ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung S^2 yaitu 12 unit per pengamatan × 27 pengamatan = 324)

Statistik uji $\left(\chi^2_{hitung}\right) = \{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\}$

$= \{(324-1)(41{,}2773)^2\}/\{(27{,}32714)^2\}$

$= 736{,}9481$

Kesimpulan:

Karena $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} = 736{,}9481 \geq \chi^2_{tabel}$ (0,05 ; 324-1) = 365,912253 maka H_0 ditolak dan menyimpulkan bahwa pada tingkat signifikan 0,05 atau tingkat kepercayaan 95 % variasi pada kandungan *Blaine* bulan Januari 2006 dalam proses pembuatan produk semen pada tingkat 3,66–*sigma* lebih besar dari pada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diharuskan pada tingkat 3,66 (Lihat Tabel 4.41).

Tabel 4.41 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk Semen pada Kandungan *Blaine*

Bulan	n	*Sigma*	S	Smaks	(n-1)S^2/(Smax)^2	Chi-Square (alpha, n-1)	Hasil
Oktober 2005	288	3,69583	30,6297	27,0575	367,78304	327,51174	Ho ditolak
November 2005	156	3,63927	30,6937	27,4780	193,40083	185,052331	Ho ditolak
Desember 2005	216	3,55289	30,0969	28,1460	245,83594	250,207040	Ho diterima
Januari 2006	324	3,65937	41,2773	27,3271	736,94819	365,912253	Ho ditolak
Februari 2006	168	3,65537	40,0772	27,3570	358,40357	198,154177	Ho ditolak
Maret 2006	288	3,43213	43,1118	29,1363	628,35223	327,511747	Ho ditolak
April 2006	252	3,35735	42,9565	29,7854	522,06567	288,955058	Ho ditolak
Mei 2006	240	3,62000	34,8834	27,5897	382,06615	276,062416	Ho ditolak
Juni 2006	312	3,51564	41,0823	28,4443	648,75306	353,127707	Ho ditolak

Selanjutnya, nilai rata-rata pengukuran kandungan *Blaine* untuk setiap bulan ditebarkan dalam peta kontrol X-bar menggunakan konsep *Six Sigma* dan Statistika. Batas-batas kontrol yang didefinisikan sebagai berikut:

a). Berdasarkan Konsep *Six Sigma*

UCL = T + (1,5 standar deviasi maksimum)

LCL = T – (1,5 standar deviasi maksimum)

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Januari 2006

$$UCL_{Januari} = T + 1{,}5\, S_{maks} = 4000\, Cm^2/gr + 1{,}5\,(27{,}32714)$$

$$= 4040.99\ Cm^2/gr$$

$$LCL_{Januari} = T - 1{,}5\, S_{maks} = 4000\, Cm^2/gr - 1{,}5\,(27{,}32714)$$

$$= 3959{,}009\ Cm^2/gr$$

b). Berdasarkan Konsep Statistika

$UCL = CL + A_3\overline{S}$

$LCL = CL - A_3\overline{S}$

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Januari 2006

$UCL_{\text{Januari}} = 4000\,Cm^2/gr + (0{,}886 \text{ x } 100\,Cm^2/gr) = 4088{,}6\,Cm^2/gr$

$LCL_{\text{Januari}} = 4000\,Cm^2/gr - (0{,}886 \text{ x } 100\,Cm^2/gr) = 3911{,}4\,Cm^2/gr$

A_3 dengan n = 12 memiliki nilai 0,886

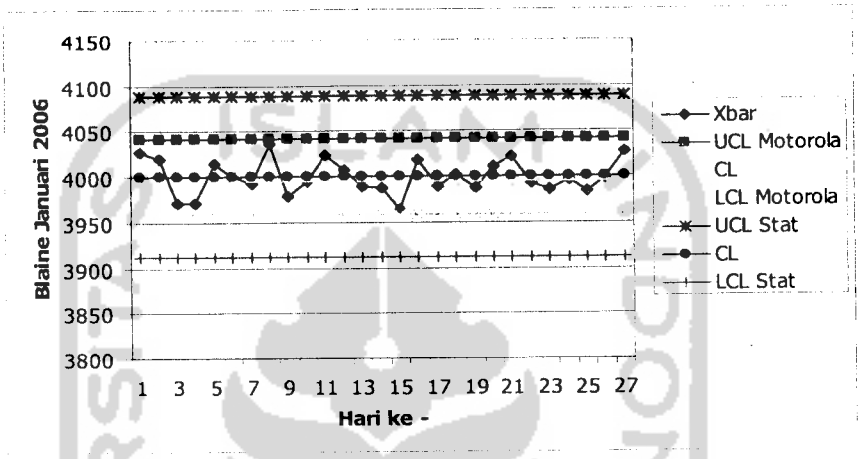
$\overline{S}$ = Standar deviasi yang diijinkan dalam spesifikasi $100\,Cm^2/gr$

Berikut ini batas kontrol UCL dan LCL mengunakan konsep Motorola yang ditunjukan dalam Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar
Produk Semen Kandungan *Blaine*

Bulan	Smaks	UCL	CL	LCL
Oktober 2005	27,0575	4040,59	4000	3959,41
November 2005	27,4780	4041,22	4000	3958,78
Desember 2005	28,1461	4042,22	4000	3957,78
Januari 2006	27,3271	4040,99	4000	3959,01
Februari 2006	27,3570	4041,04	4000	3958,96
Maret 2006	29,1364	4043,71	4000	3956,29
April 2006	29,7854	4044,68	4000	3955,32
Mei 2006	27,5898	4041,38	4000	3958,62
Juni 2006	28,4443	4042,67	4000	3957,33

Gambar 4.13 menunjukkan peta kontrol X-bar berdasarkan konsep *Six Sigma* dan Statistika digunakan untuk memeriksa apakah proses masih berada dalam keadaan terkendali.



Gambar 4.13 Peta Kontrol X-bar Kandungan *Blaine* Bulan Januari 2006

Grafik peta kontrol diatas digunakan untuk melihat bahwa apabila peta kontrol dinyatakan terkendali secara statistika maka dapat dilanjutkan untuk menganalisis kemampuan proses C_{pm} dan C_{pmk}. Hasil analisa peta kendali selama 9 bulan dapat dilihat pada Tabel 4.43 berikut ini:

Tabel 4.43 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan *Blaine* pada Peta Kontrol X-bar

Bulan	Hasil
Oktober 2005	*In of Control*
November 2005	*In of Control*
Desember 2005	*In of Control*
Januari 2006	*In of Control*
Februari 2006	*In of Control*
Maret 2006	*In of Control*
April 2006	*In of Control*
Mei 2006	*In of Control*
Juni 2006	*In of Control*

Menentukan indeks C_{pm} pada proses yang terkendali mengunakan formula berikut:

$$C_{pm} = (USL - LSL) / \left\{ 6 \setminus \sqrt{\left(\overline{X} - T\right)^2 + S^2} \right\}$$

$$C_{pm} = (4100 - 3900) / \left\{ 6 \setminus \sqrt{(3999{,}704 - 4000)^2 + (41{,}27731)^2} \right\}$$

$$= 0{,}807525$$

Untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (*interval* toleransi spesifikasi = USL – LSL) menyimpang dari nilai target (T), dihitung menggunakan formula berikut:

$$\%\ off\text{-}target = Absolut\ (\overline{X} - T)/(USL - LSL) \times 100\ \%$$

$$= Absolut\ (3999{,}704 - 4000)/(4100 - 3900) \times 100\ \%$$

$$= 0{,}148148\ \%$$

Menentukan pengujian hipotesis terhadap pergeseran nilai rata-rata proses dari target yang ditetapkan berdasarkan konsep Motorola dapat dilakukan sebagai berikut:

H_0: Nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) tidak bergeser melewati batas toleransi yang ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

H_1: Nilai rata-rata proses sesungguhnya (μ) telah bergeser melewati batas toleransi yang telah ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

Uji Hipotesis

$H_0: \mu = T \pm 1{,}5S_{maks}$ atau $H_1: \mu \neq T \pm 1{,}5S_{maks}$

$\alpha = 0{,}05$

Kriteria Pengujian:

Jika $\left(\overline{X} - t_{0.05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0.05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

H_0 = LSL < μ <USL, maka H_0 diterima

Jika $\left(\overline{X} - t_{0.05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0.05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

$H_0 \neq$ LSL < μ <USL, maka H_0 ditolak

t_{tabel} (0.05/2 ; 324-1) = 1,9673 ((n = ukuran contoh = 27 x 12 = 324)

Statistik uji:

$= \{3999{,}704 - (1{,}9673)(41{,}27731/\sqrt{324})\} < \mu < \{3999{,}704 + (1{,}9673)(41{,}27731/\sqrt{324})\}$

$= (3999{,}704 - 5{,}16402) < \mu < (3999{,}704 + 5{,}16402)$

$= 3995{,}192 < \mu < 4004{,}215$

Kesimpulan:

Karena batas-batas 3995,192 $< \mu <$ 4004,215 masih berada dalam batas-batas yang ditetapkan H_0: 3959,01 $< \mu <$ 4040,99 maka H_0 diterima artinya pergeseran nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) dari nilai target yang ditetapkan oleh pelanggan (T) masih berada dalam batas-batas toleransi menurut konsep *Six Sigma* Motorola.

Selanjutnya varians (*variance*) dari *Off* target dapat dihitung sebagai berikut:

$$S^2(off - \text{target}) = \left(\overline{X} - T\right)^2 = (3999{,}704 - 4000)^2 = (-0{,}296)^2 = 0{,}0876\ \%$$

$$S_{(off - \text{target})} = \sqrt{0{,}0876} = 0{,}296\ \%$$

Bersamaan dengan penggunaan indeks C_{pm} juga dipergunakan indeks C_{pmk} yang mengukur tingkat pada mana output proses itu berada dalam dalam batas-batas toleransi (batas-batas spesifikasi atas dan bawah, USL dan LSL) yang diinginkan oleh pelanggan.

