

22358/H/05



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PENGENDALIAN MUTU BERBASIS STATISTIK PADA KONSEP SIX SIGMA (STUDI KASUS: BETON READY MIX)

OLEH:
PUSPITA HENDRIANI
3197.100.065



RSS
658.562
Hen
P-1
2004

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	11 - 8 - 2004
Terima Dari	1/
No. Agenda Prp.	220644

PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

TUGAS AKHIR

PENGENDALIAN MUTU BERBASIS STATISTIK PADA KONSEP SIX SIGMA (STUDI KASUS: BETON READY MIX)

SURABAYA, JULI 2004
MENGETAHUI / MENYETUJUI



PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

**PENGENDALIAN MUTU BERBASIS STATISTIK
PADA KONSEP SIX SIGMA
(STUDI KASUS: BETON READY MIX)**

Oleh:
PUSPITA HENDRIANI
3197 100 065

Dosen Pembimbing:
TRI JOKO W, ST, MT

ABSTRAK

Era persaingan global yang semakin ketat seperti saat ini menuntut setiap perusahaan dapat mengelola proses bisnisnya secara efektif agar dapat menghasilkan produk yang selalu memuaskan pelanggan. Salah satu alternatif adalah menerapkan standar mutu internasional dan meningkatkan kualitas agar produk yang dihasilkan dapat bersaing dan memenuhi kepuasan konsumen. Salah satu sistem manajemen kualitas yang dapat diterapkan adalah konsep six sigma, konsep ini diterapkan melalui pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, penggunaan fakta, data dan analisis statistik serta perhatian yang cermat untuk mengelola dan memperbaiki proses bisnis.

Pengendalian mutu konsep six sigma pada perusahaan beton ready mix merupakan sebagai proses manajemen mutu produk beton ready mix, permasalahan yang timbul adalah bagaimana menganalisa pengendalian mutu dan kualitas produk beton ready mix dengan mengacu pada konsep Six Sigma sehingga didapatkan peningkatan perbaikan proses produksi.

Perusahaan beton ready mix dengan menjalankan pengendalian mutu berbasis statistik pada konsep Six Sigma diharapkan dapat menunjukkan mutu perusahaan dan kondisi status proses industri yang lebih baik. Pada tahap analisa menggunakan hasil pengukuran kualitas tingkat output pada produk akhir yang akan diserahkan kepada pelanggan, pada tahap ini dilakukan analisa kapabilitas DPMO, analisa kapabilitas Sigma, menentukan tingkatan Sigma dan analisa kapabilitas proses. Pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output akhir dari proses dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan.

Hasil penelitian Tugas Akhir analisa Sigma ready mix pada slump beton didapatkan 3,41 Sigma, dan yang dihasilkan pada kuat tekan beton dari sisi pelanggan 5,05 Sigma sedang dari sisi perusahaan adalah 0,858 Sigma. Hal ini menunjukkan bahwa secara ekonomis akan merugikan perusahaan dan perlu dilakukan tindakan-tindakan peningkatan perbaikan proses produksi.

Kata kunci: kualitas, six sigma

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *Pengendalian Mutu Berbasis Statistik Pada Konsep Six Sigma (Studi Kasus: Beton Ready Mix)*.

Penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan demi kesempurnaannya. Meskipun demikian, besar harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi kita semua.

Pada kesempatan ini tidak lupa saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan.
- Mama dan Papa tercinta, Mas Dhany dan Dhony tersayang, yang tak bosan-bosannya memberikan semangat, motivasi, doa, dan dukungannya baik moril juga material.
- Bapak Tri Joko Wahyu, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan hingga terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini.
- Bapak Ir. Djoko Irawan, MS selaku dosen wali yang telah memberikan dorongan kepada saya selama menempuh perkuliahan.
- Bapak Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
- Bapak Ibu dosen penguji Tugas Akhir saya, dan segenap dosen Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah mengajar dan mendidik kami.
- Bapak Ir. Kitut Misgiono, selaku QCL dan Bapak Ir. Aulia Hamzah, selaku QCL Supervisor PT. Jatim Readymix Beton Surabaya yang telah memberikan waktu, informasi dan pengetahuannya tentang mutu beton produksi PT. Jatim Readymix Beton Surabaya.
- Teman-teman angkatan 97 (S40) tanpa terkecuali khususnya teman-teman S40 perjuangan terakhir, Meinar - yang setia menemaniku mencari data dan rela

berdebu+berpanas ria, Ridwan - atas pinjaman notebooknya, Bimo, Bambang, Wowon, Karung, Nanang, Eko, Gaul, dan lain-lainnya.

- Sahabat-sahabatku yang "gila": 'Jie-Jie' Pipin + si kecil Abi, Ari 'Jasmine', Ika 'Orchid', Putri, dan Wulan 'Kakak Besar', you are the best.
- Teman-teman angkatan lain yang telah membantu dan mendoakan saya.
- Teman-teman dan Pihak yang tak dapat saya sebutkan secara langsung dan telah memberikan peran yang besar dalam Tugas Akhir ini, Allah SWT pasti akan membalasnya.
- Terakhir dan terbesar, Mas Noor Yasak, yang telah menjadi kakak dan sahabat tercinta yang tak bosan-bosannya mendampingi, membantu, menyayangi dan memarahiku untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, tanpa kemarahannya Tugas Akhir ini mustahil dapat terselesaikan. Semoga kita bisa bersahabat dengan baik dan tulus selamanya.

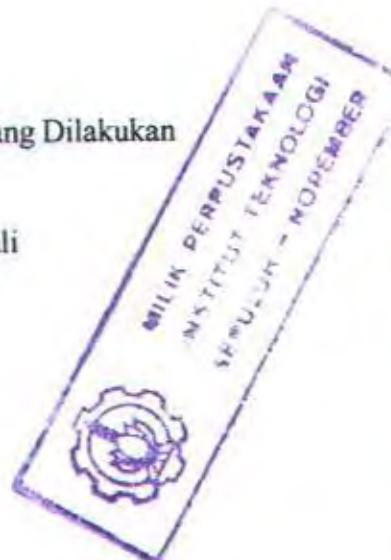
Surabaya, Juni 2004

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	vii
Daftar Grafik	viii
Daftar Lampiran	x
Bab I. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah / Ruang Lingkup	3
Bab II. Dasar Teori	
2.1 Definisi Konsep Six Sigma	4
2.2 Beberapa Istilah dalam Konsep Six sigma	5
2.3 Konsep Six Sigma Motorola	6
2.4 Penentuan Kapabilitas Proses	8
2.5 Model Perbaikan Proses	9
2.5.1 Define	11
2.5.1.1 Identifikasi Proyek Perbaikan	12
2.5.1.2 Mendefinisikan Proses Utama Beserta Pelanggan dari Proyek Six Sigma	14
2.5.2 Measure	15
2.5.2.1 Menetapkan Karakteristik Kualitas (CTQ) Utama	15
2.5.2.2 Mengembangkan Rencana Pengumpulan Data	17
2.5.2.3 Pengukuran Baseline Kinerja (<i>Performance Baseline</i>)	17
2.5.3 Analyze	18
2.6 Proses Produksi Beton Ready Mix	18
2.7 Pengumpulan Data	19
2.7.1 Tujuan Pengumpulan Data	20

2.7.2 Pedoman Pengumpulan Data Yang Dilakukan	21
2.8 Bagan Kendali (Control Chart)	22
2.8.1 Jenis dan Manfaat Bagan Kendali	23
2.8.2 Pembuatan Bagan Kendali x-R	24
Bab III.Metodologi	26
3.1 Studi Literatur	26
3.2 Pengumpulan Data	26
3.3 Analisa	27
Bab IV.Penyajian Dan Analisa Data	31
4.1 Konsep "Define" pada Six Sigma	31
4.1.1 Mendefinisikan Proses Utama pada Produksi Beton Ready Mix	31
4.1.2 Mendefinisikan Kebutuhan Spesifik Pelanggan	31
4.2 Konsep "Measure" pada Six Sigma	33
4.2.1 Menetapkan Critical To Quality	33
4.2.2 Pengukuran pada Tingkat Output Produksi Beton Ready Mix	34
4.3 Penyajian Data dan Pengukuran Mutu Beton Ready Mix	35
4.3.1 Tabel frekuensi dan Histogram	35
4.3.1.1 Penyusunan Tabel Frekuensi	37
4.3.1.2 Analisis Bentuk Histogram	40
4.3.1.2 Pembuatan Bagan Kendali x-R	40
4.4 Analisa Stabilitas dan Kapabilitas Proses mengacu konsep Six Sigma	53
4.4.1 Analisis Kapabilitas DPMO dan Sigma Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Pelanggan	54
4.4.2 Analisis Kapabilitas DPMO dan Sigma Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Perusahaan	58
4.4.3 Analisis Kapabilitas DPMO dan Sigma Slump Beton	61
4.5 Analilis Kapabilitas Proses	64
4.5.1 Analisis kapabilitas Proses Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Pelanggan	64
4.5.2 Analisis kapabilitas Proses Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Perusahaan	68
4.5.3 Analisa Kapabilitas Proses Slump Beton	70



4.6 Analisa Histogram dan Bagan Kendali	73
4.6.1 Analisa Histogram	73
4.6.2 Analisa Bagan Kendali	75
4.6.2.1 Bagan Kendali Kuat Tekan Beton	76
4.6.2.2 Bagan Kendali Slump Beton	79
Bab V. Kesimpulan dan Saran	87
Daftar Pustaka	88
Lampiran	89

DAFTAR TABEL

2.1	Perbedaan True 6-Sigma dengan Motorola's 6-Sigma	8
4.1	Keterangan mengenai Data yang digunakan dalam tugas akhir	31
4.2	Tabel Kriteria Mix Disain	32
4.3	Tabel Material Test Data	33
4.4	Tabel Data Kuat Tekan dan Slump Beton	34
4.5	Sebagian Data Kuat Tekan Beton dan Nilai Batasnya	36
4.6	Penyajian Data Kuat Tekan Beton Berdasar Hari Kerja	37
4.7	Pedoman pembagian jumlah kelas	37
4.8	Tabel Interval	38
4.9	Tabel Frekuensi Nilai Kuat Tekan Beton	39
4.10	Tabel sebagian data kuat tekan untuk bagan kendali	40
4.11	Data Kuat Tekan Mingguan untuk Bagan Kendali	42
4.12	Sebagian data pengukuran slump	47
4.13	Tabel analisa sistem industri sepanjang siklus hidup proses produksi	54
4.14	Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan pada Beton Ready Mix	55
4.15	Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan Satu Batas Spesifikasi (LSL)	56
4.16	Cara Memperkirakan Kapabilitas Sigma dan DPMO untuk data variabel (CTQ = kuat tekan beton, satuan pengukuran kg/cm ²)	56
4.17	Kapabilitas Sigma dan DPMO dari Proses Beton Ready Mix Dari Sisi Perusahaan (Dua Batas Spesifikasi)	59
4.18	Cara Memperkirakan Kapabilitas Sigma dan DPMO untuk data variabel (CTQ = kuat tekan beton, satuan pengukuran kg/cm ²)	59
4.19	Data Hasil Pengukuran Slump pada Beton Ready Mix	61
4.20	Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix	62
4.21	Cara Memperkirakan Kapabilitas Sigma dan DPMO untuk data variabel (CTQ = slump beton, satuan pengukuran cm)	63

DAFTAR GAMBAR

2.1	Konsep Six Sigma Motorola dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5-Sigma	7
2.2	Skema pertimbangan implemetasi 6 sigma	11
2.3	Gambar transformasi data	19
3.1	Diagram Alir Penggerjaan Tugas Akhir	29
3.2	Diagram Alir Pengumpulan dan Analisa Data Tugas Akhir	30
4.1	Diagram Alir Proses Pengendalian Mutu PT. Jatim Ready Mix	32
4.2	Tiga Simpangan pada bagan kendali	82



DAFTAR GRAFIK

4.1	Grafik Histogram kuat tekan beton	39
4.2	Bagan Kendali X dari data kuat tekan keseluruhan	41
4.3	Bagan Kendali R dari data kuat tekan keseluruhan	42
4.4	Bagan Kendali X untuk kuat tekan berdasarkan 6 hari kerja produksi	43
4.5	Bagan Kendali R untuk kuat tekan Mingguan	44
4.6	Bagan Kendali X untuk Data Kuat Tekan Harian (Senin-Rabu)	45
4.7	Bagan Kendali X untuk Data Kuat Tekan Harian (Kamis-Sabtu)	45
4.8	Bagan Kendali R untuk Data Kuat Tekan Harian (Senin-Rabu)	46
4.9	Bagan Kendali R untuk Data Kuat Tekan Harian (Kamis-Sabtu)	46
4.10	Bagan kendali X Slump dengan data keseluruhan	48
4.11	Bagan Kendali Moving Range untuk data slump keseluruhan	48
4.12	Bagan kendali X Slump Beton dengan data Mingguan	49
4.13	Bagan Kendali R Slump Beton dengan data Mingguan	50
4.14	Bagan Kendali slump Beton berdasarkan data harian produksi	51
4.15	Bagan Kendali slump Beton berdasarkan data harian produksi (Kamis-Sabtu)	51
4.16	Bagan Kendali Moving Range Data Harian	52
4.17	Bagan Kendali Moving Range Data Harian (Kamis-Sabtu)	52
4.18	Bagan Pola DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix	57
4.19	Bagan Pola Nilai Kapabilitas Sigma Kuat Tekan Beton	57
4.20	Bagan Pola DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix Dua Batas Spesifikasi	60
4.21	Bagan Pola Nilai Kapabilitas Sigma Kuat Tekan Beton Dua Batas Spesifikasi	61
4.22	Bagan Pola DPMO Slump Beton Ready Mix Dua Batas Spesifikasi	63
4.23	Pola Nilai Kapabilitas Sigma Slump Beton Dua Batas Spesifikasi	64
4.24	Kendali X-bar Kuat Tekan dengan satu batas spesifikasi	67
4.25	Bagan Kendali X-bar Kuat Tekan dengan dua batas spesifikasi	69
4.26	Peta Kontrol X-bar Menggunakan Konsep Six Sigma Motorola	72
4.27	Bagan histogram kuat tekan beton dan batas nilai rata-ratanya	74
4.28	Bagan histogram slump beton dan batas nilai rata-ratanya	74