Perhitungan indeks C_{pmk} adalah sebagai berikut:

$$C_{pk} = \text{minimum } (\overline{X} - LSL)/3S \ ; (\text{USL} - \overline{X})/3S$$

$$= \text{minimum } (3999{,}704 - 3900)/(3 \times 41{,}277) \ ; (4100 - 3999{,}70)/(3 \times 41{,}277)$$

$$= \text{minimum } (0{,}8051 \ ; 0{,}8099)$$

$$= 0{,}8051$$

$$C_{pmk} = C_{pk} / \sqrt{1 + (\overline{X} - T/S)^2}$$

$$= 0{,}8051 / \sqrt{1 + (3999{,}704 - 4000)/41{,}27731)^2}$$

$$= 0{,}8051$$

Tabel 4.44 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan *Blaine* pada Produk Semen

Bulan	X-bar	S	Cpm	% *off* arget	Batas Toleransi		UH		Hasil
					Atas	Bawah	Atas	Bawah	
Oktober 2005	3967,26	30,6297	0,7435	16,368	4040,59	3959,41	3970,8	3963,7	Ho diterima
November 2005	3965,67	30,6937	0,7238	17,167	4041,22	3958,78	3970,5	3960,8	Ho diterima
Desember 2005	3961,79	30,0969	0,6852	19,106	4042,22	3957,78	3965,8	3957,0	Ho diterima
Januari 2006	3999,70	41,2773	0,8075	0,1481	4040,99	3959,01	4004,2	3995,1	Ho diterima
Februari 2006	4010,30	40,0772	0,8055	5,1517	4041,04	3958,96	4016,4	4004,2	Ho diterima
Maret 2006	4013,53	43,1118	0,7377	6,7656	4043,71	3956,29	4018,5	4008,5	Ho diterima
April 2006	4018,37	42,9565	0,7134	9,1865	4044,68	3955,32	4023,7	4013,0	Ho diterima
Mei 2006	4025,76	34,8834	0,7687	12,879	4041,39	3958,62	4030,1	4021,3	Ho diterima
Juni 2006	4015,09	41,0823	0,7616	7,5448	4042,67	3957,33	4019,6	4010,5	Ho diterima

Tabel 4.44 (Lanjutan)

Bulan	X-bar	S	S *off* target	Cpk	Cpmk
Oktober 2005	3967,26	30,6297	32,73611	0,73201	0,50012
November 2005	3965,67	30,6937	34,33333	0,71314	0,47529
Desember 2005	3961,79	30,0969	38,21296	0,68431	0,42341
Januari 2006	3999,70	41,2773	29,62963	0,80515	0,80513
Februari 2006	4010,30	40,0772	10,30357	0,74603	0,72253
Maret 2006	4013,53	43,1118	13,53125	0,66856	0,63788
April 2006	4018,37	42,9565	18,37301	0,63340	0,58237
Mei 2006	4025,76	34,8834	25,75833	0,70942	0,57070
Juni 2006	4015,09	41,0823	15,08974	0,68894	0,64669

b. Kemampuan Proses pada Produk Semen untuk Kandungan LOI

1. Menentukan nilai target yang ditentukan oleh perusahaan dengan batas-batas spesifikasi atas dan bawah.

   T (spesifikasi target) = 6,4 % ±0,1% dengan USL = 6,5 % dan LSL = 6,3 %

2. Menentukan nilai toleransi standar deviasi maksimum (S_{maks})

   Contoh perhitungan S_{maks} bulan Januari 2006

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times \text{target } sigma}\right\} \times (USL - LSL)$$

$$S_{maks} = \left\{\frac{1}{2 \times 3{,}41}\right\} \times (6{,}5 - 6{,}3)$$

$$= 0{,}029359$$

Untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum S_{maks}, pada target *sigma* 3,41 maka dilakukan pengujian hipotesis berikut:

Uji Hipotesis

Ho : $\sigma^2 \geq (S_{maks})^2$ atau Ho : $\sigma^2 \geq (0{,}029359)^2 = 0{,}0008619$

H_1 : $\sigma^2 < (S_{maks})^2$ atau H_1 : $\sigma^2 < (0{,}029359)^2 = 0{,}0008619$

$\alpha = 0{,}05$

Kriteria pengujian

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} < \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 diterima

Chi kuadrat hitung < Chi kuadrat tabel

Jika $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} \geq \chi^2(\alpha; n-1)$ maka H_0 ditolak

Chi kuadrat hitung ≥ Chi kuadrat tabel

χ^2_{tabel} (0,05 ; 324-1) = 365,912253 (n = ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung S^2 yaitu 12 unit per pengamatan × 27 pengamatan = 324)

Statistik uji $\left(\chi^2_{hitung}\right) = \{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\}$

$= \{(324-1)(0,3808)^2\}/\{(0,029359)^2\}$

$= 543,48326$

Kesimpulan:

Karena $\{(n-1)S^2/(S_{maks})^2\} = 543,48326 \geq \chi^2_{tabel}$ (0,05 ; 324-1) = 365,912253 maka H_0 ditolak dan menyimpulkan bahwa pada tingkat signifikan 0,05 atau tingkat kepercayaan 95 % variasi pada kandungan LOI bulan Januari 2006 dalam proses pembuatan produk semen pada tingkat 3,41–*sigma* lebih besar dari pada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diharuskan pada tingkat 3,41 (Lihat Tabel 4.45).

Tabel 4.45 Perhitungan Hipotesis Variasi Proses Produk Semen pada Kandungan LOI

Bulan	n	*Sigma*	S	Smaks	(n-1)S^2/(Smax)^2	Chi-Square (alpha, n-1)	Hasil
Oktober 2005	288	3,25097526	0,0396	0,03076	476,768957	327,51174	Ho ditolak
November 2005	156	3,35333405	0,0382	0,02982	254,9919677	185,05233	Ho ditolak
Desember 2005	216	3,41375693	0,0366	0,02929	336,7700026	250,20704	Ho ditolak
Januari 2006	324	3,40613506	0,0380	0,02935	543,4832697	365,91225	Ho ditolak
Februari 2006	168	3,46476019	0,0361	0,02886	262,3448179	198,15417	Ho ditolak
Maret 2006	288	3,54003378	0,0376	0,02824	508,4716308	327,51174	Ho ditolak
April 2006	252	3,48455621	0,0403	0,02869	495,9593547	288,95505	Ho ditolak
Mei 2006	240	3,69997994	0,0366	0,02702	440,1799849	276,06241	Ho ditolak
Juni 2006	312	3,46901675	0,0384	0,02882	554,3186990	353,12770	Ho ditolak

Selanjutnya, nilai rata-rata pengukuran kandungan LOI untuk setiap bulan ditebarkan dalam peta kontrol X-bar menggunakan konsep *Six Sigma* dan Statistika. Batas-batas kontrol yang didefinisikan sebagai berikut:

a). Berdasarkan Konsep *Six Sigma*

UCL = T + (1,5 standar deviasi maksimum)

LCL = T – (1,5 standar deviasi maksimum)

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Januari 2006

$$UCL_{Januari} = T + 1{,}5\ S_{maks} = 6{,}4\ \% + 1{,}5\ (0{,}029359) = 6{,}444038\ \%$$

$$LCL_{Januari} = T - 1{,}5\ S_{maks} = 6{,}4\ \% - 1{,}5\ (0{,}029359) = 6{,}355962\ \%$$

b). Berdasarkan Konsep Statistika

$UCL = CL + A_3 \bar{S}$

$LCL = CL - A_3 \bar{S}$

Contoh perhitungan nilai UCL dan LCL pada bulan Januari 2006

$UCL_{Januari} = 6,4\ \% + (0,886 \times 0,1\ \%) = 6,4886\ \%$

$LCL_{Januari} = 6,4\ \% - (0,886 \times 0,1\ \%) = 6,3114\ \%$

A_3 dengan n = 12 memiliki nilai 0,886

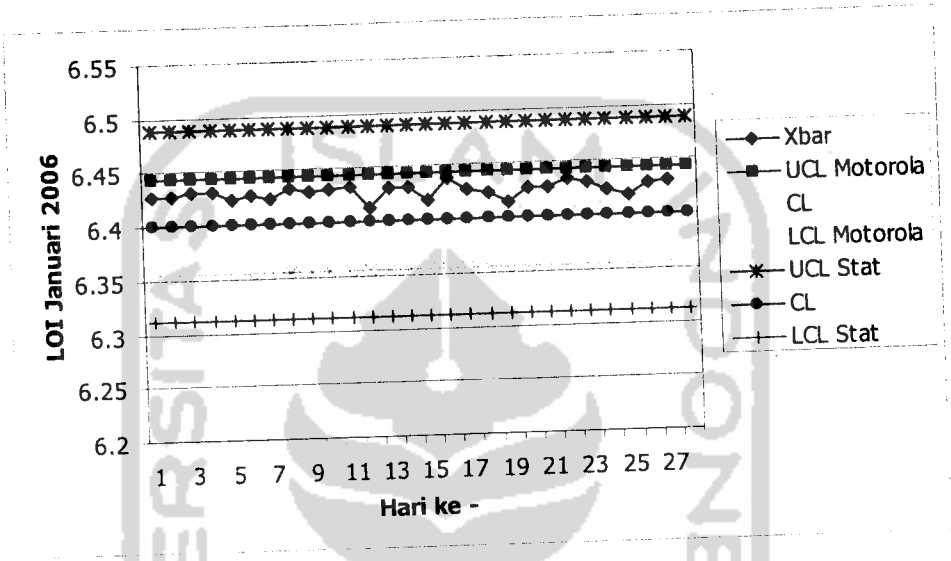
$\bar{S}$ = Standar deviasi yang diijinkan dalam spesifikasi 0,1 %

Berikut ini batas kontrol UCL dan LCL mengunakan konsep Motorola yang ditunjukan dalam Tabel 4.46.

Tabel 4.46 Nilai Batas-batas Peta Kontrol X-bar
Produk Semen untuk Kandungan LOI

Bulan	Smaks	UCL	CL	LCL
Oktober 2005	0,03076	6,44614	6,4	6,35386
November 2005	0,02982	6,44473	6,4	6,35527
Desember 2005	0,02929	6,44394	6,4	6,35606
Januari 2006	0,02935	6,44404	6,4	6,35596
Februari 2006	0,02886	6,44329	6,4	6,35671
Maret 2006	0,02824	6,44237	6,4	6,35763
April 2006	0,02869	6,44305	6,4	6,35695
Mei 2006	0,02702	6,44054	6,4	6,35946
Juni 2006	0,02882	6,44324	6,4	6,35676

Gambar 4.14 menunjukkan peta kontrol X-bar berdasarkan konsep *Six Sigma* dan Statistika digunakan untuk memeriksa apakah proses masih berada dalam keadaan terkendali.



Gambar 4.14 Peta Kontrol X-bar Kandungan LOI Bulan Januari 2006

Grafik peta kontrol diatas digunakan untuk melihat bahwa apabila peta kontrol dinyatakan terkendali secara statistika maka dapat dilanjutkan untuk menganalisis kemampuan proses C_{pm} dan C_{pmk}. Hasil analisa peta kendali selama 9 bulan dapat dilihat pada Tabel 4.47 berikut ini:

Tabel 4.47 Hasil Sebaran Rata-rata Kandungan LOI pada Peta Kontrol X-bar

Bulan	Hasil
Oktober 2005	*In of Control*
November 2005	*In of Control*
Desember 2005	*In of Control*
Januari 2006	*In of Control*
Februari 2006	*In of Control*
Maret 2006	*In of Control*
April 2006	*In of Control*
Mei 2006	*In of Control*
Juni 2006	*In of Control*

Menentukan indeks C_{pm} pada proses yang terkendali mengunakan formula berikut:

$$C_{pm} = (USL - LSL) / \left\{ 6 \setminus \sqrt{(\overline{X} - T)^2 + S^2} \right\}$$

$$C_{pm} = (6,5 - 6,3) / \left\{ 6 \setminus \sqrt{(6,427160 - 6,4)^2 + (0,3808)^2} \right\}$$

$$= 0,7126$$

Untuk mengetahui berapa persen range (*interval*) toleransi spesifikasi bagi nilai rata-rata (*interval* toleransi spesifikasi = USL – LSL) menyimpang dari nilai target (T), dihitung menggunakan formula berikut:

$$\%\ off\text{-}target = Absolut\ (\overline{X} - T)/(USL - LSL) \times 100\ \%$$

$$= Absolut\ (6,427160 - 6,4)/(6,5 - 6,3) \times 100\ \%$$

$$= 13,58024\ \%$$

Menentukan pengujian hipotesis terhadap pergeseran nilai rata-rata proses dari target yang ditetapkan berdasarkan konsep Motorola dapat dilakukan sebagai berikut:

H_0: Nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) tidak bergeser melewati batas toleransi yang ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

H_1: Nilai rata-rata proses sesungguhnya (μ) telah bergeser melewati batas toleransi yang telah ditetapkan berdasarkan konsep *Six Sigma*

Uji Hipotesis

H_0: $\mu = T \pm 1{,}5S_{maks}$ atau H_1: $\mu \neq T \pm 1{,}5S_{maks}$

$\alpha = 0{,}05$

Kriteria Pengujian:

Jika $\left(\overline{X} - t_{0{,}05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0{,}05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

$H_0 = \text{LSL} < \mu < \text{USL}$, maka H_0 diterima

Jika $\left(\overline{X} - t_{0{,}05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right) < \mu < \left(\overline{X} + t_{0{,}05/2;n-1}(S/\sqrt{n})\right)$

$H_0 \neq \text{LSL} < \mu < \text{USL}$, maka H_0 ditolak

t_{tabel} (0,05/2 ; 324 -1) = 1,967 ((n = ukuran contoh = 27 x 12 = 324)

Statistik uji:

$= \{6{,}427160 - (1{,}967)(0{,}03808/\sqrt{324})\} < \mu < \{6{,}427160 + (1{,}967)(0{,}03808/\sqrt{324})\}$

$= (6{,}427160 - 0{,}004161) < \mu < (6{,}427160 + 0{,}004764)$

$= 6{,}422998 < \mu < 6{,}431323$

Kesimpulan:

Karena batas-batas 6,422998 $< \mu <$ 6,431323 masih berada dalam batas-batas yang ditetapkan H_0: 6,35596 $< \mu <$ 6,44404, maka H_0 diterima artinya pergeseran nilai rata-rata proses yang sesungguhnya (μ) dari nilai target yang ditetapkan oleh pelanggan (T) masih berada dalam batas-batas toleransi menurut konsep *Six Sigma* Motorola.

Selanjutnya varians (*variance*) dari *Off* target dapat dihitung sebagai berikut:

$$S^2(off - \text{target}) = \left(\overline{X} - T\right)^2 = (6{,}427160 - 6{,}4)^2 = (0{,}02716)^2 = 0{,}000737\ \%$$

$$S_{(off-\text{target})} = \sqrt{0{,}000737} = 0{,}02716\ \%$$

Bersamaan dengan penggunaan indeks C_{pm} juga dipergunakan indeks C_{pmk} yang mengukur tingkat pada mana output proses itu berada dalam dalam batas-batas toleransi (batas-batas spesifikasi atas dan bawah, USL dan LSL) yang diinginkan oleh pelanggan.

Perhitungan indeks C_{pmk} adalah sebagai berikut:

$$C_{pk} = \text{minimum } (\overline{X} - LSL)/3S \ ; (\text{USL} - \overline{X})/3S$$

$$= \text{minimum } (6{,}427160 - 6{,}3)/(3 \times 0{,}0381) \ ; (6{,}5 - 6{,}427160)/(3 \times 0{,}0381)$$

$$= \text{minimum } (1{,}113015 \ ; 0{,}637552)$$

$$= 0{,}637552$$

$$C_{pmk} = C_{pk} / \sqrt{1 + (X_{bar} - T/S)^2}$$

$$= 0{,}637552 / \sqrt{1 + (6{,}427160 - 6{,}4)/0{,}03808)^2}$$

$$= 0{,}519065$$

Tabel 4.48 Tabulasi Hasil Perhitungan Kemampuan Proses Kandungan LOI pada Produk Semen

Bulan	X-bar	S	Cpm	% *off* target	Batas Toleransi		UH		Hasil
					Atas	Bawah	Atas	Bawah	
Oktober 2005	6,4303472	0,0396	0,6676	15,17361	6,44614	6,35386	6,43495	6,4257	Ho diterima
November 2005	6,4289103	0,0382	0,6952	14,45513	6,44473	6,35527	6,43496	6,4228	Ho diterima
Desember 2005	6,4297222	0,0367	0,7062	14,86111	6,44394	6,35606	6,43464	6,4248	Ho diterima
Januari 2006	6,4271605	0,0381	0,7126	13,58025	6,44403	6,35596	6,43132	6,4229	Ho diterima
Februari 2006	6,4288095	0,0362	0,7208	14,40476	6,44329	6,35671	6,43432	6,4233	Ho diterima
Maret 2006	6,4228819	0,0376	0,7573	11,44097	6,44237	6,35763	6,42724	6,4185	Ho diterima
April 2006	6,4187302	0,0403	0,7494	9,365079	6,44304	6,35695	6,42373	6,4137	Ho diterima
Mei 2006	6,4186667	0,0367	0,8099	9,333333	6,44054	6,35946	6,42333	6,4140	Ho diterima
Juni 2006	6,4237821	0,0385	0,7368	11,89103	6,44324	6,35676	6,42807	6,4195	Ho diterima

Tabel 4.48 (Lanjutan)

Bulan	X-bar	S	S *off* target	Cpk	Cpmk
Oktober 2005	6,43035	0,03965	0,0303472	0,58562	0,46503
November 2005	6,42891	0,03825	0,0289103	0,61953	0,49424
Desember 2005	6,42972	0,03666	0,0297222	0,63897	0,49635
Januari 2006	6,42716	0,03808	0,0271605	0,63755	0,51907
Februari 2006	6,42881	0,03617	0,0288095	0,65599	0,51314
Maret 2006	6,42288	0,03761	0,0228819	0,68368	0,58403
April 2006	6,41873	0,04034	0,0187302	0,67154	0,60909
Mei 2006	6,41867	0,03668	0,0186667	0,73915	0,65875
Juni 2006	6,42378	0,03849	0,0237821	0,66015	0,56158

b. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kandungan Semen:

1). Faktor Tenaga Kerja

Penyebab: 1. Keterlambatan menangani *blocking* pada WF *gypsum* dan *aditif*

2. Keterlambatan melakukan aksi

a. menambah kecepatan separator

b. mengurangi kecepatan separator

Objek dan lokasi pengamatan: bagian CCR (*Central Control Room*) dan bagian Lapangan mesin WF.

2). Faktor Lingkungan

Penyebab: 1. Musim

a. Musim hujan

Cbjek dan lokasi pengamatan: bagian *Quarry* (penambangan).

3). Faktor Mesin

Penyebab: 1. Tidak berjalannya mesin pregrending.

2. *Ball Mill* dalam mesin *Finish Mill* yang tidak rata dan *Aus*

3. Kurangnya perawatan

a. *Overhaul* mesin

Objek dan lokasi pengamatan: bagian Produksi

4). Faktor Material

Penyebab: 1. *Clinker* yang terlalu panas

a. *Falset*

2. Kurangnya bahan aditif

Objek dan lokasi pengamantan: *Clinker* dan bagian *Quality Control*

Untuk itu penanganan yang dilakukan apabila kandungan *Blaine* semen melebihi batas spesifikasi yang ditentukan adalah dengan mengurangi kecepatan separator dan apabila kandungan *Blaine* semen kurang dari batas spesifikasi yang telah ditetapkan tindakan yang dilakukan adalah dengan menambahkan kecepatan separator.

4.2.5 Perhitungan Uji Statistik

Perhitungan uji statistik digunakan untuk melihat apakah ada peningkatan tingkat *sigma* dari produk *clinker* terhadap tingkat *sigma* pada produk semen.

H_0 : Tidak ada peningkatan rata-rata yang signifikan tingkat *sigma* produk semen terhadap produk *clinker*

H_1 : Terjadi peningkatan rata-rata yang signifikan tingkat *sigma* produk semen terhadap produk *clinker*

$\alpha = 0{,}05$ $\quad$ df = 9-1 = 8

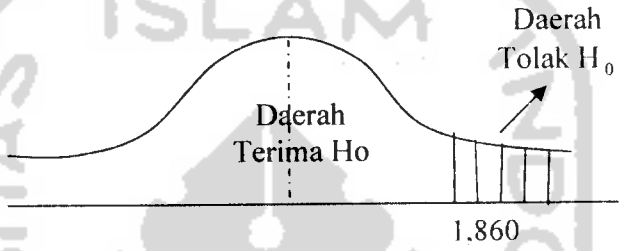
$t_{tabel} = \pm 1{,}860$

Daerah Kritis (uji 1 arah)

Kurva daerah penolakan

Jika $t_{hitung} \leq t_{tabel}$ maka H_0 diterima

Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak



Tabel 4.49 Data Uji T-test Tingkat *Sigma Clinker* dan Semen

Rata-rata Proses Tingkat *Sigma Clinker*	Rata-rata Proses Tingkat *Sigma* Semen	di	di^2
1,78	3,48	1,69	2,86455625
1,58	3,50	1,92	3,67680625
1,55	3,48	1,93	3,71525625
1,66	3,53	1,87	3,50625625
1,86	3,56	1,70	2,88150625
1,73	3,49	1,75	3,07125625
1,76	3,42	1,66	2,75560000
1,67	3,66	1,99	3,95015625
1,88	3,50	1,61	2,60015625
$\sum$		16,12	29,02

Mencari harga $\bar{d}$ dan Sd (Rath dan Strong, 2005)

$$\bar{d} = \frac{\sum di}{n} = \frac{16,12}{9} = 1,791$$

$$\text{Sd} = \sqrt{\frac{\sum di^2 - \frac{(\sum di)^2}{n}}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{29,02 - 28,87}{8}} = 0,1369$$

Statistik hitung

$$t_{hitung=} \frac{\overline{d - do}}{\frac{Sd}{\sqrt{n}}} = \frac{1,791 - 0}{\frac{0,1369}{\sqrt{9}}} = 39,247$$

Kesimpulan

Karena nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu $39,247 > 1,866$ maka H_0 ditolak, artinya terjadinya peningkatan rata-rata yang signifikan tingkat *sigma* produk semen terhadap produk *clinker*.

Adanya peningkatan tingkat *sigma* dari produk *clinker* menjadi produk semen menunjukan adanya penanganan yang tepat terhadap produk *clinker* dengan menambahkan bahan *gypsum* dan bahan *aditif* sehingga dapat menghasilkan produk akhir yang berkualitas.

4.2.6 Perhitungan Biaya Kualitas *Clinker*

Perhitungan biaya kualitas *clinker* dalam penelitian ini difokuskan pada produk *clinker* yang tidak memenuhi spesifikasi.

Contoh Biaya Kualitas *Clinker* Bulan Januari 2006 adalah sebagai berikut:

1). Kandungan LSF

Produksi diluar spesifikasi = (Persentase diluar spesifikasi × Total kapasitas *clinker*)

= 62,0691 % × 96771,8

= 60.065,40481 ton

Biaya produksi diluar spesifikasi = (Produksi diluar spesifikasi × Biaya perbaikan)

= 60.065,40481 ton × Rp. 43.336,72

= Rp. 2.603.037.630,05

2). Kandungan HM

Produksi diluar spesifikasi = (Persentase diluar spesifikasi × Total kapasitas *clinker*)

= 43,3479 % × 96771,8

= 41.948.54309 ton

Biaya produksi diluar spesifikasi = (Produksi diluar spesifikasi × Biaya perbaikan)

= 41.948,54309 ton × Rp. 43.336,72

= Rp. 1.817.912.266,39

3). Kandungan SM

Produksi diluar spesifikasi = (Persentase diluar spesifikasi × Total kapasitas *clinker*)

= 31,8888824 % × 96.771,8

= 30.859,44554 ton

Biaya produksi diluar spesifikasi = (Produksi diluar Spesifikasi × Biaya perbaikan)

= 30.859,44554 ton × Rp. 43.336,72

= Rp. 1.337.347.150,57

4). Kandungan AM

Produksi diluar spesifikasi = (Persentase diluar spesifikasi × Total kapasitas *clinker*)

= 42,7418873 % × 96.771,8

= 41.362,0937 ton

Biaya produksi diluar spesifikasi = (Produksi diluar spesifikasi × Biaya perbaikan)

= 41.362,0937 ton × Rp. 43.336,72

= Rp. 1.792.497.473,29

Total biaya kualitas *clinker* Januari 2006 sebesar

= Rp. 2.603.037.630.05 + Rp. 1.817.912.266,39 + Rp. 1.337.347.150,57+ Rp. 1.792.497.473,29

= Rp. 7.550.794.520,31

Tabel 4.50 Biaya Kualitas *Clinker* Bulan Oktober 2005 – Juni 2006

Kandungan / Bulan	LSF	HM	SM	AM	TOTAL
Oktober 2005	Rp. 1.439.271.363,22	Rp. 799.259.809,67	Rp.1.191.406.349,08	Rp. 1.196.310.170,68	Rp. 4.626.247.692,64
November 2005	Rp. 896.934.441,15	Rp. 614.143.824,33	Rp. 506.361.157,24	Rp. 662.181.776,55	Rp. 2.679.621.199,27
Desember 2005	Rp. 1.390.410.057,62	Rp. 1.018.518.940,20	Rp. 758.006.301,35	Rp. 1.121.636.787,10	Rp. 4.288.572.086,28
Januari 2006	Rp. 2.603.037.630,05	Rp. 1.817.912.266,39	Rp. 1.337.347.150,57	Rp. 1.792.497.473,29	Rp. 7.550.794.520,31
Februari 2006	Rp. 1.736.483.691,61	Rp. 943.807.437,10	Rp. 1.042.815.012,63	Rp. 1.511.913.657,29	Rp. 5.235.037.798,63
Maret 2006	Rp. 2.371.241.493,08	Rp. 1.466.800.724,82	Rp. 1.679.547.855,22	Rp. 2.026.708.549,86	Rp. 7.544.298.622,98
April 2006	Rp. 1,984,410,265.59	Rp. 1.249.529.218,62	Rp. 1.399.483.839,23	Rp. 1.930.798.901,40	Rp. 6.564.222.224,85
Mei 2006	Rp. 2.215.382.707,31	Rp. 1.555.784.800,03	Rp. 1.981.511.150,60	Rp. 3.362.037.006,86	Rp. 9.114.715.664,81
Juni 2006	Rp. 2.177.863.594,65	Rp. 1.446.755.508,65	Rp. 1.785.847.592,72	Rp. 3.164.433.487,86	Rp. 8.574.900.183,88
TOTAL BIAYA KUALITAS *CLINKER*					Rp. 56.178.409.993,64

4.2.7 Perhitungan Biaya Operasional Pengemixkan Semen

Perhitungan biaya operasional pengemixkan semen dalam penelitian ini difokuskan pada produk semen yang tidak memenuhi spesifikasi sehingga dilakukan pencampuran didalam *silo*.

Contoh biaya operasional pengemixkan semen bulan Januari 2006 adalah sebagai berikut:

Biaya *electrical* yang digunakan untuk pengemixkan semen dalam *silo* adalah sebesar Rp. 5.200/ton semen

1). Kandungan *Blaine*

Produksi diluar spesifikasi

= (Persentase diluar spesifikasi × Total kapasitas semen)

= 1,5411 % × 120.964,75 ton

= 1.864,175989 ton

Biaya pengemixkan semen diluar spesifikasi

= (Produksi diluar spesifikasi × Biaya *electrical*)

= 1.864,175989 ton × Rp. 5.200

= Rp. 9.693.715,14

2). Kandungan LOI

Produksi diluar spesifikasi

= (Persentase diluar spesifikasi × Total kapasitas semen)

= 2,8316342 % × 120.964,75 ton

= 3.425,279223 ton

Biaya pengemixkan semen diluar spesifikasi

= (Produksi diluar spesifikasi × Biaya perbaikan)

= 3.425,279223 ton × Rp. 5.200

= Rp. 17.811.451,96

FAK. TEKNOLOGI INDUSTRI PERPUSTAKAAN UII YOGYAKARTA

Total biaya operasional pengemixkan semen Januari 2006 sebesar

= Rp. 9.693.715,14 + Rp. 17.811.451,96

= Rp. 27.505.167,10

Tabel 4.51 Biaya Operasional Pengemixkan Semen Oktober 2005 – Juni 2006

Kandungan / Bulan	*BLAINE*	LOI	TOTAL
Oktober 2005	Rp. 14.405.806,14	Rp. 40.981.178,48	Rp. 55.386.984,63
November 2005	Rp. 7.882.319	Rp. 15.523.174,46	Rp. 23.405.494,20
Desember 2005	Rp. 14.790.756,09	Rp. 20.535.588,56	Rp. 35.326.344,65
Januari 2006	Rp. 9.693.715,14	Rp. 17.811.451,96	Rp. 27.505.167,10
Februari 2006	Rp. 7.692.846,54	Rp. 12.216.847,97	Rp. 19.909.694,51
Maret 2006	Rp. 18.432.795,50	Rp. 14.287.536,33	Rp. 32.720.331,86
April 2006	Rp. 16.214.657,06	Rp. 12.096.335,25	Rp. 28.301.992,31
Mei 2006	Rp. 10.823.436,41	Rp. 8.950.949,35	Rp. 19.774.385,76
Juni 2006	Rp. 16.348.603,69	Rp. 18.255.728,02	Rp. 34.604.331,71
TOTAL			Rp. 276.943.726,70

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Tingkat DPMO dan *Sigma* pada Produk *Clinker*

Hasil perhitungan tingkat DPMO dan *sigma*, kinerja dari perusahaan dapat dilihat dari tingkat DPMO proses dan *sigma* proses yang diperoleh dari kandungan LSF, HM, AM dan SM pada produk *clinker*. Dengan nilai DPMO proses dan pencapaian *sigma* proses dari karakteristik kualitas *clinker* yang belum konsisten dan masih bervariasi setiap bulannya hal ini dapat terlihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21

Bulan Januari 2006 diperoleh nilai DPMO untuk kandungan LSF 620.691,2 kandungan HM 385.361,5 kandungan SM 318.888,8 dan kandungan AM 427.418,9 dari nilai DPMO untuk setiap kandungan *clinker* untuk bulan Januari masih sangat tinggi yang dapat diinterpretasikan bahwa dari sejuta kesempatan yang ada akan terdapat 620.691 kandungan LSF, 385.361,5 kandungan HM, 318.888,8 kandungan SM dan 427.418 kandungan AM tidak mampu memenuhi spesifikasi kandungan kimia yang diharapkan oleh perusahaan, hal ini juga terlihat pada nilai DPMO untuk kandungan *clinker* untuk setiap bulannya yang tidak mampu memenuhi spesifikasi kandungan yang diharapkan oleh pelanggan.

Hasil perhitungan tingkat *sigma* proses pada kandungan LSF, HM, AM dan SM didapatkan pencapaian tingkat *sigma* berada pada level 1-*sigma* sampai 2-*sigma*, hal ini dapat dilihat melalui pencapaian tingkat *sigma* untuk bulan Januari pada

kandungan LSF 1,19, kandungan HM 1,79, kandungan SM 1,97 dan kandungan AM 1,68 hasil tersebut masih sangat jauh dari target yang ingin dicapai, dimana target untuk tingkat *sigma* adalah 6-*sigma* dan target DPMO 3,4. Untuk itu perlu dilakukan pengawasan dalam proses produksi *clinker* dan penanganan lebih lanjut untuk produk *clinker* yang tidak memenuhi standart dengan penambahan bahan *aditif* berupa *gypsum* untuk proses selanjutnya sehingga dapat menghasilkan produk akhir berupa semen yang sesuai spesifikasi yang diinginkan oleh pelanggan.

5.2 Analisis Tingkat DPMO dan *Sigma* pada Produk Semen

Hasil perhitungan tingkat DPMO proses dan *sigma* proses pada produksi semen dapat diukur melalui tingkat kehalusan semen (*Blaine*) dan LOI yang keduanya merupakan komponen penting untuk menghasilkan semen sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Perhitungan yang telah dilakukan pada bulan Januari 2006 didapatkan nilai DPMO proses 15.410,9 untuk tingkat kehalusan semen artinya dalam satu juta kesempatan yang ada akan terdapat 15.410,9 kemungkinan bahwa proses produksi semen tidak mampu memenuhi spesifikasi $4000 \pm 100\, Cm^2 / gr$ dan 28.316,34 untuk LOI, artinya dalam satu juta kesempatan yang ada akan terdapat 28.316,34 kemungkinan bahwa proses produksi semen tidak mampu memenuhi spesifikasi $6{,}4 \pm 0{,}1$ %.

Pada Tabel 4.39 terlihat nilai DPMO produk semen untuk tingkat kehalusan semen (*Blaine*) dan LOI untuk setiap bulannya yang tidak mampu memenuhi spesifikasi $4000 \pm 100\, Cm^2 / gr$ untuk *Blaine* dan spesifikasi $6{,}4 \pm 0{,}1$ % untuk LOI

yang telah ditetapkan oleh perusahaan, oleh karena itu semen yang tidak memenuhi standart kemudian dicampur dengan semen yang memenuhi standart didalam *silo* (tempat penampungan semen) sehingga semen yang keluar dari *silo* diharapkan sudah memenuhi standart dan siap untuk dipasarkan.

Hasil perhitungan tingkat *sigma* proses pada Tabel 4.40 tingkat kehalusan semen *(Blaine)* dan LOI berada pada level 3-*sigma*, dimana pencapaian tingkat *sigma* pada karakteristik kualitas pada semen mengalami peningkatan dibandingkan dengan proses sebelumnya yaitu pada karakteristik kualitas produk *clinker* dimana tingkat *sigma* masih berada pada level antara 1-*sigma* sampai 2-*sigma*, namun dengan tingkat kapabilitas DPMO yang terdapat pada Tabel 4.41 dan berada pada rata-rata level 3-*sigma*, PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap CP-2 sudah cukup kuat untuk bersaing di pasar nasional maupun internasional dengan pabrik semen yang lainnya. Mengingat tingkat *sigma* rata-rata industri di Indonesia adalah sekitar 2,77-*sigma* pada angka 102.042 DPMO.

5.3 Analisis Kemampuan Proses Produksi *Clinker*

5.3.1 Analisis Kemampuan Proses Kandungan LSF

Berdasarkan Tabel 4.24 hasil sebaran rata-rata kandungan LSF pada peta kontrol X-bar didapatkan rata-rata pada bulan Februari cukup stabil dan dapat dilanjutkan untuk menganalisa kemampuan proses menggunakan indeks C_{pm}, C_{pk} dan C_{pmk}.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh indeks C_{pm} bulan Februari sebesar 0,21711 artinya kemampuan proses produksi sangat rendah dan tidak mampu memenuhi spesifikasi target kandungan LSF *clinker* 97 % ±1% dan harus dilakukan tindakan pengawasan yang *intensif* terhadap jalannya proses produksi *clinker* untuk meningkatkan kemampuan proses produksi.