4.29	Grafik bagan kendali X kuat tekan beton	76
4.30	Bagan kendali X untuk data kuat tekan mingguan	77
4.31	Bagan kendali X untuk data kuat tekan harian (senin-rabu)	78
4.32	Bagan kendali untuk data kuat tekan harian (kamis-sabtu)	78
4.33	Bagan kendali slump beton untuk data keseluruhan	80
4.34	Bagan kendali slump beton untuk data mingguan	80
4.35	Bagan kendali slump beton harian (senin-rabu)	81
4.36	Bagan kendali slump beton harian (kamis-sabtu)	81
4.37	Bagan Kendali dengan tiga simpangan untuk data kuat tekan keseluruhan	83
4.38	Kendali dengan tiga simpangan untuk data kuat tekan mingguan	83
4.39	Bagan Kendali dengan tiga simpangan untuk data kuat tekan harian (senin-rabu)	84
4.40	Bagan Kendali dengan tiga simpangan untuk data kuat tekan harian (kamis-sabtu)	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Kuat Tekan dan Slump Beton	89
Lampiran 2	Data Kuat Tekan Beton dan Nilai Batas	95
Lampiran 3	Data Kuat Tekan untuk Bagan Kendali	98
Lampiran 4	Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan pada Beton Ready Mix	100
Lampiran 5	Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan Satu Batas Spesifikasi – LSL	105
Lampiran 6	Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan Dua Batas Spesifikasi – USL dan LSL	110
Lampiran 7	Data Hasil Pengukuran Slump pada Beton Ready Mix	115
Lampiran 8	Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix	120
Lampiran 9	Nilai-nilai untuk Pendugaan Standar Deviasi Contoh (S)	126
Lampiran 10	Luas Area di bawah Kurva Normal Standar Kumulatif Z	127
Lampiran 11	Daftar Nilai Kritis untuk Distribusi Khi-Kuadrat	129
Lampiran 12	Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola	131
Lampiran 13	Konversi Hasil Bebas Cacat ke Nilai Sigma dan DPMO	133
Lampiran 14	Nilai-nilai Target Pengendalian Kualitas untuk Dua Spesifikasi (USL dan LSL) dan Toleransi Maksimum Standar Deviasi Proses	137
Lampiran 15	Nilai-nilai Target Pengendalian Kualitas untuk Satu Batas Spesifikasi (SL) dan Toleransi Maksimum Standar Deviasi Proses	138

BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam era persaingan global yang semakin ketat, masalah yang dihadapi oleh para pengusaha antara lain adalah bagaimana meningkatkan mutu serta strategi yang diterapkan perusahaan agar perusahaan tersebut dapat bertahan memasuki persaingan global. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah menerapkan standar mutu internasional dan meningkatkan kualitas agar produk yang dihasilkan dapat bersaing dan memenuhi kepuasan konsumen.

Kualitas produk merupakan fokus utama dalam suatu perusahaan. Pentingnya kualitas dapat dijelaskan dari dua sudut, yaitu sudut manajemen operasional dan manajemen pemasaran. Dilihat dari sudut manajemen operasional kualitas produk merupakan salah satu kebijakan penting dalam meningkatkan daya saing produk yang harus memberi kepuasan kepada konsumen yang melebihi atau paling tidak sama dengan kualitas produk dari pesaing. Dilihat dari sudut manajemen pemasaran, kualitas produk merupakan salah satu unsur utama dalam bauran pemasaran, yaitu: produk, harga, promosi, dan saluran distribusi yang dapat meningkatkan volume penjualan dan memperluas pangsa pasar perusahaan.

Ciri-ciri produk berkualitas tinggi adalah apabila memiliki ciri yang khusus atau istimewa berbeda dari produk pesaing dan dapat memenuhi harapan atau tuntutan sehingga dapat memuaskan pelanggan. Kualitas yang lebih tinggi memungkinkan perusahaan meningkatkan kepuasan pelanggan, membuat produk laku terjual, dapat bersaing, meningkatkan pangsa pasar dan volume penjualan serta dapat dijual dengan harga yang lebih tinggi.

Suatu produk dikatakan berkualitas tinggi apabila didalam produk tidak terdapat kelemahan, tidak ada cacat yang sedikitpun. Kualitas yang tinggi menyebabkan perusahaan dapat mengurangi tingkat kesalahan, mengurangi penggerjaan kembali dan pemborosan, mengurangi pembayaran biaya garansi, mengurangi ketidakpuasan pelanggan, mengurangi inspeksi dan pengujian, mengurangi waktu pengiriman produk ke pasar. Meningkatkan hasil, meningkatkan utilisasi kapasitas produksi, serta memperbaiki kinerja penyampaian produk atau jasa kepada pelanggan.

Tuntutan akan produk yang berkualitas menjadi prioritas utama bagi pelanggan, baik produk yang bersifat jasa maupun barang. Dalam Six Sigma, pelanggan menjadi prioritas utama, perbaikan Six Sigma ditentukan oleh pengaruhnya terhadap kepuasan dan nilai pelanggan. Six Sigma adalah sebuah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan sukses bisnis. Six Sigma secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, pemakaian yang disiplin terhadap fakta, data dan analisis statistik, dan perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki dan menanamkan kembali proses bisnis. Six Sigma merupakan suatu metodologi yang paling terbaru secara praktis dalam meningkatkan kualitas produk.

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan pada konstruksi bangunan sipil karena keawetan dan kekuatannya yang baik, disamping sifatnya yang fleksibel terhadap bentuk yang diinginkan. Metode analisa untuk pengawasan kualitas mutu beton tidak dapat dilepas dari proses pemantauan, analisis dan peningkatan yang diperlukan agar menjamin kesesuaian dari suatu produk, kesesuaian dari sistem manajemen kualitas, dan peningkatan efektifitas dari sistem manajemen kualitas.

Konsep Six Sigma sangat penting bagi perusahaan industri dan dimasukkan dalam aturan strategis perusahaan. Perusahaan beton ready mix dengan menjalankan konsep Six Sigma diharapkan dapat menunjukkan mutu produk / beton dan mutu perusahaan yang lebih tinggi di mana dengan meningkatnya mutu beton dan perusahaan dapat meningkatkan pangsa pasarnya.

1.2. Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

- Bagaimana menganalisa pengendalian mutu atau kualitas produk beton ready mix dengan mengacu pada konsep six sigma.

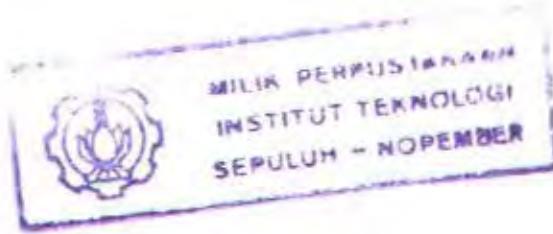
1.3. Maksud dan Tujuan

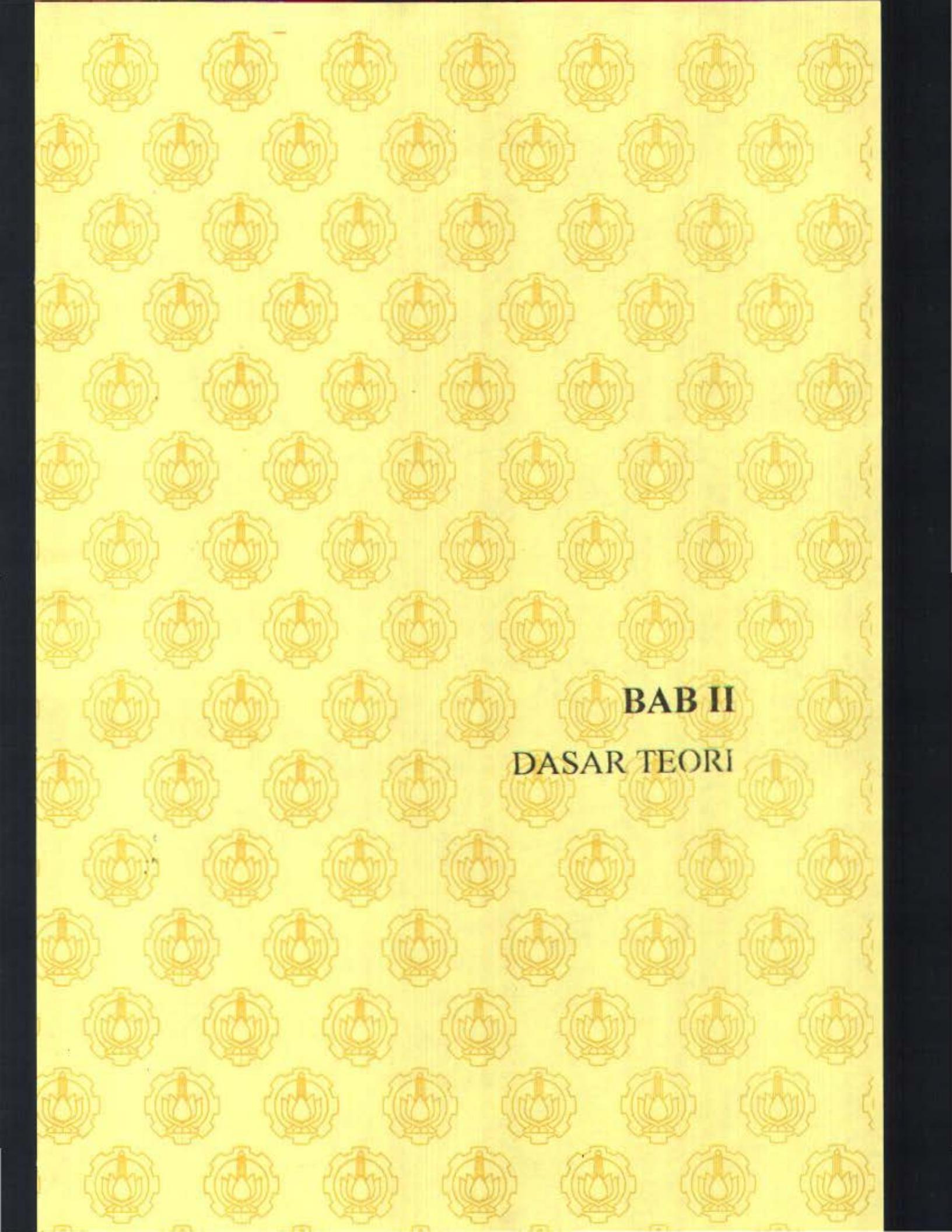
Maksud dan tujuan tugas akhir ini adalah menganalisa pengendalian mutu dengan berbasis statistik pada konsep Six Sigma dengan studi kasus: industri beton ready mix sebagai proses manajemen mutu produk beton ready mix.

1.4. Batasan Masalah / Ruang Lingkup

Dalam pembahasan tugas akhir ini dan sesuai dengan judul, maka pembahasan yang dilakukan diadakan pembatasan-pembatasan sebagai berikut:

- Analisa pengendalian mutu dilakukan pada proses akhir target kinerja atau end product kualitas beton ready mix pada aspek slump dan kuat tekan beton ready mix di PT. Jatim Readymix Beton.
- Analisa dilakukan mengacu pada konsep six sigma dengan pengukuran pada tingkat output dan menggunakan analisa statistik dan statistical process control.





BAB II

DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Definisi Konsep six sigma

Menurut Gaspersz (2002) Six Sigma adalah sebuah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan sukses bisnis. Six sigma secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, pemakaian yang disiplin terhadap fakta, data dan analisis statistik, dan perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki dan menanamkan kembali proses bisnis.

Six Sigma merupakan suatu metodologi yang paling terbaru secara praktis dalam meningkatkan kualitas produk. Konsep ini sangat penting bagi perusahaan industri dan dimasukkan dalam aturan strategis perusahaan.

Six Sigma adalah tujuan yang hampir sempurna dalam memenuhi persyaratan pelanggan. Pada dasarnya, istilah Six Sigma sendiri merujuk kepada target kinerja operasi yang diukur secara statistik dengan hanya 3,4 cacat (defect) untuk setiap juta aktivitas atau peluang.

1. Ukuran statistik produk atau jasa

"Six Sigma" berarti adalah jumlah kegagalan 3.4 parts per million (PPM) or 99.9997% kesempurnaan. Term praktis ini digunakan bukan sekedar untuk menghitung secara sederhana jumlah kerusakan.