Diketahui indeks C_{pk} bulan Februari sebesar 0,145210 dimana indeks C_{pk} ini diperoleh dari nilai terkecil antara IKA atau CPU dan IKB atau CPL, diketahui IKA = 0,300664 dan nilai IKB = 0,145210 sehingga nilai C_{pk} sebesar 0,145210 yang artinya proses produksi *clinker* menghasilkan kandungan LSF yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Dengan kata lain nilai C_{pk} ini menunjukan kemampuan sesungguhnya dari proses dengan nilai-nilai karakteristik ketidaksesuaian yang ada.

Selanjutnya diketahui indeks C_{pmk} bulan Februari sebesar 0,14148 (sangat rendah), hal ini menunjukan nilai rata-rata kandungan LSF dari proses pada bulan Februari lebih mendekati kebatas spesifikasi bawah (LSL = 96 %), sekaligus bahwa proses tidak mampu memenuhi batas spesifikasi bawah (LSL = 96 %), ini menunjukan bahwa kandungan LSF pada *clinker* belum memenuhi yang diharapkan oleh pelanggan.

5.3.2 Analisis Kemampuan Proses Kandungan HM

Berdasarkan Tabel 4.28 hasil sebaran rata-rata kandungan HM pada peta kontrol X-bar didapatkan rata-rata pada bulan Februari 2006 dan Mei 2006 cukup

stabil dan dapat dilanjutkan untuk menganalisa kemampuan proses menggunakan indeks C_{pm}, C_{pk} dan C_{pmk}.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh indeks C_{pm} bulan Februari sebesar 0,21711 dan indeks C_{pm} bulan Mei sebesar 0,37317 artinya kemampuan proses produksi pada bulan Februari dan Mei sangat rendah dan tidak mampu memenuhi spesifikasi target kandungan HM *clinker* 2,20 % ± 0,05% harus dilakukan tindakan pengawasan yang *intensif* terhadap jalannya proses produksi *clinker* untuk meningkatkan kemampuan proses produksi.

Diketahui indeks C_{pk} bulan Februari sebesar 0,309559 dan bulan Mei sebesar 0,282098 dimana indeks C_{pk} bulan Febuari ini diperoleh dari nilai terkecil antara IKA atau CPU dan IKB atau CPL, diketahui IKA = 0,652164 dan nilai IKB = 0,309559, sehingga nilai C_{pk} Februari sebesar 0,309559 yang artinya proses produksi *clinker* menghasilkan kandungan HM yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Dengan kata lain nilai C_{pk} ini menunjukan kemampuan sesungguhnya dari proses dengan nilai-nilai karakteristik ketidaksesuaian yang ada.

Selanjutnya diketahui indeks C_{pmk} bulan Februari sebesar 0,275325 (sangat rendah) dan indeks C_{pmk} bulan Mei sebesar 0,267567 hal ini menunjukan nilai rata-rata kandungan HM dari proses pada bulan Februari dan Mei lebih mendekati kebatas spesifikasi bawah (LSL = 2,15 %), sekaligus bahwa proses tidak mampu memenuhi

batas spesifikasi bawah (LSL = 2,15 %), ini menunjukan bahwa kandungan HM pada *clinker* belum memenuhi yang diharapkan oleh pelanggan.

5.3.3 Analisis Kemampuan Proses Kandungan SM

Berdasarkan Tabel 4.32 hasil sebaran rata-rata kandungan SM pada peta kontrol X-bar didapatkan rata-rata pada bulan Januari 2006 dan Februari 2006 cukup stabil dan dapat dilanjutkan untuk menganalisa kemampuan proses menggunakan indeks C_{pm}, C_{pk} dan C_{pmk}.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh indeks C_{pm} bulan Januari sebesar 0,33225 dan indeks C_{pm} bulan Februari sebesar 0,34120 artinya kemampuan proses produksi pada bulan Januari dan Februari sangat rendah dan tidak mampu memenuhi spesifikasi target kandungan SM *clinker* 2,20 % $\pm$ 0,05% harus dilakukan tindakan pengawasan yang *intensif* terhadap jalannya proses produksi *clinker* untuk meningkatkan kemampuan proses produksi.

Diketahui indeks C_{pk} bulan Januari sebesar 0,324583 dan bulan Februari sebesar 0,324227 dimana indeks C_{pk} bulan Februari ini diperoleh dari nilai terkecil antara IKA atau CPU dan IKB atau CPL, diketahui IKA = 0,35909 dan nilai IKB = 0,324227 sehingga nilai C_{pk} Februari sebesar 0,324227 yang artinya proses produksi *clinker* menghasilkan kandungan SM yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Dengan kata lain nilai C_{pk} ini menunjukan kemampuan sesungguhnya dari proses dengan nilai-nilai karakteristik ketidaksesuaian yang ada.

Selanjutnya diketahui indeks C_{pmk} bulan Januari sebesar 0,324496 dan indeks C_{pmk} bulan Februari sebesar 0,323785 hal ini menunjukan nilai rata-rata kandungan SM dari proses pada bulan Januari dan Februari lebih mendekati kebatas spesifikasi bawah (LSL = 2,3 %), sekaligus bahwa proses tidak mampu memenuhi batas spesifikasi bawah (LSL = 2,3 %), ini menunjukan bahwa kandungan SM pada *clinker* belum memenuhi yang diharapkan oleh pelanggan.

5.3.4 Analisis Kemampuan Proses Kandungan AM

Berdasarkan Tabel 4.36 hasil sebaran rata-rata kandungan AM pada peta kontrol X-bar tidak didapatkan proses yang stabil, sehingga tidak dapat dilanjutkan untuk menghitung kemampuan proses menggunakan indeks C_{pm}, C_{pk} dan C_{pmk}.

5.4 Analisis Kemampuan Proses Produksi Semen

5.4.1 Analisis Kemampuan Proses *Blaine* (Tingkat Kehalusan)

Berdasarkan Tabel 4.43 hasil sebaran rata-rata *Blaine* (tingkat kehalusan) pada peta kontrol X-bar didapatkan rata-rata untuk sembilan periode (Oktober 2005 – Juni 2006) cukup stabil dan dapat dilanjutkan untuk menganalisa kemampuan proses menggunakan indeks C_{pm}, C_{pk} dan C_{pmk}.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh indeks C_{pm} yang terdapat pada Tabel 4.44, dengan nilai indeks C_{pm} yang terdapat pada Tabel 4.44 dapat diartikan bahwa kemampuan proses produksi sangat rendah dan tidak mampu memenuhi spesifikasi target *Blaine* (tingkat kehalusan) $4000Cm^2 / gr \pm 100Cm^2 / gr$

dan harus dilakukan tindakan pengawasan yang *intensif* terhadap jalannya proses produksi semen untuk meningkatkan kemampuan proses produksi.

Diketahui indeks C_{pk} untuk sembilan periode pada Tabel 4.48 ini diperoleh dari nilai terkecil antara IKA atau CPU dan IKB atau CPL, sehingga dengan nilai C_{pk} yang terdapat pada Tabel 4.44 (lanjutan) bahwa proses produksi semen menghasilkan kandungan *Blaine* yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Dengan kata lain nilai C_{pk} ini menunjukan kemampuan sesungguhnya dari proses dengan nilai-nilai karakteristik ketidaksesuain yang ada.

Selanjutnya diketahui indeks C_{pmk} dari perhitungan yang terdapat pada Tabel 4.44 (lanjutan), hal ini menunjukan nilai rata-rata *Blaine* dari proses pada sembilan periode lebih mendekati kebatas spesifikasi atas (USL = $4100 Cm^2 / gr$), sekaligus bahwa proses tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas (USL = $4100 Cm^2 / gr$), ini menunjukan bahwa *Blaine* (tingkat kehalusan) pada semen belum memenuhi yang diharapkan oleh pelanggan.

5.4.2 Analisis Kemampuan Proses LOI (*Loos on Ignation*)

Berdasarkan Tabel 4.47 hasil sebaran rata-rata LOI (*Loos on Ignation*) pada peta kontrol X-bar didapatkan rata-rata untuk sembilan periode (Oktober 2005 – Juni 2006) cukup stabil dan dapat dilanjutkan untuk menganalisa kemampuan proses menggunakan indeks C_{pm}, C_{pk} dan C_{pmk}.

Hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh indeks C_{pm} yang terdapat pada Tabel 4.48, dengan nilai indeks C_{pm} yang terdapat pada Tabel 4.48 dapat diartikan bahwa kemampuan proses produksi sangat rendah dan tidak mampu memenuhi spesifikasi target LOI *(Loos on Ignation)* 6,4 %±0,1 % dan harus dilakukan tindakan pengawasan yang *intensif* terhadap jalannya proses produksi semen untuk meningkatkan kemampuan proses produksi.

Diketahui indeks C_{pk} untuk sembilan periode pada Tabel 4.48 (lanjutan) ini diperoleh dari nilai terkecil antara IKA atau CPU dan IKB atau CPL, sehingga dengan nilai C_{pk} yang terdapat pada Tabel 4.48 bahwa proses produksi semen menghasilkan LOI yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Dengan kata lain nilai C_{pk} ini menunjukan kemampuan sesungguhnya dari proses dengan nilai-nilai karakteristik ketidaksesuaian yang ada.

Selanjutnya diketahui indeks C_{pmk} dari perhitungan yang terdapat pada Tabel 4.48 (lanjutan), hal ini menunjukan nilai rata-rata LOI dari proses pada sembilan periode lebih mendekati kebatas spesifikasi atas (USL = 6,5 %), sekaligus bahwa proses tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas (USL = 6,5 %), ini menunjukan bahwa LOI *(Loos on Ignation)* pada semen belum memenuhi yang diharapkan oleh pelanggan.

5.5 Analisis Uji Statistik Tingkat *Sigma*

Uji statistik yang telah dilakukan dengan menggunakan T-test untuk data berpasangan didapatkan t_{hitung} = 39,247 dengan t_{tabel} = 1,866 dengan $\alpha = 0{,}05$ dan derajat bebas = 8, dengan t_{hitung} = 39,247 > t_{tabel} = 1,866 maka Ho ditolak artinya terdapat peningkatan rata-rata tingkat *sigma* dari produk *clinker* menjadi produk semen.

5.6 Analisis Biaya Kualitas

Biaya kualitas merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan karena menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan standar, dalam penelitian ini biaya kualitas muncul pada produk *clinker.*

5.6.1 Analisis Biaya Kualitas *Clinker*

Biaya kualitas timbul karena *clinker* yang tidak memenuhi spesifikasi perlu penanganan khusus yaitu dengan mencampurkan *clinker* yang tidak sesuai spesifikasi dengan *clinker* yang sesuai dengan spesifikasi, agar dalam proses selanjutnya dapat menghasilkan produk akhir yang memenuhi standart kualitas.

Perhitungan biaya kualitas *clinker* yang telah dilakukan diperoleh biaya kualitas terbesar terdapat pada bulan Mei sebesar Rp. 9.114.715.664,81 artinya dalam hal ini perusahaan melakukan pemborosan biaya sebesar Rp. 9.114.715.664,81 untuk melakukan perbaikan terhadap *clinker* yang tidak memenuhi spesifikasi, untuk itu perusahaan perlu melakukan pengawasan yang ketat terhadap proses produksi *clinker*

sehingga *clinker* yang dihasilkan dapat sesuai dengan standart yang diinginkan pelanggan.