2. Falsafah bisnis

"The Six SigmaSM quality process provided the foundation for much of the progress we achieved over the past decade. It remains a fundamental initiative in our corporation and is being adopted by other fine corporations". (Source: Motorola Inc. 1998 Annual Report)

Six sigma adalah falsafah bisnis yang dikembangkan awal 1980-an untuk bekerja lebih pintar, bukan lebih keras.

3. Strategi bisnis

Six Sigma saat dapat mengimplikasikan integrasi strategis bisnis, tools dan metode statistik untuk meningkatkan hasil lini bawah perusahaan dengan tujuan meningkatkan keuntungan melalui pengurangan kegagalan (defect), peningkatan kepuasan pelanggan dan menghasilkan produk dengan performance terbaik

Sig sigma tidak hanya terkait dengan toleransi teknis dan proses manufaktur, tetapi juga dengan peningkatan seluruh proses untuk mengurangi variabilitas produksi.

4. Advanced total quality management(TQM)

Ada yang berpendapat bahwa sig sigma hanyalah versi dari TQM yang lebih canggih. Mereka melihat hal tersebut sebuah format lanjut dari TQM di mana sistem peningkatan kualitas yang berkelanjutan dan bermacam-macam harus diperhatikan dengan sedikit penggunaan analisis ststistik sebagai pengukur .

2.2. Beberapa Istilah dalam Konsep Six Sigma

Beberapa istilah yang berlaku dalam metode Six Sigma agar untuk selanjutnya mudah dipahami. (Gaspersz, 2002)

- ***Critical-to-Quality (CTQ).***

Atribut-atribut yang penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Merupakan elemen dari suatu produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan.

- ***Defect.***

Kegagalan untuk memberikan apa yang diinginkan oleh pelanggan

- ***Defects Per Opportunity (DPO).***

Ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas Six Sigma, yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan. DPO = banyaknya cacat atau kegagalan yang ditemukan dibagi dengan (banyaknya unit yang diperiksa dikalikan banyaknya CTQ potensial yang menyebabkan cacat atau kegagalan itu). Besaran DPO ini, apabila dikalikan dengan konstanta 1.000.000, akan menjadi ukuran *Defects Per Million Opportunities* = DPMO. Jadi, DPMO = DPO x 1.000.000.

- **Defects Per Million Opportunities (DPMO).**

Ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas Six Sigma, yang menunjukkan kegagalan persejuta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas Six Sigma sebesar 3,4 DPMO, seharusnya tidak diinterpretasikan sebagai 3,4 unit output yang di produksi, tetapi diinterpretasikan sebagai dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari satu karakteristik CTQ (*critical-to-quality*) adalah hanya 3,4 kegagalan persatu juta kesempatan (DPMO). Pemahaman terhadap DPMO ini sangat penting dalam pengukuran keberhasilan aplikasi program peningkatan kualitas Six Sigma.

- **Process Capability.**

Kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan output sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan. *Process Capability* merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang diterapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.

- **Six Sigma**

Suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk (barang dan/atau jasa). Upaya giat menuju kesempurnaan (*zero defect* – kegagalan nol)

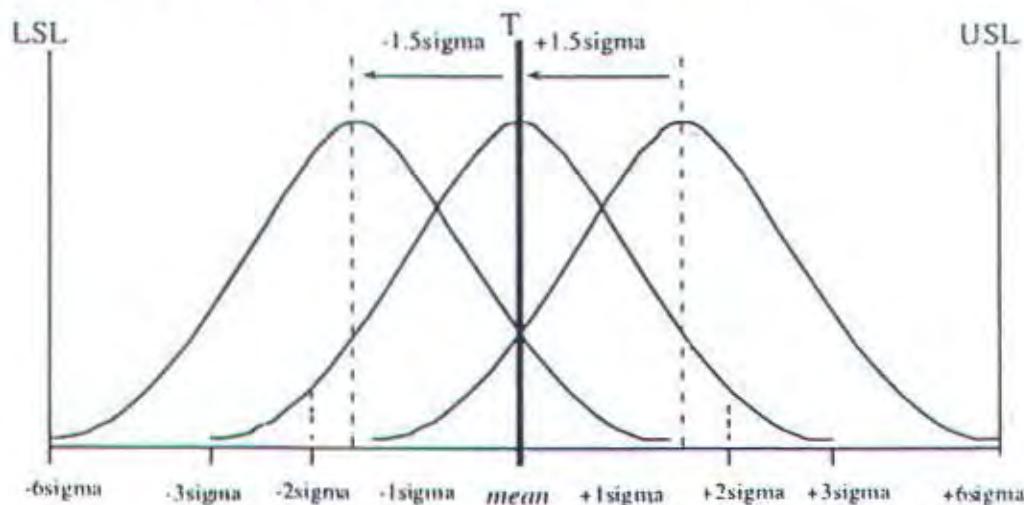
2.3. Konsep Six Sigma Motorola

Pada dasarnya pelanggan akan puas apabila mereka menerima nilai sebagaimana yang mereka harapkan. Apabila produk (barang dan/atau jasa) diproses pada tingkat kualitas Six Sigma, perusahaan boleh mengharapkan 3,4 DPMO (*defect per million opportunities* – kegagalan per sejuta kesempatan) atau mengharapkan bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk itu. (Pande, 2002) Six Sigma dapat dijadikan ukuran target kinerja sistem industri tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi target kinerja sigma yang dicapai, kinerja sistem industri akan semakin baik. Sehingga 6-sigma otomatis lebih baik daripada 4-sigma, 4-sigma lebih baik daripada 3-sigma. Six Sigma juga dapat dianggap strategi terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan luar biasa (*dramatic*) di tingkat bawah. Six Sigma juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri

berfokus pada pelanggan, melalui penekanan pada kemampuan proses (*process capability*).

Pendekatan pengendalian proses 6-sigma Motorola (*Motorola's Six Sigma process control*) mengijinkan adanya pergeseran nilai rata-rata (*mean*) setiap CTQ individual dari proses industri terhadap nilai spesifikasi target (T) sebesar $\pm 1,5$ -sigma, sehingga akan menghasilkan 3,4 DPMO (defect per million opportunities). Dengan demikian berdasarkan konsep Six Sigma Motorola, berlaku toleransi penyimpangan: $(\text{mean}-\text{Target}) = (\mu - T) = \pm 1,5\sigma$ atau $\mu = T \pm 1,5\sigma$. Disini μ merupakan nilai rata (mean) dari proses, sedangkan σ merupakan ukuran variasi proses. Hal yang patut dicatat dan dipahami sejak awal: karena program peningkatan kualitas Six Sigma berorientasi pada peningkatan kemampuan proses menuju tingkat kegagalan nol atau menuju nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan, maka terdapat hubungan antara pencapaian peningkatan kualitas (target sigma) dan nilai toleransi standar deviasi maksimum (S_{\max}) yang diijinkan dalam program peningkatan kualitas Six Sigma.

Proses Six Sigma dengan distribusi normal yang mengijinkan nilai rata-rata (mean) proses bergeser 1,5-sigma dari nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan, ditunjukkan dalam gambar 2.1



Keterangan: sigma dalam bagan menunjukkan ukuran variasi dari proses yang stabil mengikuti distribusi normal.

Gambar 2.1 Konsep Six Sigma Motorola dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5-Sigma

Yang perlu dicatat dan dipahami sejak awal bahwa konsep Six Sigma Motorola dengan pergeseran nilai rata-rata (mean) dari proses yang diijinkan sebesar 1,5-sigma ($1,5 \times$ satandar deviasi maksimum) adalah berbeda dari konsep Six Sigma dalam distribusi normal yang umum dipahami selama ini yang tidak mengijinkan pergeseran dalam nilai rata-rata (mean) dari proses. Perbedaan ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.1 Perbedaan True 6-Sigma dengan Motorola's 6-Sigma

<i>True 6-Sigma Process (Normal Distribution Centered)</i>			<i>Motorola's 6-Sigma Process (Normal Distribution Shifted 1.5-sigma)</i>		
Batas Spesifikasi ($\text{USL} - \text{LSL}$)	Persentase yang memenuhi spesifikasi ($\text{USL} - \text{LSL}$)	DPMO (kegagalan/cacat per sejuta kesempatan)	Batas Spesifikasi ($\text{USL} - \text{LSL}$)	Persentase yang memenuhi spesifikasi ($\text{USL} - \text{LSL}$)	DPMO (kegagalan/cacat per sejuta kesempatan)
$\pm 1\text{-sigma}$	68,27%	317,300	$\pm 1\text{-sigma}$	30,8538%	691,462
$\pm 2\text{-sigma}$	95,45%	45,500	$\pm 2\text{-sigma}$	69,1462%	308,538
$\pm 3\text{-sigma}$	99,73%	2,700	$\pm 3\text{-sigma}$	93,3193%	66,807
$\pm 4\text{-sigma}$	99,99937%	63	$\pm 4\text{-sigma}$	99,3790%	6,210
$\pm 5\text{-sigma}$	99,9999913%	0,57	$\pm 5\text{-sigma}$	99,9767%	233
$\pm 6\text{-sigma}$	99,9999999%	0,002	$\pm 6\text{-sigma}$	99,99966%	3,4

Sumber: Gaspersz, 2002

2.4. Penentuan Kapabilitas Proses

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas Six Sigma ditunjukkan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (zero defect). Oleh karena itu, konsep perhitungan kapabilitas proses menjadi sangat penting untuk dipahami dalam implementasi program Six Sigma. Uraian berikut akan membahas tentang teknik penentuan kapabilitas proses yang berhubungan dengan CTQ untuk data variabel dan atribut. Data adalah catatan tentang sesuatu, baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif yang dipergunakan sebagai petunjuk untuk bertindak. Berdasarkan data, kita mempelajari fakta-fakta yang ada dan kemudian mengambil tindakan yang tepat berdasarkan pada fakta itu. Dalam konteks pengendalian proses statistikal dikenal dua jenis data, yaitu:

1. Data Atribut (*Attributes Data*) merupakan data kualitatif yang dihitung menggunakan daftar pencacahan atau tally untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data atribut bersifat diskrit. Jika suatu catatan hanya merupakan suatu ringkasan

atau klasifikasi yang berkaitan dengan sekumpulan persyaratan yang telah ditetapkan, maka catatan itu disebut sebagai "atribut". Contoh data atribut karakteristik kualitas adalah: ketiadaaan label pada kemasan produk, kesalahan proses administrasi buku tabungan nasabah, banyaknya jenis cacat pada produk, banyaknya produk kayu lapis yang cacat karena corelap, dan lain-lain. Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk unit-unit nonkonformans/ketidaksesuaian atau cacat/kegagalan terhadap spesifikasi kualitas yang ditetapkan.

2. Data Variabel (*Variables Data*) merupakan data kuantitatif yang diukur menggunakan alat pengukuran tertentu untuk keperluan pencatatan analisis. Data variabel bersifat kontinyu. Jika suatu catatan dibuat berdasarkan keadaan aktual, diukur secara langsung, maka karakteristik kualitas yang diukur itu disebut variabel. Contoh data variabel karakteristik kualitas adalah: diameter pipa, ketebalan produk kayu lapis, berat semen dalam kantong, konsentrasi elektrolit dalam persen, dan lain-lain. Ukuran-ukuran berat, panjang, lebar, tinggi, diameter, volume merupakan data variabel.

Penentuan Kapabilitas Proses untuk Data Atribut

Teknik memperkirakan kapabilitas proses dalam ukuran pencapaian target sigma untuk data atribut (data yang diperoleh melalui perhitungan – bukan pengukuran langsung, misalnya: persentase kesalahan, banyaknya keluhan pelanggan, dan lain-lain). Pada umumnya data atribut hanya memiliki dua nilai yang berkaitan dengan ya atau tidak, seperti: sesuai atau tidak sesuai, puas atau tidak puas, berhasil atau tidak berhasil, terlambat atau tidak terlambat, dan lain-lain. Data ini dapat dihitung untuk keperluan pencatatan dan analisis.

2.5. Model Perbaikan Proses

Banyak model perbaikan yang diterapkan pada proses selama bertahun-tahun sejak gerakan kualitas dimulai. Sebagian besar dari model tersebut, didasarkan pada langkah-langkah yang diperkenalkan oleh W. Edward Deming - Plan-Do-Check-Action, atau P-D-C-A menggambarkan logika dasar dari perbaikan proses berbasis data:

- *Plan*. Meninjau berbagai isu dan kesenjangan yang ada pada kinerja saat ini. Mengumpulkan data mengenai masalah-masalah utama. Mengidentifikasi dan

menyelesaikan akar penyebab masalah. Memikirkan solusi-solusi yang mungkin, dan merencanakan sebuah implementasi uji coba terhadap solusi yang paling potensial

- *Do.* Uji coba solusi yang telah direncanakan.
- *Check* (atau pelajari). Mengukur hasil-hasil uji coba untuk mengetahui apakah hasil yang dimaksudkan sedang dicapai. Jika muncul masalah, perhatikan penghalang-penghalang yang mengganggu usaha-usaha perbaikan.
- *Action.* Berdasarkan solusi uji coba dan evaluasi, perbaiki dan perluas/tingkatkan solusi untuk membuatnya permanen, dan menggabungkan pendekatan baru bilamana mungkin untuk diterapkan.

Dalam Six Sigma, akan digunakan dan dirujuk kepada siklus perbaikan lima fase yang makin umum dalam organisasi-organisasi Six Sigma: Define (Tentukan), Measure (Ukur), Analyse (Analisa), Improve (Tingkatkan) dan Control (Kendalikan) atau DMAIC.