5.7 Analisis Biaya Operasional Pengemixkan Semen

Biaya operasional pengemixkan semen muncul karena dalam proses produksi semen masih terdapat semen yang diluar spesifikasi, sehingga diperlukan *mixing* antara semen yang diluar standar dengan semen yang sudah memenuhi standart didalam *silo*.

Perhitungan biaya operasional pengemixkan semen yang telah dilakukan diperoleh biaya operasional pengemixkan semen terbesar terdapat pada bulan Oktober sebesar Rp. 55.386.984,63 artinya dalam hal ini perusahaan melakukan pemborosan biaya untuk *mixing* semen sebesar Rp. 55.386.984,63 untuk itu perusahaan perlu melakukan pengawasan yang ketat terhadap proses produksi semen sehingga semen yang dihasilkan dapat sesuai dengan standart yang diinginkan pelanggan.

5.8 Analisis Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* atau sebab-akibat dilakukan untuk mengetahui akar-akar masalah dan sumber-sumber variasi yang berpengaruh terhadap CTQ kunci. Terdapat 4 faktor yang berpengaruh terhadap kandungan *clinker* dan semen yaitu sebagai berikut:

a. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kandungan *Clinker* :

1). Faktor Tenaga Kerja

Penyebab: 1. Terlambat melakukan aksi

a. menambah jumlah *dust*

b. mengurangi jumlah *dust*

2. Kurangnya kesadaran dan disiplin

a. memberikan informasi jumlah *dust*

Objek dan lokasi pengamatan: bagian CCR (*Central Control Room*) dan bagian *Quality Control*

2). Faktor Lingkungan

Penyebab: 1. Musim

a. Musim hujan

Objek dan lokasi pengamatan: bagian *Quarry* (penambangan)

3). Faktor Mesin

Penyebab : 1. Pembakaran di *kiln* kurang panas

Normal : 1.400-1.520 ° C

2. Operasi *raw meal* kurang lancar

3. Kurangnya perawatan

a. *Overhaul* mesin

Objek dan lokasi pengamatan: bagian Produksi

4). Faktor Material

Penyebab: 1. Adanya *CaO* bebas kapur (*freelem*)

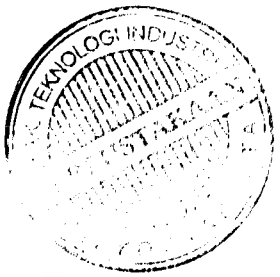
a. Pembakaran *clinker* tidak cukup sempurna

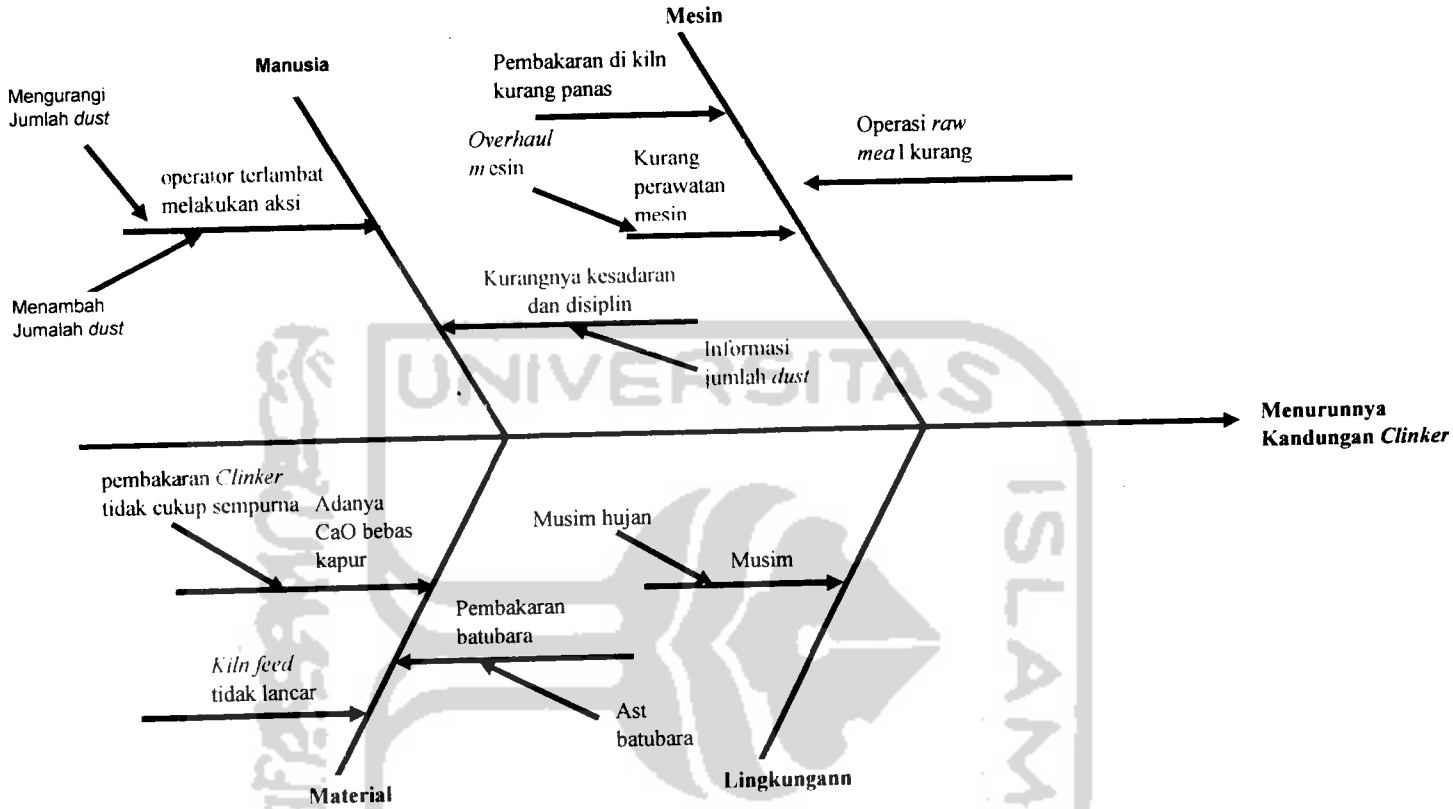
2. Pembakaran batubara

a. *Ast* batubara yang bereaksi dengan *clinker*

3. *Kiln feed* tidak lancar

Objek dan lokasi pengamantan: *Clinker* dan bagian *Quality control*





Gambar 5.1 Diagram *Fishbone* Kandungan *Clinker*

b. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kandungan Semen:

1). Faktor Tenaga Kerja

Penyebab: 1. Keterlambatan menangani *blocking* WF *gypsum* dan *aditif.*

2. Keterlambatan melakukan aksi

a. menambah kecepatan separator

b. mengurangi kecepatan separator

Objek dan lokasi pengamatan: bagian CCR (*Central Control Room*) dan bagian lapangan mesin WF

2). Faktor Lingkungan

Penyebab: 1. Musim

a. Musim hujan

Objek dan lokasi pengamatan: bagian *Quarry* (penambangan)

3). Faktor Mesin

Penyebab: 1. Tidak berjalanya mesin *pregrending*

2. *Ball Mill* dalam mesin *Finish Mill* yang tidak rata dan *Aus*

3. Kurangnya perawatan

a. *Overhaul* mesin

Objek dan lokasi pengamatan: bagian Produksi

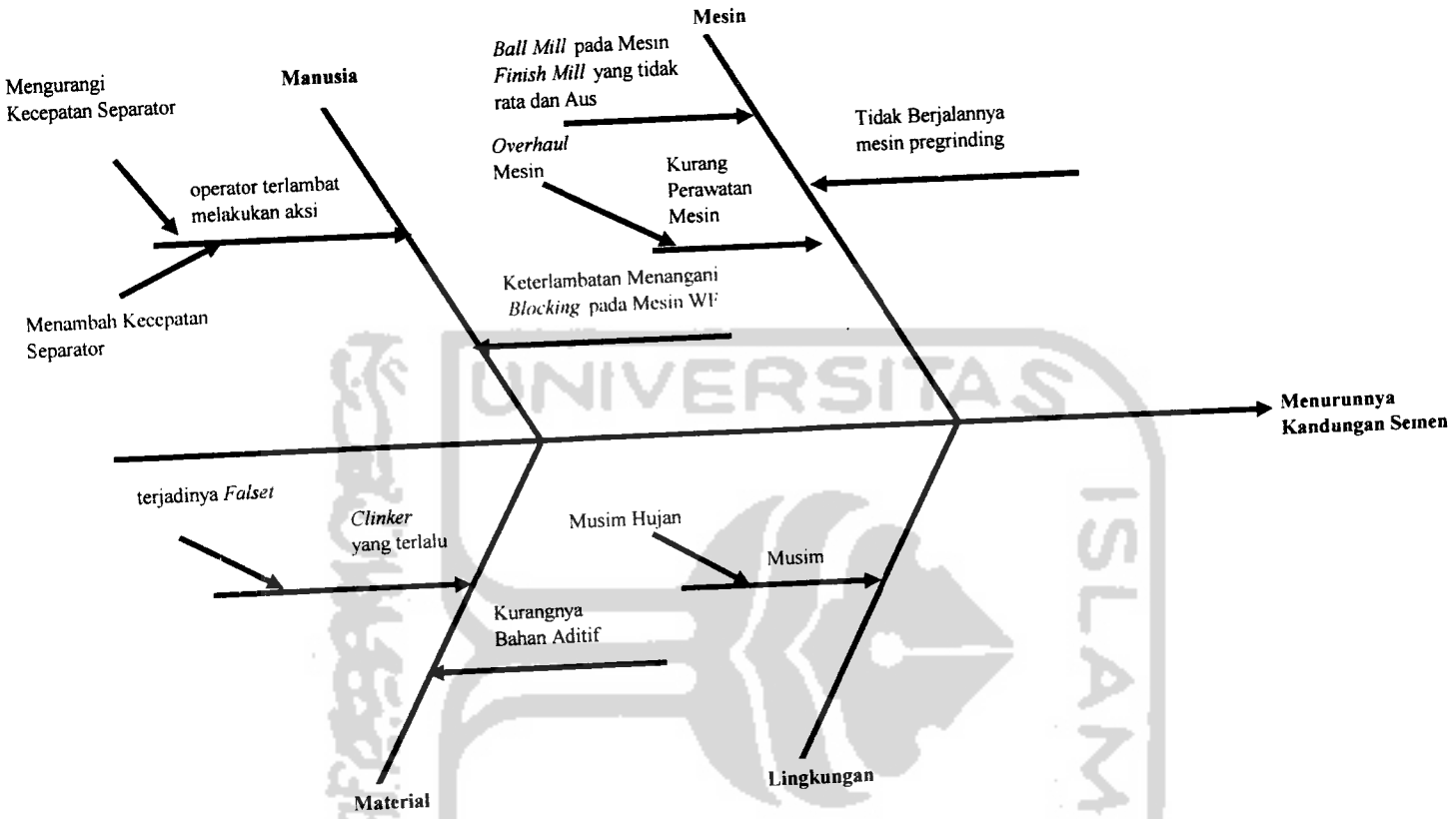
4). Faktor Material

Penyebab: 1. *Clinker* yang terlalu panas

a. *Falset*

2. Kurangnya bahan aditif

Objek dan lokasi pengamantan: *Clinker* dan bagian *Quality Control*



Gambar 5.2 Diagram *Fishbone* Kandungan Semen

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Besarnya nilai kemampuan proses produk *clinker* dengan ukuran tingkat *sigma* berada pada level 1-2 *sigma* rata-rata kurang dari satu ($Cpm < 1$), ($Cpk < 1$), ($Cpmk < 1$) hal ini menunjukan bahwa proses industri dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan noi *(zero defect oriented)*.
2. Besarnya nilai kemampuan proses untuk kandungan semen dengan ukuran tingkat *sigma* berada pada level 3 *sigma* rata-rata kurang dari satu ($Cpm < 1$), ($Cpk < 1$), ($Cpmk < 1$) hal ini menunjukan bahwa proses industri dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol *(zero defect oriented)*.
3. Faktor-faktor yang berpengaruh pada kandungan LSF, HM, SM, dan AM pada produk *clinker* meliputi 4 faktor yaitu **faktor manusia** pada operator *kiln* yang terlambat melakukan aksi menambah atau mengurangi *dust* untuk *kiln feed* dan petugas laboratorium yang terlambat dalam dalam memberikan informasi kepada operator *kiln*, untuk menambah atau mengurangi jumlah *dust* untuk *kiln feed*, **faktor mesin** berupa suhu di *kiln* kurang panas sehingga