Cara mengimplementasi

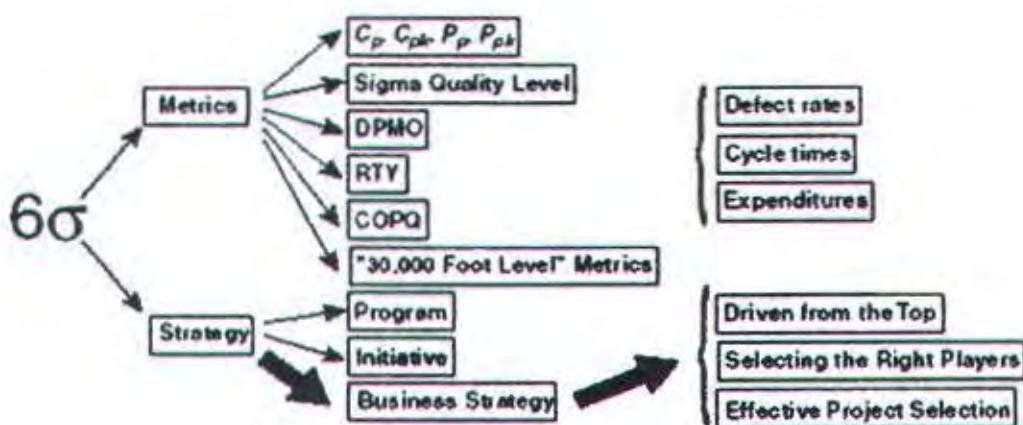
Six Sigma berfokus pada proses kualitas, dibagi menjadi kategori teknis kapabilitas proses. Secara tradisional, sebuah proses dinyatakan kapable jika penyebaran alaminya adalah plus-minus 3sigma (mencapai 99.73%), lebih kecil dari toleransi teknisnya. Perbaikan selanjutnya adalah mempertimbangkan lokasi proses sebaik penyebarannya dan memperketat minimum acceptable sehingga proses tersebut sedikitnya 4sigma dari persyaratan teknis yang terdekat

Menurut Six sigma , persyaratan teknis terdekat untuk proses produksi adalah ± 6 sigma dari rata-rata proses .Hal ini membutuhkan pertimbangan sains dan percobaan bahkan ribuan tes harus dilakukan pada multi variabel untuk mendapatkan pemahaman apa yang terjadi. Sekali menentukan variabel proses dan menggunakan teknis analisis proses yang lain, dibutuhkan variabel yang menyebabkan kerugian yang utama dan membuat mereka lebih kapabel.

Metode Implementasi

Implementasi dari sub-sub metode yang ada seperti DMAIC.

DMAIC process (define, measure, analyze, improve, control) adalah suatu sistem improvement untuk dilaksanakan pada proses yang sudah ada tetapi mengalami penurunan kualitas di bawah spesifikasi dengan mencari improvement yang signifikan. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.2 (Dey, 2002)



Gambar 2.2 Skema pertimbangan implemetasi 6 sigma

2.5.1. Define

Define merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Pada tahap ini perlu didefinisikan beberapa hal yang terkait dengan:

1. Kriteria pemilihan proyek Six Sigma.
2. Peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek Six Sigma.
3. Kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat dalam proses Six Sigma.
4. Proses-proses utama dalam proses Six Sigma.
5. Kebutuhan spesifik dari pelanggan
6. Pernyataan tujuan proyek Six Sigma

Perlu dikemukakan bahwa istilah 'program peningkatan kualitas Six Sigma' digunakan untuk ruang lingkup keseluruhan perusahaan yang dilaksanakan secara terus menerus, sedangkan istilah proyek peningkatan kualitas Six Sigma digunakan dalam proses-proses inti dalam perusahaan yang ingin ditingkatkan kinerjanya serta pelaksanaannya tergantung pada kebutuhan dari perusahaan tersebut. Biasanya masa

kerja proyek Six Sigma adalah sekitar 1-2 tahun, tergantung ruang lingkup dan ukuran perusahaan. Dengan demikian, suatu proyek di bidang tertentu dapat saja berakhir, kemudian dilanjutkan dengan proyek pada bidang lain, sedangkan program peningkatan kualitas Six Sigma tidak pernah berakhir.

2.5.1.1.Identifikasi Proyek Perbaikan

Tantangan utama yang akan dihadapi dalam program peningkatan kualitas Six Sigma adalah mendefinisikan kriteria pemilihan proyek Six Sigma, di mana dalam banyak keputusan bisnis dikenal pula bahwa "*kita perlu setuju untuk tidak hanya pada apa yang dikerjakan, tetapi juga pada apa yang seharusnya tidak dikerjakan*". Ungkapan ini berarti bahwa suatu proyek Six Sigma bukan asal-asalan atau sekadar melaksanakan proyek tanpa mengetahui manfaat dan kriteria apa yang harus dijadikan pedoman untuk memilih proyek itu. Kata kunci dalam hal ini adalah prioritas, artinya kita harus menetapkan prioritas utama tentang masalah-masalah dan/atau kesempatan-kesempatan peningkatan kualitas mana yang akan ditangani terlebih dahulu.

Pemilihan proyek terbaik adalah berdasarkan pada identifikasi proyek yang terbaik sepadan (*match*) dengan kebutuhan, kapabilitas, dan tujuan organisasi yang sekarang. Secara umum setiap proyek Six Sigma yang terpilih harus mampu memenuhi kategori: 1. memberikan hasil-hasil dan manfaat bisnis, 2. Kelayakan, dan 3. memberikan dampak positif kepada perusahaan.

Dengan demikian, kriteria pemilihan proyek Six Sigma dapat didaftarkan dari ketiga kategori tersebut, sebagai berikut:

1. Kriteria Manfaat Bisnis atau Hasil-Hasil

- *Dampak pada pelanggan eksternal dan kebutuhan mereka.* Proyek Six Sigma yang dipilih harus memberikan manfaat atau dampak positif kepada "*pelanggan pembayar (pembeli)*", dan/atau pihak-pihak eksternal seperti: pemegang saham, pemerintah, mitra dalam *supply-chain management*, dan lain-lain.
- *Dampak pada strategi bisnis dan posisi persaingan (competitive position).* Proyek Six Sigma yang dipilih harus memberi manfaat membantu perusahaan untuk merealisasikan visi perusahaan, menerapkan strategi pemasaran, dan/atau meningkatkan posisi persaingan dari organisasi itu.

- *Dampak pada kompetensi inti (core competencies).* Proyek Six Sigma yang dipilih harus memberikan dampak positif berupa meningkatnya kekuatan pada kompetensi inti (*core competencies*) dari perusahaan.
- *Dampak pada keuangan perusahaan.* Proyek Six Sigma yang dipilih harus memberikan dampak positif pada keuangan perusahaan, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, misalnya: penurunan biaya, peningkatan efisiensi, peningkatan penjualan, peningkatan pangsa pasar, dan lain-lain.
- *Urutan kepentingan.* Apakah masalah-masalah atau isu-isu yang ditangani melalui proyek Six Sigma itu merupakan masalah-masalah utama dan penting serta mendesak untuk ditangani segera.
- *Kecenderungan.* Apakah masalah-masalah atau isu-isu yang ditangani melalui proyek Six Sigma itu merupakan masalah-masalah yang memiliki kecenderungan menjadi lebih besar sepanjang waktu mendatang?
- *Sekuens dan kesalingtergantungan.* Apakah proyek Six Sigma yang dipilih itu memiliki sekuens dengan proyek-proyek Six Sigma lain yang mungkin, atau mempunyai kesalingtergantungan dengan isu-isu lain di atas. Apakah masalah-masalah atau isu-isu yang ditangani melalui proyek Six Sigma ini memiliki ketergantungan pada masalah-masalah atau isu-isu lain yang sedang ditangani pertama kali.

2. *Kriteria Kelayakan (Feasibility Criteria)*

- *Sumber daya yang dibutuhkan.* Berapa banyak orang, waktu, dan uang yang mungkin diperlukan oleh proyek Six Sigma yang dipilih itu.
- *Keahlian yang tersedia.* Pengetahuan apa atau keterampilan teknis apa yang dibutuhkan oleh proyek Six Sigma yang dipilih itu. Apakah kita memiliki keahlian itu dan mudah menggunakan.
- *Kompleksitas.* Bagaimana tingkat kesulitan yang harus diantisipasi akan terjadi ketika mengembangkan solusi peningkatan dalam proyek Six Sigma yang dipilih. Bagaimana menerapkan solusi peningkatan itu.
- *Kemungkinan sukses.* Proyek Six Sigma yang dipilih itu harus memiliki tingkat kesuksesan yang tinggi dalam kerangka waktu lama proyek yang rasional.

- *Fasilitas pendukung.* Berapa banyak fasilitas pendukung termasuk dukungan manajemen yang dibutuhkan untuk proyek Six Sigma yang dipilih itu. Apakah mampu mengadakan fasilitas pendukung termasuk dukungan manajemen untuk melaksanakan proyek Six Sigma yang dipilih.

3. Kriteria dampak pada Perusahaan

- *Manfaat pembelajaran* (learning benefits). Apa pengetahuan baru – berkaitan dengan bisnis, pelanggan, proses, dan/atau sistem Six Sigma – yang akan diperoleh dari proyek Six Sigma yang dipilih itu.
- *Manfaat lintas-fungsi* (cross-functional benefits). Sampai sejauh mana proyek Six Sigma yang dipilih itu mampu mengatasi hambatan-hambatan lintas-fungsi yang ada di antara kelompok-kelompok orang dalam perusahaan dan menciptakan manajemen proses yang lebih baik dalam lingkup keseluruhan perusahaan.

Kriteria-kriteria pemilihan proyek Six Sigma yang lain dapat ditambahkan dalam daftar sesuai kebutuhan organisasi. Bagaimanapun, tidak seharusnya menggunakan semua faktor yang didaftarkan secara terperinci untuk memilih suatu proyek Six Sigma, karena akan dialami kesulitan dalam penentuan proyek Six Sigma yang memenuhi semua faktor terperinci itu. Cukup dipilih antara lima sampai delapan faktor paling relevan untuk dijadikan sebagai kriteria pemilihan proyek Six Sigma. Secara spesifik, setiap proyek Six Sigma yang dipilih harus memenuhi kriteria: meaningful and manageable.

2.5.1.2. Mendefinisikan Proses Utama Beserta Pelanggan dari Proyek Six Sigma

Pada proyek Six Sigma harus didefinisikan proses-proses utama, sekvens proses beserta interaksinya, serta pelanggan yang terlibat dalam setiap proses itu. Pelanggan disini dapat menjadi pelanggan internal maupun eksternal.

Sebelum mendefinikan proses utama beserta pelanggan dalam proyek Six Sigma. Perlu diketahui model proses "SIPOC (*Supplier-Inputs-Processes-Outputs-Customers*)". SIPOC merupakan suatu alat yang berguna dan paling banyak dipergunakan dalam manajemen dan peningkatan proses. (Yilmaz, 2000)

- *Suppliers* – merupakan orang atau kelompok orang yang memberikan informasi utama, material, atau sumber daya lain kepada proses. Jika suatu proses terdiri dari

beberapa sub-proses, maka sub-proses sebelumnya dapat dianggap sebagai pemasok internal (*internal supplier*).

- *Inputs* – adalah segala sesuatu yang diberikan oleh pemassok (*suppliers*) kepada proses.
- *Processes* – merupakan sekumpulan langkah yang mentransformasi dan secara ideal, menambah nilai kepada *inputs* (proses transformasi nilai tambah kepada *inputs*). Suatu proses biasanya terdiri dari beberapa sub-proses.
- *Outputs* – merupakan produk (barang dan/atau jasa) dari suatu proses. Dalam industri manufaktur *outputs* dapat berupa barang setengah jadi maupun barang jadi (*final product*). Termasuk ke dalam *outputs* adalah informasi-informasi utama dari proses.
- *Customers* – merupakan orang atau kelompok orang, atau sub-proses yang menerima *outputs*. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub-proses, maka sub-proses sesudahnya dapat dianggap sebagai pelanggan internal (*internal customers*). Proses berikut merupakan pelanggan anda.

2.5.2. Measure

Measure merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas Six Sigma.

Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap measure yaitu:

1. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (CTQ) utama yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan.
2. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *outputs*, dan/atau *outcome*, dan
3. Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, *outputs*, dan/atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja (*performance baseline*).

2.5.2.1. Menetapkan Karakteristik Kualitas (CTQ) Utama

Karakteristik kualitas (Critical-to-Quality = CTQ) utama yang ditetapkan sebaiknya berhubungan langsung dari persyaratan-persyaratan *output* dan pelayanan.

Perusahaan-perusahaan yang mengukur persepsi pelanggan melalui suatu survei kepuasan pelanggan, dan kemudian mengaitkan pengukuran mereka dengan proses-proses bisnis, adalah yang paling mungkin menghasilkan produk dan pelayanan yang memuaskan pelanggan.

Perusahaan yang mengukur kualitas dan efisiensi dari proses mereka akan mampu menghasilkan produk dan pelayanan berkualitas tinggi pada tingkat biaya (harga) yang lebih rendah. Perusahaan-perusahaan yang mengukur kepuasan karyawan, dan mengambil tindakan sebagai suatu hasil, adalah yang paling mungkin memberikan kepuasan kepada karyawan dan mempertahankan mereka dalam perusahaan untuk jangka waktu yang lama. Dalam kenyataan, banyak perusahaan yang menyatakan bahwa mereka sangat peduli pada kepuasan pelanggan, tetapi mereka gagal untuk mengukur kepuasan pelanggan, sehingga tidak mengetahui pada tingkat kinerja berapa tingkat kepuasan pelanggan. Banyak perusahaan di Indonesia tidak mengetahui tingkat kinerja mereka dalam hal kepuasan pelanggan. Hal ini berbeda dengan organisasi Six Sigma yang mengetahui secara tepat tentang kinerja kepuasan pelanggan yang sekarang, serta memahami bagaimana cara meningkatkan kinerja kepuasan pelanggan di waktu mendatang.

Berkaitan dengan pengukuran kualitas, seyoginya mulai dihentikan pengukuran terhadap hal-hal yang salah dan tidak memiliki keterkaitan secara langsung dengan kebutuhan pelanggan dan strategis bisnis. Harus mulai dilakukan pengukuran terhadap hal-hal yang benar serta memiliki keterkaitan langsung dengan kepuasan pelanggan dan strategi bisnis perusahaan. Pengukuran karakteristik Kualitas (CTQ) terkait langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan.

Penetapan karakteristik kualitas utama harus disertai dengan pengukuran yang dapat dikuantifikasikan ke dalam angka-angka, hal ini agar menciptakan suatu bahasa umum untuk komunikasi dan mengijinkan pengukuran proses dikomunikasikan secara tepat dan terbuka. Jika hanya menyatakan bahwa produk yang ditawarkan harus memiliki tingkat keandalan (*reability*) yang tinggi, tanpa berusaha mendefinisikan pengukuran yang dapat dikuantifikasikan, maka akan menimbulkan persepsi dan interpretasi yang dapat saja salah dalam proyek Six Sigma, serta akan menimbulkan kesulitan dalam pengukuran karakteristik kualitas keandalan itu.

2.5.2.2. Mengembangkan Rencana Pengumpulan Data

Setelah penetapan atau pemilihan karakteristik kualitas utama dalam proyek Six Sigma adalah menetapkan rencana untuk pengumpulan data. Pada dasarnya pengukuran karakteristik kualitas dapat dilakukan pada tiga tingkat, yaitu: pada *tingkat proses (proses level)*, *tingkat output (output level)*, dan *tingkat outcome (outcome level)*.

- *Pengukuran pada tingkat proses* adalah mengukur setiap langkah atau aktivitas dalam proses dan karakteristik kualitas input yang diserahkan oleh pemasok (*supplier*) yang mengendalikan dan mempengaruhi karakteristik kualitas output yang diinginkan. Tujuan dari pengukuran pada tingkat ini adalah mengidentifikasi perilaku yang mengatur setiap langkah dalam proses, dan menggunakan ukuran-ukuran ini untuk mengendalikan dan meningkatkan proses operasional serta memperkirakan output yang akan dihasilkan sebelum output itu diproduksi atau diserahkan kepada pelanggan.
- *Pengukuran pada tingkat output* adalah mengukur karakteristik kualitas output yang dihasilkan dari suatu proses dibandingkan terhadap spesifikasi karakteristik kualitas yang diinginkan pelanggan. Beberapa contoh pengukuran pada tingkat output adalah banyaknya unit produk yang tidak memenuhi spesifikasi tertentu yang ditetapkan.
- *Pengukuran pada tingkat outcome* adalah mengukur bagaimana baiknya suatu produk (barang dan/atau jasa) memenuhi kebutuhan spesifik atau ekspektasi rasional dari pelanggan, jadi mengukur tingkat kepuasan pelanggan dalam menggunakan produk (barang dan/atau jasa) yang diserahkan. Pengukuran pada tingkat *outcome* merupakan tingkat tertinggi dalam pengukuran kinerja kualitas. Contoh pengukuran pada tingkat *outcome* adalah banyaknya keluhan pelanggan yang diterima, banyaknya produk yang dikembalikan oleh pelanggan, tingkat kepuasan pelanggan.

2.5.2.3. Pengukuran Baseline Kinerja (*Performance Baseline*)

Pengukuran *baseline* kinerja pada tingkat output dilakukan secara langsung pada produk akhir (barang dan/atau jasa) yang akan diserahkan kepada pelanggan. Pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output akhir dari proses itu dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan, sebelum produk itu diserahkan kepada pelanggan. Informasi yang diperoleh dapat dijadikan pedoman dasar untuk melakukan

pengendalian dan peningkatan kualitas dari karakteristik output yang diukur itu. Hasil pengukuran pada tingkat output dapat berupa data variabel atau data atribut, yang akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*defects per million opportunities*) dan Kapabilitas Sigma (Nilai Sigma)

2.5.3. Analyze

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Pada tahap ini kita perlu melakukan beberapa hal berikut:

1. Menentukan stabilitas dan kapabilitas/kemampuan dari proses.
2. Menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas utama yang akan ditingkatkan dalam proyek Six Sigma.
3. mengkonversikan banyak kegagalan ke dalam biaya kegagalan kualitas.

2.6. Proses Produksi Beton Ready Mix

Bahan dasar akan berbeda dalam hal ukuran dimensi, komposisi dan karakteristik lainnya, sesuai dengan sumber pasokannya.

Peralatan atau mesin yang digunakan mungkin tampak berfungsi normal dan seragam, namun produk yang keluar dari peralatan tersebut dapat bervariasi karena adanya perbedaan-perbedaan kecil dalam bagian-bagian mesin tersebut. Demikian juga dengan kenyataan bahwa suatu peralatan hanya akan berfungsi optimal dalam satu masa tertentu saja, sedang di saat-saat lainnya membutuhkan perawatan tertentu.

Metoda dan proses kerja mempunyai peran penting terhadap konsistensi produksi. Meski telah dilakukan dengan hati-hati dan telah terprogram sesuai dengan rencana kerja yang ketat, metoda kerja dapat menyebabkan terjadinya variasi yang bahkan lebih besar dari yang disebabkan oleh faktor-faktor lainnya. Terlebih pada suatu proses kerja yang dikendalikan atau dilakukan oleh manusia, variasi ini sangat dominan karena kemampuan dan karakteristik manusia yang terbatas untuk bekerja secara konsisten dalam waktu dan kondisi yang berbeda-beda.

Di akhir kegiatan industri, pengukuran terhadap produk juga akan memberikan variasi atau penyimpangan tersendiri. Dalam melakukan pengukuran terhadap mutu suatu

produk atau sekelompok produk, hasil pengukuran akan dipengaruhi peralatan pengukuran, cara dan pelaksana pengukuran serta kondisi pengukuran.

Penetapan Karakteristik Mutu

Karakteristik mutu merupakan hal utama yang harus ditetapkan terlebih dahulu, karena hal tersebut merupakan sesuatu yang hendak kita kendalikan atau tingkatkan.

Dalam suatu proses produksi beton ready mix, karakteristik mutu antara lain adalah slump dan kuat tekan yang dihasilkan harus mencapai nilai yang disyaratkan. Artinya, selain harus mencapai nilai tertentu, proses dan metoda produksi harus pula menjamin adanya variasi kuat tekan yang terkendali.

2.7. Pengumpulan Data

Dalam konsep pengendalian mutu beton, data merupakan elemen yang penting. Bahkan dapat disimpulkan bahwa tanpa adanya data yang mendukung, penilaian terhadap mutu pada sesuatu produk tidak akan dapat dilakukan. Baik buruknya penilaian mutu suatu produk (barang atau jasa), ditentukan oleh ada tidaknya atau lengkap tidaknya informasi mengenai produk tersebut.

Di kalangan umum terdapat konsepsi yang salah mengenai data dan informasi. Banyak yang menganggap bahwa data dan informasi adalah hal yang sama. Data merupakan bahan dasar dari informasi, di mana informasi itu sendiri merupakan elemen penting yang mempunyai arti sehingga dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan.

Dalam hal ini, kata "data" dapat diartikan sebagai fakta, angka-angka ataupun gambar-gambar yang kecil sekali artinya, atau bahkan tidak ada artinya sama sekali, sehingga tidak ada gunanya bagi pengendalian mutu. Jadi, bila data dikumpulkan, belum tentu data tersebut dapat memberikan informasi mengenai apa dan bagaimana tentang obyek studi yang dilakukan, sebaliknya jika data tersebut diolah terlebih dahulu maka dapat diperoleh banyak informasi yang dapat digunakan untuk mengambil keputusan terhadap obyek studi tadi.



Gambar 2.3 Gambar transformasi data

Pengubahan data menjadi informasi yang berguna dilakukan melalui berbagai proses transformasi, mulai dari yang paling sederhana sampai yang rumit dan canggih. Salah satu cara pemrosesan data yang paling digunakan adalah dengan cara melakukan studi statistik.

Proses pengumpulan data secara umum mencakup kegiatan-kegiatan yang bertujuan untuk memperoleh fakta-fakta tentang sesuatu yang berkaitan dengan obyek studi yang dilakukan dalam tugas akhir ini. Berbagai jenis data dapat dikumpulkan dalam jumlah yang besar pada berbagai situasi atau keadaan, termasuk pada suatu kegiatan atau proses produksi beton ready mix. Data ini dikumpulkan untuk berbagai maksud, antara lain untuk sekedar menjawab pertanyaan apakah produk beton ready mix yang dihasilkan sudah seperti yang dirancang atau untuk mengetahui apakah metode yang digunakan dalam proses produksi tersebut telah sesuai dengan sasaran kegiatan berproduksi.

Keputusan mengenai ketepatan metode produksi yang digunakan biasanya didasarkan pada hasil yang telah dicapai atau pengalaman terdahulu. Melalui telaah terhadap hasil produksi ready mix terdahulu dapat diketahui karakteristik produk beton ready mix yang dihasilkan dan kaitannya dengan parameter-parameter produksi yang telah disusun dan diterapkan, jadi secara umum dapat dikatakan bahwa data yang dikumpulkan untuk membantu penilaian keberhasilan sesuatu berdasarkan informasi mengenai kasadaan yang lalu, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dan tindakan di masa selanjutnya.

2.7.1. Tujuan pengumpulan data

Dalam suatu kegiatan produksi yang menerus, seperti pada suatu pabrik penghasil beton, upaya pengumpulan data bertujuan untuk:

1. Membantu memahami situasi nyata

Data dikumpulkan untuk mengetahui adanya variasi mutu beton, dalam hal ini adalah kuat tekan beton, yang dihasilkan dalam suatu periode masa produksi beton ready mix. Sejalan dengan bertambahnya data yang terkumpul, data tersebut dapat disusun secara statistik untuk kemudahan pemahaman.

2. Data untuk keperluan analisis

Analisis data dapat digunakan, misalnya dalam mempelajari hubungan antara kerusakan dan penyebabnya (defect dan causes). Dalam hal ini data diperoleh

dengan jalan mempelajari hasil pengujian yang lalu dan membandingkannya dengan hasil pengujian baru.

3. Data untuk keperluan pengendalian proses

Setelah digunakan untuk membantu penilaian mutu suatu produk, data dapat digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi berlangsung dengan normal, grafik kendali atau control chart digunakan untuk mengevaluasi hal ini dan keputusan diambil berdasarkan data ini.

4. Pengaturan data

Pengaturan data dilakukan sebagai dasar penentuan standar pengukuran tertentu, seperti misalnya data yang digunakan suhu ruang atau tempat pengecoran yang ideal. Dari data seperti ini dapat ditetapkan standar-standar tertentu untuk setiap keadaan atau situasi produksi.

5. Data untuk prosedur penerimaan atau penolakan

Data ini sering digunakan untuk menerima atau menolak suatu produk beton ready mix setelah melalui suatu inspeksi atau pemeriksaan. Pengumpulan data ini seperti ini dilakukan berdasarkan inspeksi menyeluruh atau dapat pula digunakan berdasarkan sampling. Contohnya adalah pembuatan trial mix sebelum dilakukan pengorderan beton yang digunakan sebagai salah satu dasar penerimaan atau penolakan mutu beton.

2.7.2. Pedoman pengumpulan data yang dilakukan

Beberapa hal yang diperhatikan dalam pengumpulan data mengenai mutu beton ready mix adalah:

1. Memperjelas tujuan pengumpulan data

pengumpulan jenis data yang benar hanya dapat dilakukan bila tujuan pengumpulan data tersebut jelas. Dalam hal ini adalah menyesuaikan dengan tujuan dari pengumpulan data dan penulisan tugas akhir ini.

2. Mengumpulkan data secara efisien

Jenis data yang diinginkan secara keseluruhan sangat sulit dikumpulkan, diukur, dan dicatat. Kurang memadainya alat bantu, sumber daya manusia, keterbatasan waktu, dan kesulitan dalam mengkuantifikasi merupakan hal-hal yang menjadi alasan utama.

Dengan mempertimbangkan tujuan dan pedoman pengumpulan data yang dipaparkan di atas, maka dalam proses pengambilan data dilakukan dengan mengambil data-data pengujian terdahulu dan dibatasi pada mutu beton ready mix mengenai kuat tekan dan slump betonnya. Dan di dalam tugas akhir ini, pengumpulan data mutu beton dibatasi pada pemenuhan permintaan pada *Surabaya Airport Construction Project* dengan menggunakan kuat tekan $K-225$ mengingat kebutuhan terhadap produksi beton pada *grade* ini dipenuhi hampir setiap hari selama beberapa bulan sesuai permintaan dari pelanggan yaitu kontraktor PT Waskita Karya.