clinker menjadi mentah, operasi *raw meal* yang tidak lancar dan kurangnya perawatan terhadap mesin-mesin produksi yang menyebabkan overhaul mesin, **faktor lingkungan** yang berpengaruh adalah pada waktu musim hujan, material banyak mengandung air sehingga dalam proses produksi pembakaran dilakukan lebih lama untuk menghilangkan kadar air dalam material. Dan **faktor material** adanya CaO bebas kapur yang tidak bereaksi dengan mineral-mineral yang lain, pembakaran batubara yang menghasilkan *ast* batubara yang ikut bereaksi dengan *clinker*, dan *kiln feed* yang tidak lancar. Untuk itu perlu adanya peningkatan kualitas proses produksi secara terus-menerus dan berkesinambungan dan diharapkan dapat terjadi peningkatan proses.

4. Faktor-faktor yang berpengaruh pada kandungan *Blaine* dan LOI pada produk semen meliputi 4 faktor yaitu **faktor manusia** petugas lapangan terlambat dalam menangani *blocking* yang ada pada mesin WF *gypsum* dan *aditif* dan operator *finish mill* terlambat melakukan aksi dalam menambah atau mengurangi kecepatan separator, **faktor mesin** tidak berjalannya mesin *pregrinding*, *ball mill* yang tidak rata dan *aus*, kurangnya perawatan terhadap mesin-mesin produksi yang menyebabkan *overhaul* mesin, **faktor lingkungan** yang berpengaruh adalah pada waktu musim hujan, material banyak mengandung air sehingga sering terjadi *blocking* pada mesin-mesin produksi, dan **faktor material** yaitu *clinker* yang masih panas sehingga menyebabkan *falset* dan kurangnya bahan aditif.

5. Total biaya kualitas *clinker* yang dihasilkan selama bulan Oktober 2005 – Juni 2006 sebesar Rp. 56.178.409.993,64.
6. Total biaya operasional pengemixkan semen yang dihasilkan selama bulan Oktober 2005 – Juni 2006 sebesar Rp. 276.943.726,70.

6.2 Saran

Dalam rangka mendukung tercapainya tujuan perusahaan untuk dapat menghasilkan produk yang bermutu dengan tingkat kegagalan produk yang sekecil mungkin, maka perusahaan disarankan melakukan tindakan sebagai berikut:

1. Perusahaan harus menjaga kemampuan proses produksi serta tetap berusaha meningkatkan kualitas proses produksinya.
2. Perusahaan hendaknya memperhatikan dengan serius faktor-faktor penyebab yang mempengaruhi kandungan produk.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan tolak ukur perusahaan dalam upaya proses perbaikan dan peningkatan kualitas produk secara terus-menerus. Perusahaan juga diharapkan untuk menerapkan metode baru yang lebih baik dan benar-benar bisa dipertanggungjawabkan. Salah satunya adalah metode *Six Sigma*, yang benar-benar teruji dan mampu meningkatkan kinerja perusahaan, seperti kasus Motorola dan GE.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim., (2005). *Department Technical Report* PT. Semen Cibinong Tbk. Pabrik Cilacap.

Ariani, Dorothea Wahyu., (2004). *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta : Andi Offset.

Brue, Greg., (2002). *Six Sigma for Manager*. A briefcase Book, Mc Graw-Hill.

Crosby,P.B., (1979). *Quality Is Free. New York* : Mc-Graw Hill.

Elliet,S., (1993). *Management of Quality in Computing Systems Education: ISO9000 Series Quality Standart Applied. Journal of System Management*, September, 6-11 dan 41-42.

Feigenbaum,A.V., (1991). *Total Quality Control* (3 rd edition). New York : McGraw-Hill.

Gan Shu San, et al., (1999). *Optimasi Kualitas Warna Minyak Goreng Dengan Metode Respon Surface. Jurnal Teknik Industri*. Diakses dari www.puslit-petra.ac.id.

Gasperz, Vincent., (1997). *Manajemen Bisnis Total : Manajemen Kualitas, Penerapan Konsep-konsep Kualitas dalam Manajemen Bisnis Total*. Jakarta : PT.Gramedia Pustaka Utama.

Gasperz, Vincent., (1998). *Statistical Proses Control : Penerapan Teknik-Teknik dalam Manajemen Bisnis Total*. Jakarta : PT.Gramedia Pustaka Utama.

Gasperz, Vincent., (2001). *Total Quality Management*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Gasperz, Vincent., (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001 : 2000, MBNQ, dan HACCP*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Goetsch,D.L dan Davis, S., (1995). *Implementing to Total Quality*. NewJersey : Prentice Hall Internasional.

Ingle, Sarah dan Willo Roe., (2001). *Six Sigma Black Belt Implementasion. The TQM. Magazine*, Vol. 13-4, pp 273-280.

Jani Rahardjo, et al., (2003). *Peningkatan Kualitas Melalui Implementasi Filosofi Six Sigma. Jurnal Teknik Industri*. Diakses dari www.puslit-petra.ac.id.

Kuswadi dan Erna Mutiara., (2004). *Delta Delapan Langkah dan Tujuh Alat Statistik Untuk Peningkatan Mutu Berbasis Komputer*. Jakarta : Alex Media Komputindo.

Mitra, A., (1993). *Fundamental Of Quality Control and Impovement*. Singapore : MacMilan Publising Co.

Moh. Hartono., (2000). *Perancangan Kualitas dengan Metode Taguchi*. Karya Ilmiah Majalah BISTEK, Vol.8., No.12., Desember 2000.

Montgomery, D.C., (1990). *Introduction to Statistical Quality Control*. Terjemahan, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Pande, Peta dan Larry Holpp., (2003). *Berpikir Cepat Six Sigma*. Yogyakarta : Andi Offset.

Pande, Peter S., (2002). The Six Sigma Way : *Bagaimana GE, Motorola dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Yogyakarta : Andi Offset.

Puja Hadi, Purwanto., (1998). *Pengetahuan Dasar Teknologi Semen*. PT. Semen Cibinong Tbk. Pabrik Cilacap.

Pyzdek, T., (2002). *The Six Sigma Handbook, Panduan Lengkap untuk Greenbelts, Blackbelts, dan Manajer pada Semua Tingkat*. Terjemahan, Jakarta : PT. Salemba Empat.

Rath dan Strong., (2005). Six Sigma Advance Tools Pocket Guide : *Cara Menggunakan Rancangan Eksperiment Analisis Varian, Analisis Regresi, dan 25 Alat Canggih Lainnya*. Yogyakarta : Andi Offset

Russel, R.S dan Taylor, B.W. III., (1996). *Production and Operatorns Management : Focusing on Quality and Competitiveness*, New Jersey : Prentice Hall.

Scherkenbach, WW.. (1991). *Deming's Road to Continual Improvement* Knoxville,USA : SPC.

Urdhwareshe, Hemant., (2002). *The Six Sigma Approach. Quality & Productivity Journal*. September.

Willis, Dyah Rara., (2004). *Penentuan Kemampuan Proses Produksi Tetracycline Capsule*. Skripsi, tidak diterbitkan. Yogyakarta : Fakultas Teknologi Industri Universitas "Veteran" Pembangunan Nasional.

Lampiran 1. Tabel Konversi *Six Sigma*

YIELD (%)	DPMO	SIGMA
6,66	933200	0
8,455	915450	0,125
10,56	894400	0,25
13,03	869700	0,375
15,87	841300	0,5
19,08	809200	0,625
22,66	773400	0,75
26,595	734050	0,875
30,85	691500	1
35,435	645650	1,125
40,13	598700	1,25
45,025	549750	1,375
50	500000	1,5
54,975	450250	1,625
59,87	401300	1,75
64,565	354350	1,875
69,15	308500	2
73,405	265950	2,125
77,34	226600	2,25
80,92	190800	2,375
84,13	158700	2,5
86,97	130300	2,625
89,44	105600	2,75
91,545	84550	2,875

Lampiran 1. (Lanjutan)

93,32	66800	3
94,79	52100	3,125
95,99	40100	3,25
96,96	30400	3,375
97,73	22700	3,5
98,32	16800	3,625
99,78	112200	3,75
99,12	8800	3,875
99,38	6200	4
99,565	4350	4,125
99,7	3000	4,25
99,795	2050	4,375
99,87	1300	4,5
99,91	900	4,625
99,94	600	4,75
99,96	400	4,875
99,977	230	5,
99,982	180	5,125
99,987	130	5,25
99,992	80	5,375
99,997	30	5,5
99,99767	23,35	5,625
99,99833	16,7	5,75
99,999	10,05	5,875
99,99966	3,4	6