Slump beton digunakan sebagai variabel mutu beton mengingat ada hubungannya terhadap workabilitas yang pada umumnya lebih diarahkan pada kondisi di saat dilakukan pengecoran atau penempatan beton ready mixnya. Secara teknik, pengertian workabilitas sering didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan untuk pemanasan tanpa terjadi segregasi.

2.8. Bagan Kendali (Control Chart)

Bagan kendali merupakan perangkat pengendalian mutu proses yang paling populer digunakan di industri. Bagan ini pertama kali dikembangkan dan digunakan di industri manufaktur oleh Walter A Shewart di Bell Telephone Laboratory, Amerika Serikat, yang selanjutnya penggunaannya meluas di berbagai jenis industri yang melakukan kegiatan proses.

Bagan kendali ini memberikan informasi lebih berarti daripada sekedar data yang diplotkan pada suatu bagan secara kronologis, tetapi bagan kendali ini dapat menunjukkan bagaimana pengaruh berbagai faktor seperti material, pelaksanaan, metode dan sebagainya.

Jika hendak mengetahui pengaruh dua atau lebih faktor terhadap proses dan hasil suatu produksi, maka kita harus membuat dua atau lebih bagan kendali yang terpisah yang masing-masing menunjukkan pengaruh masing-masing faktor tersebut yang berubah terhadap waktu.

Tujuan dari pembuatan bagan kendali ini adalah untuk mendeteksi adanya perubahan apapun yang terjadi dalam proses produksi, yang ditunjukkan dengan adanya titik-titik tak normal dalam bagan, di mana data dikumpulkan (Montgomery).

Sebagai contoh, dalam membuat bagan kendali, data produksi harian dapat dirata-ratakan untuk mmeperoleh nilai rata-rata harian, nilai rata-rata harian ini selanjutnya digunakan sebagai titik dalam bagan kendali yang menunjukkan nilai rata-rata karakteristik pengukuran hari tersebut. Dapat pula data pengukuran diperoleh dari hasil pengukuran berdasarkan lot-lot pengambilan data. Dalam hal ini data harus dikumpulkan dan disusun sedemikian rupa sehingga dapat menunjukkan karakteristik datanya.

2.8.1. Jenis dan Manfaat Bagan Kendali

Secara umum bagan kendali dibedakan berdasarkan jenis data yang dikandungnya, data yang digunakan dalam bagan kendali dapat berupa data menerus atau nilai tidak diskrit, yang dihasilkan dari suatu pengukuran, seperti kuat tekan beton dalam kg/cm^2 , atau slump dalam cm. tetapi bagan kendali yang lain dapat dibentuk dari data yang diperoleh dari proses pembilangan,yang mengandung nilai diskrit atau dikenal dengan edata pembilangan. Jenis bagan kendali yang digunakan untuk data yang sifatnya menerus adalah *x-R Charts*, sedangkan untuk data yang diskrit adalah *np, p chart*.

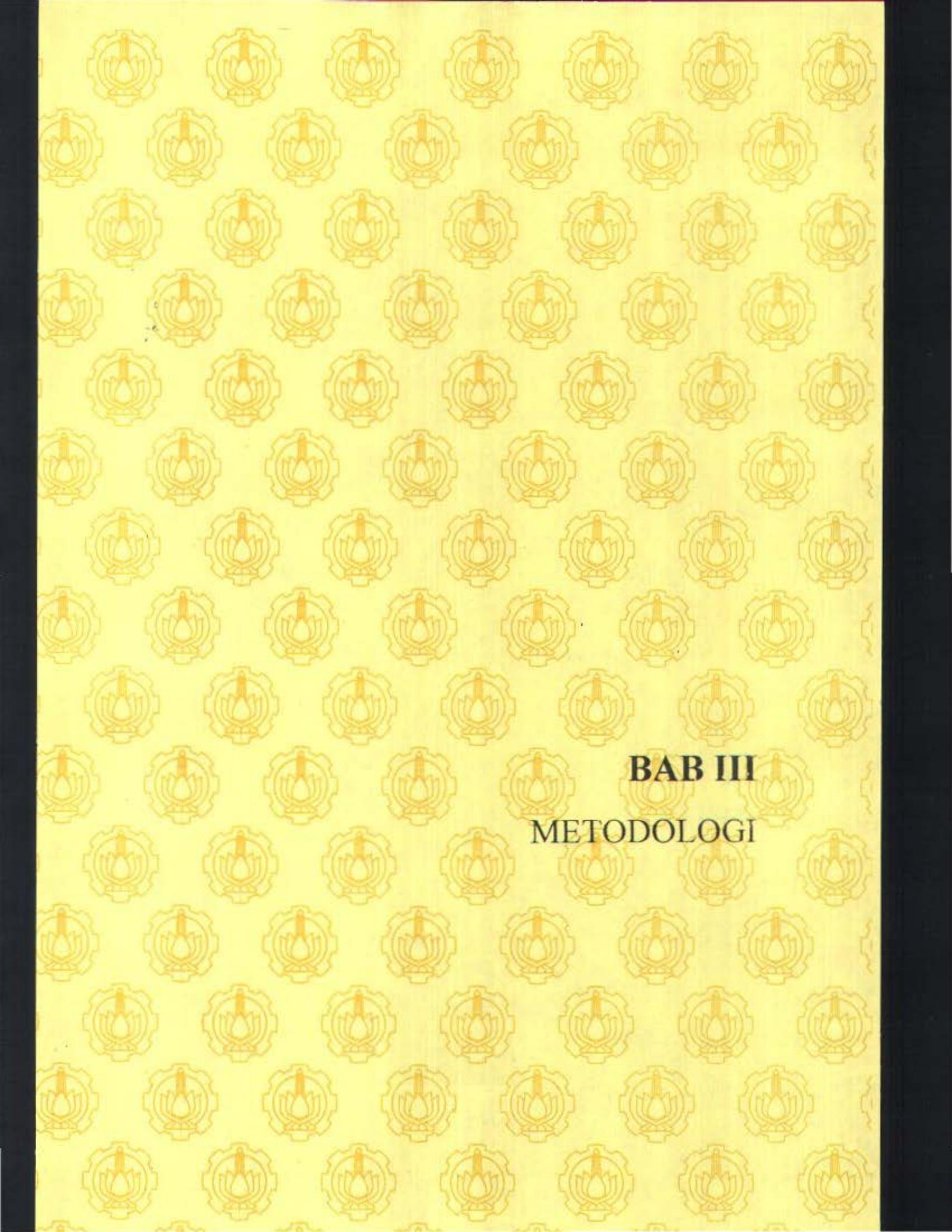
Beberapa manfaat utama dari bagan kendali, antara lain:

- a. dapat digunakan sebagai perangkat pemberian peringat awal, sehingga penolakan terhadap hasil produksi yang tidak memenuhi sayarat dapat dihindarkan.
- b. Dapat digunakan untuk menurunkan variabilitas produk, caranya adalah dengan menetapkan batas-batas kendali secara lebih sempit.
- c. Dapat digunakan sebagai perangkat dasar pengukuran kemampuan proses, dengan melihat perilaku data yang diplotkan pada bagan, dapat dilihat apakah proses berjalan dengan normal ataukah terjadi sesuatu penyimpangan
- d. Menghasilkan catatan mutu produk secara permanen yang tersusun dengan rapi sesuai dengan kronologi proses produksinya
- e. Dapat menunjukkan adanya gejala lepas kendali atau out of control,dapat menunjukkan alasan-alasan terjadinya hal tersebut.
- f. Jika digunakan dalam suatu program penjaminan dan pengendalian mutu, antara pemasok dan pemakai, bagan kendali dapat digunakan sebagai

perangkat dasar penyusunan rencana penerimaan bagi pengguna atau *user/customer*.

2.8.2. Pembuatan Bagan Kendali x – R

Jenis bagan kendali yang paling sering digunakan dalam pengendalian mutu proses dengan data menerus adalah x – R Charts. Sebuah x – R Charts adalah bagan kendali yang menunjukkan nilai rata-rata x dan rane, R. Bagian x dari control chart pada umumnya menunjukkan adanya perubahan pada nilai rata-rata dari suatu proses, sementara bagian R menggambarkan adanya perubahan pada dispersi dari proses tersebut. Bagan seperti ini sangat berguna, khususnya dalam menunjukkan adanya perubahan nilai x dan R secara bersamaan, sehingga menjadikannya suatu metode yang sangat efektif untuk melakukan pengamatan terhadap adanya ketidaknormalan dalam proses pembuatan beton ready mix.



BAB III

METODOLOGI

BAB III

METODOLOGI

3.1. Studi Literatur:

- Pengumpulan dan identifikasi data-data yang diperoleh melalui buku-buku literatur yang berhubungan dengan tugas akhir ini.
- Mengkaji tentang bagaimana konsep kualitas, manajemen mutu dan konsep six sigma

3.2. Pengumpulan Data:

Pada tahapan pengumpulan data ini yang dilakukan adalah dengan mengacu pengertian dari metode Six Sigma yaitu pada tahap define dan measure.

Data yang digunakan pada tugas akhir ini adalah data hasil kuat tekan dan slump beton di PT. Jatim Readymix Beton pada *Surabaya Airport Construction Project*.

Langkah-langkah Pengumpulan Data:

1. Define

Merupakan langkah operasional pertama dalam kegiatan six sigma. Pada tahap ini didefinisikan beberapa hal yang terkait dengan: kriteria pemilihan kegiatan Six Sigma, peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam kegiatan Six Sigma, pemetaan proses-proses utama dalam kegiatan Six Sigma, kebutuhan spesifik dari pelanggan, dan pernyataan tujuan kegiatan Six Sigma.¹

Pada pemetaan proses-proses utama yang dilakukan adalah pemetaan proses produksi beton ready mix dengan mengambar suatu bagan alir proses (process flowcharts), sedangkan pada pendefinisian kebutuhan spesifik dari pelanggan dengan membuat kriteria-kriteria apa saja yang menjadi kebutuhan dari pelanggan.

2. Measure:

Merupakan langkah operasional kedua dalam peningkatan kualitas six sigma. Yang harus dilakukan dalam tahap measure adalah:

1. Menentukan Critical to Quality yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan.
2. Pengukuran/ pengumpulan data

¹ Gaspersz, Pedoman implementasi six sigma

Ada 3 tingkatan pengukuran yang dapat dilakukan yaitu:

1. Pengukuran pada tingkat proses
2. Pengukuran pada tingkat output
3. Pengukuran pada tingkat outcome

Pada tugas akhir ini pengumpulan data dilakukan pengukuran pada tingkat end product / hasil akhirnya atau output produknya, data yang di dapat ini di sebut data variabel.

Pengukuran Kualitas pada Tingkat Output

Pengukuran kualitas pada tingkat output dilakukan secara langsung pada produk akhir yang akan diserahkan kepada pelanggan. Pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output akhir dari proses itu dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan, sebelum produk itu diserahkan kepada pelanggan.

Output yang dimeasure pun dibatasi pada slump dan kuat tekan karena kemudahan pengecekan oleh customer selain itu kedua variabel tersebut seringkali dipergunakan oleh pelanggan dan produsen dalam menilai produk readymix, selain itu juga pengumpulan data-data dipengaruhi dengan adanya ketersediaan dari data-data pengetesan internal yang ada. Kriteria kuat tekan dan slump diasumsikan hal tersebut yang menjadi kriteria kepuasan pelanggan.

Dilakukan Pengelompokan data

Pada data slump dan kuat tekan beton dilakukan pengelompokan data, yaitu: berdasarkan hari pembuatan Senin sampai dengan Sabtu, berdasarkan tanggal. (Dipengaruhi dari tersedianya data-data pengetesan internal yang ada)

3.3. Analisa

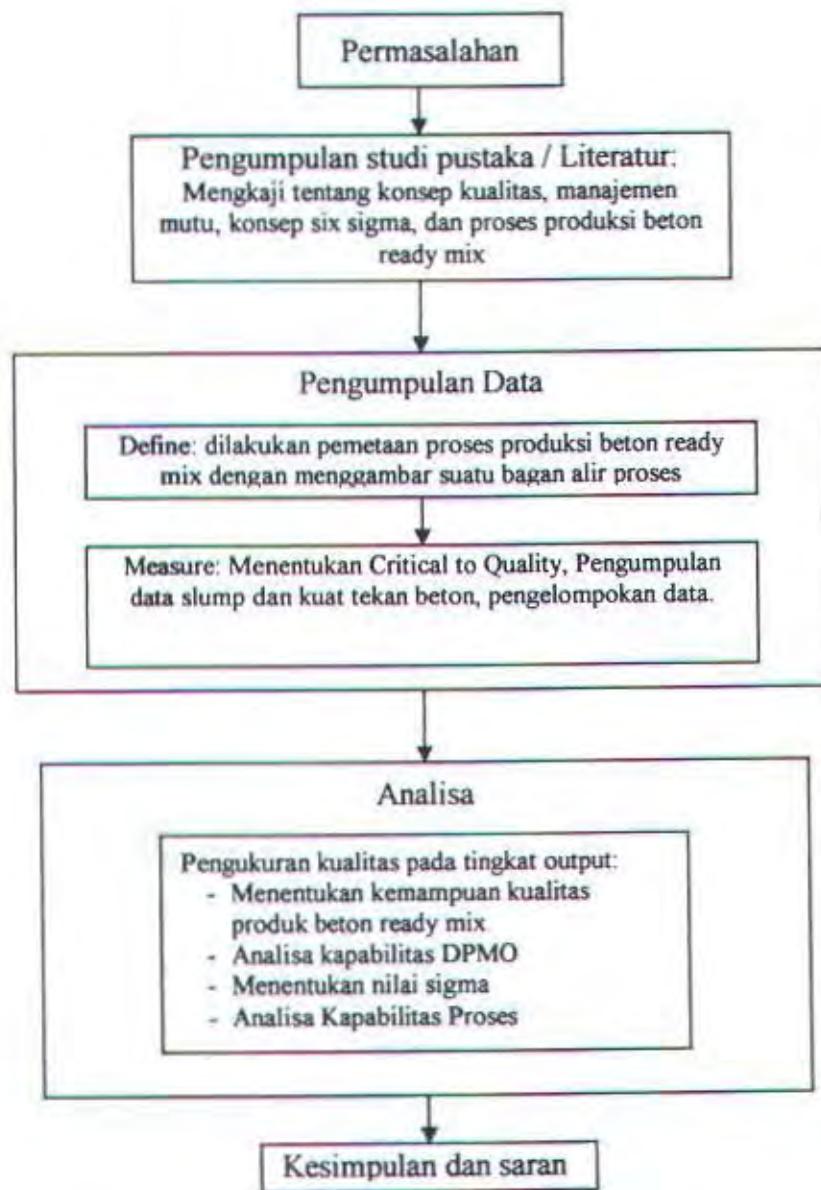
Hal yang perlu dilakukan dalam analisa adalah:

- Menentukan kemampuan kualitas produk beton readymix.
- Menganalisa kapabilitas DPMO
- Menentukan berapa nilai Sigma dari data keseluruhan / menganalisa kapabilitas sigma, dilakukan perhitungan Statistik Proses Kontrol pada tiap-tiap pengelompokan data.
- Setelah menganalisa kapabilitas DPMO dan kapabilitas sigma dilakukan analisa kapabilitas proses pada tiap kategori.

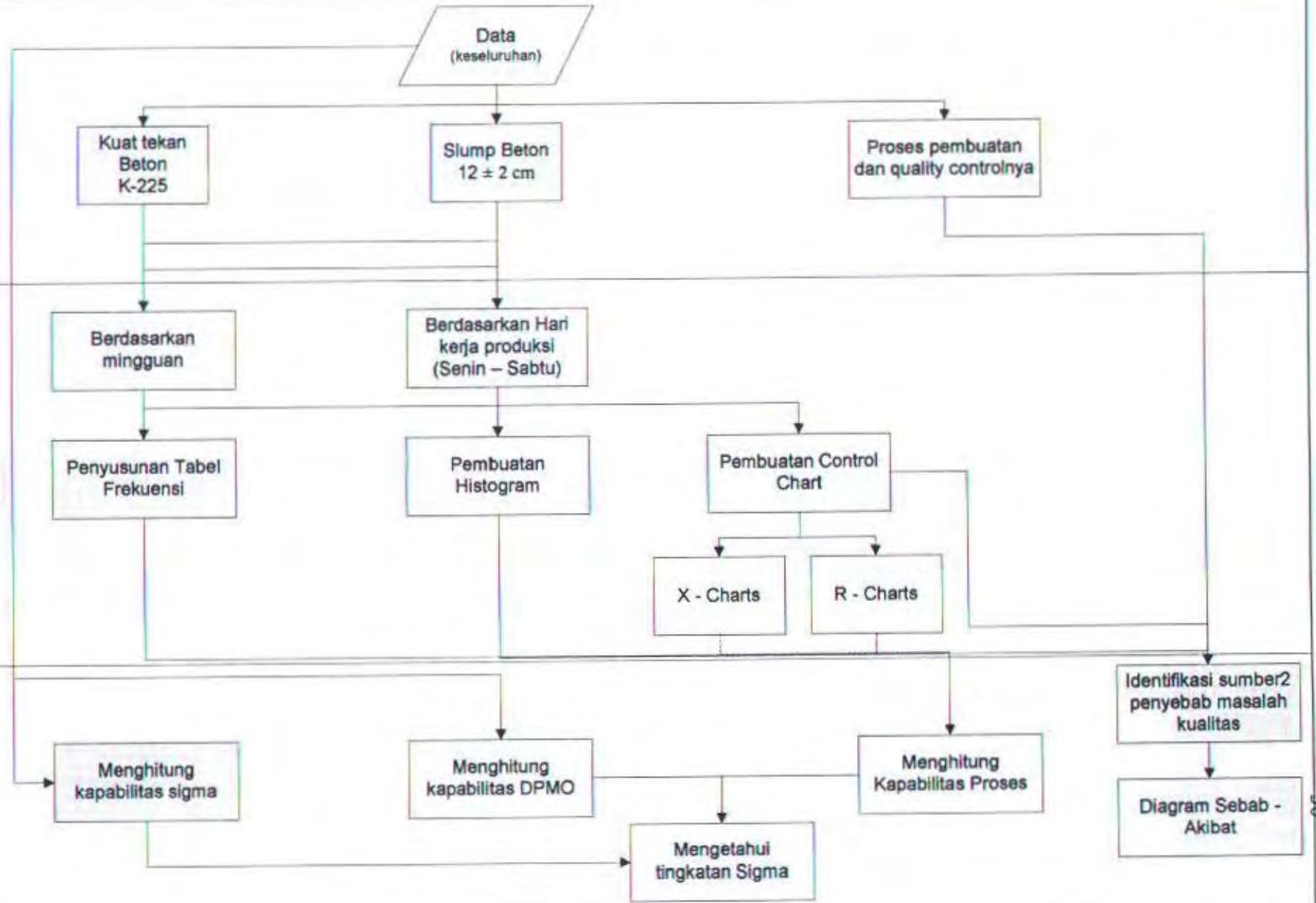
Dalam melakukan analisa pada tugas akhir ini, digunakan teknik/metode statistika yang umum digunakan. Diantaranya adalah pengendalian proses statistical (*statistical process control*), flowcharts, diagram pareto dan pengujian hipotesis.(Harsono,2002)

Dalam melakukan analisis statistik untuk kendali proses tersebut digunakan metode yang umum dipakai yaitu bagan kendali atau *control charts*. Bagan ini sering kali digunakan untuk pengendalian proses di berbagai industri konstruksi, dan dapat diaplikasikan pada proses produksi beton readymix. Metode ini berpedoman pada prinsip-prinsip dasar statistik, seperti nilai rata-rata, penyimpangan, yang dikaitkan dengan variabel waktu atau tahapan produksi. (Soemardi, 2002).

Pada bagan kontrol ini terdapat garis-garis horizontal yang berfungsi sebagai garis batas kendali atau *control limit* yaitu garis horizontal untuk menunjukkan dibawah batas spesifikasi atau di atas batas spesifikasi. Jika hendak mengetahui pengaruh dua atau lebih faktor pengaruh terhadap proses atau hasil produksi, maka harus dibuat dua atau lebih bagan kendali yang terpisah, yang masing-masing menunjukkan pengaruh masing-masing faktor tersebut yang berubah terhadap waktu. (Soemardi,2002).



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengumpulan dan Analisa data Tugas Akhir

BAB IV
PENYAJIAN DAN ANALISIS DATA

BAB IV

PENYAJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Konsep “Define” pada Six Sigma

Konsep define sebagai salah satu dari tahapan dari konsep Six Sigma, bisa dikatakan sebagai suatu proses dari pengumpulan data. *Define* merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas Six Sigma

Keterangan mengenai data-data yang diambil dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Keterangan mengenai Data yang digunakan dalam tugas akhir

Proyek	<i>Surabaya Airport Construction Project</i>
Pelanggan	PT Waskita Karya
Periode Data yang digunakan	Maret 2003 - Juni 2003
Hari Kerja (normal)	6 Hari kerja (senin - sabtu)
Kuat Tekan / <i>Characteristic Strength</i>	K 225 MPa
Slump Beton	12 ± 2 cm
Benda Uji	Silinder 15 x 30 cm
Umur Beton Saat Pengujian	28 hari
Penguji	PT Jatim ReadyMix (internal)

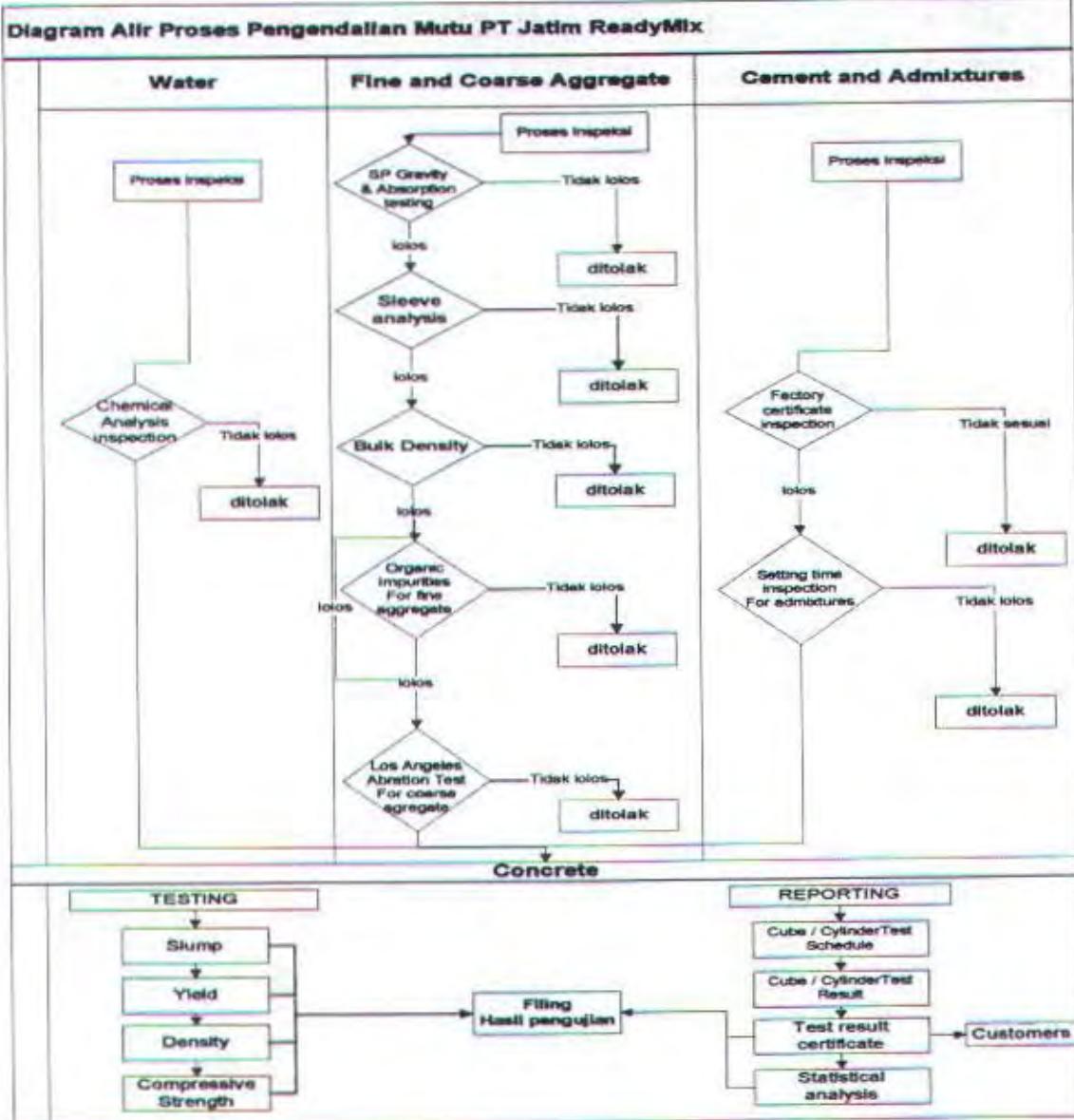
4.1.1 Mendefinisikan Proses Utama pada Produksi Beton ReadyMix

Terhadap setiap proyek *six sigma* yang telah dipilih, harus didefinisikan proses-proses utama, urutan-urutan proses tersebut beserta interaksinya. (Gambar 4.1)

4.1.2 Mendefinisikan Kebutuhan Spesifik Pelanggan

Kebutuhan spesifik pelanggan dalam hal ini PT Waskita Karya yang terlibat dalam proyek Surabaya Airport Project dapat dipaparkan sebagai berikut:

1. Material Beton
 - a. Ordinary Portland Cement (Semen Gresik Type I)
 - b. Fine Aggregate (Pasir Lumajang)
 - c. Coarse Aggregate(ex Jatim Crushing Plant Banyu Biru - Jeladri)
 - d. Admixture : Retarder Pozzolith 100 R1 MBT Product
 - e. Water PDAM
2. Target kekuatan sesuai dengan spesifikasi proyek
 - a. Grade of concrete f_c' 225 kg/cm² (dari hasil tes silinder pada umur 28 hari.