Lampiran 2. Luas Area dibawah Kurva Normal Standar Kumulatif Z

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,00	0,500000	0,503985	0,507978	0,511967	0,515953	0,519939	0,523922	0,527903	0,531881	0,535856
0,10	0,539828	0,543795	0,547756	0,551717	0,555670	0,559618	0,563559	0,567495	0,571423	0,575345
0,20	0,579260	0,583166	0,587064	0,590954	0,594835	0,598706	0,602568	0,606420	0,610261	0,614092
0,30	0,617911	0,621719	0,625516	0,629300	0,633072	0,636831	0,640576	0,644309	0,648027	0,651732
0,40	0,655422	0,659097	0,662757	0,666402	0,670031	0,673645	0,677242	0,680822	0,684386	0,687933
0,50	0,691462	0,694974	0,698468	0,701944	0,705402	0,708840	0,712260	0,715661	0,719043	0,722405
0,60	0,725747	0,729069	0,732371	0,735653	0,738914	0,742154	0,745373	0,748571	0,751748	0,754903
0,70	0,758036	0,761148	0,764238	0,767305	0,770350	0,773373	0,776373	0,779350	0,782305	0,785236
0,80	0,788145	0,791030	0,793892	0,796731	0,799546	0,802338	0,805106	0,807850	0,810570	0,813267
0,90	0,815940	0,818589	0,821214	0,823814	0,826391	0,828944	0,831472	0,833977	0,836457	0,838913
1,00	0,841345	0,843752	0,846136	0,848495	0,850830	0,853141	0,855428	0,857690	0,859929	0,862143
1,10	0,864334	0,866500	0,868643	0,870762	0,872857	0,874928	0,876976	0,878999	0,881000	0,882977
1,20	0,884930	0,886860	0,888767	0,890651	0,892512	0,894350	0,896165	0,897958	0,899727	0,901475
1,30	0,903199	0,904902	0,906582	0,908241	0,909877	0,911492	0,913085	0,914656	0,916207	0,917736
1,40	0,919243	0,920730	0,922196	0,923641	0,925066	0,926471	0,927855	0,929219	0,930563	0,931888
1,50	0,933193	0,934478	0,935744	0,936992	0,938220	0,939429	0,940620	0,941792	0,942947	0,944083
1,60	0,945201	0,946301	0,947384	0,948449	0,949497	0,950529	0,951543	0,952540	0,953521	0,954486
1,70	0,955435	0,956367	0,957284	0,958185	0,959071	0,959941	0,960796	0,961636	0,962462	0,963273
1,80	0,964070	0,964852	0,965621	0,966375	0,967116	0,967843	0,968557	0,969258	0,969946	0,970621
1,90	0,971283	0,971933	0,972571	0,973197	0,973810	0,974412	0,975002	0,975581	0,976148	0,976705
2,00	0,977250	0,977784	0,978308	0,978822	0,979325	0,979818	0,980301	0,980774	0,981237	0,981691
2,10	0,982136	0,982571	0,982997	0,983414	0,983823	0,984222	0,984614	0,984997	0,985371	0,985738
2,20	0,986097	0,986447	0,986791	0,987126	0,987455	0,987776	0,988089	0,988396	0,988696	0,988989
2,30	0,989276	0,989556	0,989830	0,990097	0,990358	0,990613	0,990863	0,991106	0,991344	0,991576
2,40	0,991802	0,992024	0,992240	0,992451	0,992656	0,992857	0,993053	0,993244	0,993431	0,993613
2,50	0,993790	0,993963	0,994132	0,994297	0,994457	0,994614	0,994766	0,994915	0,995060	0,995201
2,60	0,995339	0,995473	0,995604	0,995731	0,995855	0,995975	0,996093	0,996207	0,996319	0,996427
2,70	0,996533	0,996636	0,996736	0,996833	0,996928	0,997020	0,997110	0,997197	0,997282	0,997365
2,80	0,997445	0,997523	0,997599	0,997673	0,997744	0,997814	0,997882	0,997948	0,998012	0,998074
2,90	0,998134	0,998193	0,998250	0,998305	0,998359	0,998411	0,998462	0,998511	0,998559	0,998605
3,00	0,998650	0,998694	0,998736	0,998777	0,998817	0,998856	0,998893	0,998930	0,998965	0,998999
3,10	0,999032	0,999064	0,999096	0,999126	0,999155	0,999184	0,999211	0,999238	0,999264	0,999289
3,20	0,999313	0,999336	0,999359	0,999381	0,999402	0,999423	0,999443	0,999462	0,999481	0,999499
3,30	0,999517	0,999533	0,999550	0,999566	0,999581	0,999596	0,999610	0,999624	0,999638	0,999650
3,40	0,999663	0,999675	0,999687	0,999698	0,999709	0,999720	0,999730	0,999740	0,999749	0,999758
3,50	0,999767	0,999776	0,999784	0,999792	0,999800	0,999807	0,999815	0,999821	0,999828	0,999835
3,60	0,999841	0,999847	0,999853	0,999858	0,999864	0,999869	0,999874	0,999879	0,999883	0,999888
3,70	0,999892	0,999896	0,999900	0,999904	0,999908	0,999912	0,999915	0,999918	0,999922	0,999925
3,80	0,999928	0,999931	0,999933	0,999936	0,999938	0,999941	0,999943	0,999946	0,999948	0,999950
3,90	0,999952	0,999954	0,999956	0,999958	0,999959	0,999961	0,999963	0,999964	0,999966	0,999967
4,00	0,999968	0,999970	0,999971	0,999972	0,999973	0,999974	0,999975	0,999976	0,999977	0,999978
4,50	0,999997	0,999997	0,999997	0,999997	0,999997	0,999997	0,999997	0,999998	0,999998	0,999998
5,00	0,999999									
5,50	0,999999									
6,00	0,999999									

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Formula yang digunakan = =normdist(z,0,1,1)

Lampiran 2. (Lanjutan)

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,40	0,0003367	0,0003525	0,0003513	0,0003702	0,0003691	0,0003681	0,0003671	0,0003850	0,0003842	0,0003832
-3,30	0,0004834	0,0004846	0,0004834	0,0004821	0,0004810	0,0004798	0,0004787	0,0004776	0,0004765	0,0004753
-3,20	0,0006871	0,0006884	0,0006869	0,0006853	0,0006838	0,0006823	0,0006808	0,0006793	0,0006778	0,0006763
-3,10	0,0009668	0,0009686	0,0009667	0,0009648	0,0009630	0,0009611	0,0009593	0,0009574	0,0009556	0,0009537
-3,00	0,0013550	0,0013573	0,0013547	0,0013521	0,0013496	0,0013471	0,0013447	0,0013422	0,0013398	0,0013373
-2,90	0,0018866	0,0018897	0,0018863	0,0018830	0,0018798	0,0018765	0,0018733	0,0018701	0,0018669	0,0018638
-2,80	0,0025555	0,0025597	0,0025552	0,0025508	0,0025465	0,0025422	0,0025379	0,0025337	0,0025295	0,0025253
-2,70	0,0034667	0,0034724	0,0034663	0,0034604	0,0034544	0,0034486	0,0034428	0,0034370	0,0034313	0,0034256
-2,60	0,0046611	0,0046693	0,0046605	0,0046519	0,0046433	0,0046348	0,0046264	0,0046181	0,0046098	0,0046016
-2,50	0,0062210	0,0062323	0,0062202	0,0062084	0,0061967	0,0061852	0,0061738	0,0061625	0,0061513	0,0061402
-2,40	0,0081898	0,0082057	0,0081886	0,0081719	0,0081553	0,0081390	0,0081229	0,0081070	0,0080912	0,0080756
-2,30	0,0107024	0,0107243	0,0107008	0,0106778	0,0106551	0,0106327	0,0106107	0,0105889	0,0105675	0,0105464
-2,20	0,0138603	0,0138908	0,0138581	0,0138262	0,0137949	0,0137642	0,0137341	0,0137046	0,0136757	0,0136474
-2,10	0,0178218	0,0178644	0,0178186	0,0177740	0,0177305	0,0176882	0,0176470	0,0176069	0,0175679	0,0175300
-2,00	0,0227790	0,0228371	0,0227747	0,0227140	0,0226549	0,0225975	0,0225417	0,0224875	0,0224350	0,0223840
-1,90	0,0287816	0,0288607	0,0287758	0,0286934	0,0286134	0,0285358	0,0284606	0,0283877	0,0283171	0,0282488
-1,80	0,0359360	0,0360418	0,0359283	0,0358180	0,0357109	0,0356069	0,0355060	0,0354081	0,0353132	0,0352213
-1,70	0,0445053	0,0446533	0,0444947	0,0443409	0,0441918	0,0440473	0,0439073	0,0437718	0,0436407	0,0435139
-1,60	0,0547096	0,0549156	0,0546951	0,0544814	0,0542745	0,0540743	0,0538807	0,0536936	0,0535129	0,0533385
-1,50	0,0668072	0,0670955	0,0667870	0,0664880	0,0661985	0,0659184	0,0656476	0,0653861	0,0651337	0,0648903
-1,40	0,0808076	0,0812079	0,0807796	0,0803654	0,0799650	0,0795781	0,0792044	0,0788437	0,0784957	0,0781602
-1,30	0,0968481	0,0973976	0,0968104	0,0962441	0,0956980	0,0951713	0,0946633	0,0941732	0,0937003	0,0932440
-1,20	0,1150708	0,1158139	0,1150208	0,1142574	0,1135227	0,1128157	0,1121355	0,1114811	0,1108516	0,1102460
-1,10	0,1356606	0,1366388	0,1355938	0,1345870	0,1336174	0,1326840	0,1317858	0,1309218	0,1300910	0,1292924
-1,00	0,1586552	0,1598948	0,1585717	0,1573000	0,1560796	0,1549097	0,1537894	0,1527180	0,1516945	0,1507181
-0,90	0,1840601	0,1855894	0,1839508	0,1823739	0,1808589	0,1794057	0,1780137	0,1766828	0,1754123	0,1742015
-0,80	0,2118955	0,2137409	0,2117762	0,2098837	0,2080635	0,2063157	0,2046400	0,2030361	0,2015035	0,2000413
-0,70	0,2420965	0,2442851	0,2419437	0,2396777	0,2374877	0,2353741	0,2333369	0,2313762	0,2294917	0,2276832
-0,60	0,2745929	0,2770500	0,2744364	0,2719017	0,2694468	0,2670720	0,2647776	0,2625635	0,2604298	0,2583762
-0,50	0,3093138	0,3120626	0,3091390	0,3062971	0,3035381	0,3008629	0,2982720	0,2957658	0,2933443	0,2910075
-0,40	0,3461778	0,3492403	0,3459741	0,3427927	0,3396974	0,3366892	0,3337685	0,3309356	0,3281905	0,3255330
-0,30	0,3850889	0,3885814	0,3848591	0,3812264	0,3776847	0,3742350	0,3708779	0,3676137	0,3644425	0,3613642
-0,20	0,4258484	0,4298814	0,4255888	0,4214000	0,4173164	0,4133388	0,4094678	0,4057038	0,4020469	0,3984970
-0,10	0,4682572	0,4730313	0,4679528	0,4630000	0,4581750	0,4534796	0,4489156	0,4444845	0,4401875	0,4360255
0,00	0,5120000	0,5176211	0,5116422	0,5058000	0,5000977	0,4945400	0,4891319	0,4838787	0,4787859	0,4738594

Sumber: nilai-nilai dihangkitkan menggunakan program oleh Vincent (Spigel 2002)

Formula yang digunakan =

Lampiran 4. Nilai-nilai Untuk penduga Standar Deviasi Contoh (S)

Ukuran Contoh	Nilai-nilai d_2 Untuk Penduga S
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,326
6	2,534
7	2,704
8	2,847
9	2,970
10	3,078
11	3,173
12	3,258
13	3,336
14	3,407
15	3,472
16	3,532
17	3,588
18	3,640
19	3,689
20	3,735
21	3,778
22	3,819
23	3,858
24	3,895
25	3,931
30	4,086
40	4,322
50	4,498
60	4,639
70	4,755
80	4,854
90	4,939
100	5,015

Lampiran 3. Daftar Nilai-nilai Kritis Untuk Distribusi t-Student

Satu arah:	α 0,10	α 0,05	α 0,025	α = 0,01	α = 0,005
Dua arah:	α = 0,20	α = 0,10	α = 0,05	α = 0,02	α 0,01
DB = 1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
70	1,294	1,667	1,994	2,381	2,648
80	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639
90	1,291	1,662	1,987	2,368	2,632
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
75	1,288	1,657	1,979	2,357	2,616
50	1,287	1,655	1,976	2,351	2,609
200	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576