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Pengendalian Mutu PT. Jatim Ready Mix

3. Kriteria Mix disain

Tabel 4.2 Tabel Kriteria Mix Disain

Grade 28 hari	225 kg / cm ²
Slump	12 ± 2 cm
Max ukuran Aggregat	20 mm
Cement Content Minimal	290 kg
W/C Ratio	0.52
Air Entrained Test	Normal Concrete tolerance 1%

4. Material test Data

Tabel 4.3 Tabel Material Test Data

Item Tes	Fine Aggregat	Coarse Aggregat	Water	Cement	Retarder
specific gravity	2.75	2.65	1.00	3.11	1.20
Absorption	4.55	1.71	-	-	-
Size	Zone 2	4.75 – 20	-	OPC	0.30

5. Jadwal pengiriman

Mengenai kebutuhan mengenai jadwal pemenuhan kebutuhan, akan dikoordinasikan setiap hari sesuai dengan kebutuhan proyek. Dan hal tersebut tidak ditelaah lebih lanjut dalam penulisan tugas akhir ini.

4.2 Konsep “Measure” pada Six Sigma

Measure merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas Six Sigma.

4.2.1 Menetapkan Critical To Quality pada Output produk Beton Ready Mix

Karakteristik kualitas (Critical-to-Quality = CTQ) utama yang ditetapkan dalam melakukan analisis six sigma sebaiknya berhubungan langsung dari persyaratan-persyaratan *output* dan pelayanan. Hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengukuran terhadap setiap karakteristik kualitas atau CTQ di antaranya adalah :

1. biaya yang dikeluarkan sebaiknya tidak lebih besar dari manfaat yang diperoleh
 2. pengukuran harus sederhana dan mudah
 3. pengukuran harus diterima dan dipercaya oleh berbagai pihak
 4. pengukuran harus berfokus pada tindakan korektif dan peningkatan, bukan sekedar pada pemantauan atau peninjauan

dengan memperhatikan keempat hal di atas, maka karakteristik kualitas yang ditetapkan adalah sebagai berikut :

CTO : kuat tekan pada 28 hari

CTO : Slump Target : 12 ± 2 cm

4.2.2 Pengukuran pada Tingkat Output Produksi Beton Ready Mix

Pengukuran kinerja pada tingkat output dilakukan secara langsung pada produk akhir yang akan diserahkan kepada pelanggan. Pengukuran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output akhir dari proses itu dapat memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan yang telah dipaparkan di atas, sebelum produk beton ready mix diserahkan kepada pelanggan.

Pengukuran Baseline Kinerja Variabel Karakteristik Kualitas pada Tingkat Output untuk n=3 unit

Karakteristik kualitas output yang akan diukur adalah kuat tekan dan slump beton produk PT. Jatim Readymix. Berdasarkan permintaan pelanggan, diketahui bahwa pelanggan menginginkan beton dengan kuat tekan 225 kg/cm^2 dan slump $12 \pm 2 \text{ cm}$.

Tabel 4.4 Tabel Data Kuat Tekan dan Slump Beton (data keseluruhan pada lampiran 1)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm^2

$f_c' = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder $15 \times 30 \text{ cm}$

Slump = $12 \pm 2 \text{ cm}$

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			Slump (cm)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
1	03 Maret 2003	31 Maret 2003	317	363	328	11
2	04 Maret 2003	01 April 2003	323	334	351	12
3	05 Maret 2003	02 April 2003	374	369	346	12
4	06 Maret 2003	03 April 2003	323	274	326	11
5	07 Maret 2003	04 April 2003	260	278	300	12
6	08 Maret 2003	05 April 2003	357	380	253	12
7	10 Maret 2003	07 April 2003	386	286	380	10
8	11 Maret 2003	08 April 2003	357	374	380	10
9	12 Maret 2003	09 April 2003	397	265	248	10
10	13 Maret 2003	10 April 2003	385	278	397	13
11	14 Maret 2003	11 April 2003	317	272	386	10
12	15 Maret 2003	12 April 2003	298	269	284	10
13	17 Maret 2003	14 April 2003	351	380	392	12
14	18 Maret 2003	15 April 2003	346	369	334	12
15	19 Maret 2003	16 April 2003	317	363	397	12
16	20 Maret 2003	17 April 2003	282	267	293	12
17	21 Maret 2003	18 April 2003	298	249	276	12
18	22 Maret 2003	19 April 2003	298	268	300	10
19	24 Maret 2003	21 April 2003	299	256	270	13
20	25 Maret 2003	22 April 2003	302	289	285	13
21	26 Maret 2003	23 April 2003	270	292	288	11
22	27 Maret 2003	24 April 2003	284	298	276	12
23	28 Maret 2003	25 April 2003	301	297	305	10
24	29 Maret 2003	26 April 2003	273	288	253	12

4.3 Penyajian data Pengukuran Mutu Beton ReadyMix

Hasil dari kegiatan produksi beton *readymix* biasanya mempunyai variasi dalam hal kekuatan tekan, kadar air, slump beton atau nilai mutu lainnya. Hal ini terjadi karena banyak hal dan kondisi yang tidak dapat dikendalikan, yang mempengaruhi perilaku dan kinerja produksi beton *readymix* yang sedang ditinjau.

Jadi, dalam memberikan penilaian penilaian terhadap sesuatu, kita harus menyadari adanya penyimpangan. Dalam hal melihat data, kita berharap akan menjumpai adanya suatu penyimpangan atau dispersi, dan penilaian terhadap kualitas kuat tekan beton digunakan nilai rata-rata (*average*) dan penyimpangannya. Konsepsi yang umum yang banyak digunakan dalam menilai mutu beton *readymix* adalah, secara rata-rata nilai kuat tekan beton tersebut memenuhi persyaratan dan simpangan yang dimilikinya juga kecil.

Pada suatu produksi beton *readymix* dengan mutu tertentu, jika diambil 24 buah contoh untuk pengukuran kuat tekan beton setiap hari pada suatu produksi beton *readymix*, maka dalam enam hari kerja diperoleh 144 buah contoh dan pengukuran. Terhadap data tersebut dapat dilihat dua hal penting yaitu:

- a. kinerja keseluruhan dari produksi beton *readymix* dalam periode satu minggu
- b. perubahan yang terjadi selama pengukuran yaitu selama enam hari kerja (periode produksi)

Terhadap hal pertama dapat digunakan tabel frekuensi yang menggambarkan jumlah contoh untuk setiap kuat tekan (kg/cm^2). Selanjutnya dengan membuat suatu histogram, dengan mudah dapat dilihat bentuk distribusi data, nilai tengah, dan perilaku penyimpangan dari berbagai ukuran kuat tekan. Sedang untuk hal yang kedua, dapat dilihat perubahan/penyimpangan dalam data secara kronologis melalui kurva kendali atau kurva-kurva lainnya.

4.3.1 Tabel Frekuensi dan Histogram

Salah satu bentuk penyajian data yang paling mendasar dan sederhana adalah bentuk tabel dua dimensi yang memuat urutan pengukuran dan nilai/hasil pengukuran pada baris/kolomnya. Tabel frekuensi disusun dengan cara mengelompokkan data dalam suatu kelompok nilai yang merupakan bagian dari keseluruhan nilai pengukuran yang ada. Untuk itu maka perlu dilakukan pembagian kelompok dengan menggunakan interval kelompok.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kuat tekan terhadap sampel beton pada produksi beton ready mix adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Sebagian Data Kuat Tekan Beton dan Nilai Batasnya (data keseluruhan pada lampiran 2)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f_c' = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

Slump = 12 ± 2 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			Slump	Nilai Batas	
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3		X _B	X _A
1	03 Maret 2003	31 Maret 2003	317	363	328	11	317	363
2	04 Maret 2003	01 April 2003	323	334	351	12	323	351
3	05 Maret 2003	02 April 2003	374	369	346	12	346	374
4	06 Maret 2003	03 April 2003	323	274	326	11	274	326
5	07 Maret 2003	04 April 2003	260	278	300	12	260	300
6	08 Maret 2003	05 April 2003	357	380	253	12	253	380
7	10 Maret 2003	07 April 2003	386	286	380	10	286	386
8	11 Maret 2003	08 April 2003	357	374	380	10	357	380
9	12 Maret 2003	09 April 2003	397	265	248	10	248	397
10	13 Maret 2003	10 April 2003	385	278	397	13	278	397
11	14 Maret 2003	11 April 2003	317	272	386	10	272	386
12	15 Maret 2003	12 April 2003	298	269	284	10	269	298
13	17 Maret 2003	14 April 2003	351	380	392	12	351	392
14	18 Maret 2003	15 April 2003	346	369	334	12	334	369
15	19 Maret 2003	16 April 2003	317	363	397	12	317	397
16	20 Maret 2003	17 April 2003	282	267	293	12	267	293
17	21 Maret 2003	18 April 2003	298	249	276	12	249	298
18	22 Maret 2003	19 April 2003	298	268	300	10	268	300

Dengan melihat data yang terekam dalam tabel di atas, masih sedikit informasi yang diberikan mengenai hasil pengukuran kuat tekan beton selama tujuhbelas (17) minggu. Agar lebih mempunyai arti maka tabel di atas dapat kita ubah cara penyajiannya, sehingga dapat menunjukkan data yang dicatat pada hari senin, selasa, rabu hingga sabtu, masing-masing terdiri dari 17 data.

Tabel 4.6 Penyajian Data Kuat Tekan Beton Berdasar Hari Kerja**Concrete Quality control****PT Jatim ReadyMix****Characteristic strength : 225 kg/cm² $f_c' = 22.5 \text{ MPa}$** **Specimen : Silinder 15 x 30 cm**

No urut Sampel	Waktu Pengambilan Sampel						Nilai Batas	
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	Sabtu	X _B	X _A
1	324.3	336.0	363.0	307.7	279.3	330.0	279.3	363.0
2	350.7	370.3	303.3	353.3	325.0	283.7	283.7	370.3
3	374.3	349.7	359.0	280.7	274.3	288.7	274.3	374.3
4	275.0	292.0	283.3	286.0	301.0	271.3	271.3	301.0
5	318.7	345.7	252.0	328.3	370.7	338.0	252.0	370.7
6	328.7	344.7	325.0	349.7	368.7	329.3	325.0	368.7
7	322.0	349.7	349.7	346.3	361.7	376.0	322.0	376.0
8	323.3	355.0	373.0	329.7	324.7	334.0	323.3	373.0
9	334.3	378.0	338.0	372.3	353.0	344.0	334.3	378.0
10	334.3	355.3	375.3	351.3	355.0	351.7	334.3	375.3
11	339.7	370.7	357.3	355.3	374.0	312.7	312.7	374.0
12	341.7	344.0	387.7	347.3	332.3	391.7	332.3	391.7
13	318.7	337.7	345.7	307.0	372.3	361.0	307.0	372.3
14	359.0	335.7	320.3	326.3	387.7	340.0	320.3	387.7
15	324.3	340.0	297.7	330.7	320.7	334.3	297.7	340.0
16	309.0	364.7	305.0	290.0	349.7	307.0	290.0	364.7
17	314.7	290.0	293.7	338.0	401.3	365.0	290.0	401.3

4.3.1.1 Penyusunan tabel Frekuensi

Cara penyusunan tabel frekuensi dalam kumpulan data di atas adalah sebagai berikut;

- Jumlah data yang diperoleh, $N = 17 \times 6 = 102$ data
- Tetapkan nilai terendah dan tertinggi pada setiap baris
- Tetapkan nilai terendah dan tertinggi keseluruhan (nilai batas absolut), yakni: $X_B = 252 \text{ kg/cm}^2$ dan $X_A = 401.3 \text{ kg/cm}^2$
- Hitung jangkauan atau range data :

$$R = X_B - X_A = 401.3 - 252 = 149.3 \text{ kg/cm}^2$$

- Tetapkan jumlah kelompok data atau kelas data, K

Pedoman penetapan jumlah kelas

Tabel 4.7 pedoman pembagian jumlah kelas

Jumlah data	Jumlah kelas
< 50	5 – 7
50 – 100	6 – 10
100 – 250	7 – 12
> 250	10 – 20

Dalam hal ini, karena data yang tercatat berjumlah 102, maka ditetapkan jumlah kelas adalah $K = 8$

- f. Tetapkan interval kelas atau besarnya jangkauan setiap kelas :

$$h = \frac{X_A - X_B}{K} = \frac{R}{K} = 149.3 / 8 = 18.7 = 19 \text{ kg/cm}^2$$

Jangkauan nilai pada tabel frekuensi harus dapat mengakomodasikan semua kemungkinan nilai yang ada, atau dengan kata lain harus memuat semua nilai antara X_B hingga X_A . Nilai jangkauan kelas h harus merupakan bilangan cacah dengan besaran digit yang sama dengan nilai pengukuran.

Agar tidak terjadi satu data jatuh dalam dua kelas yang berdampingan, maka batas kelas harus diambil pada nilai yang tidak dimiliki oleh suatu nilai data. Dalam hal ini batas kelas diambil separuh dari digit terkecil data, $\pm 0.5 \text{ kg/cm}^2$ untuk data yang kita peroleh, kita tetapkan nilai terendah pada tabel adalah $250,5 \text{ kg/cm}^2$. Untuk kelas pertama (nilai terendah), intervalnya menjadi antara $250,5 \text{ kg/cm}^2$ sampai dengan $269,5 \text{ kg/cm}^2$ ($250,5 \text{ kg/cm}^2 + 19 \text{ kg/cm}^2$), dan selanjutnya, sehingga untuk masing-masing kelas kita akan memiliki interval sebagai berikut :

Tabel 4.8 Tabel Interval

kelas	Batas Kelas (Kg/cm ²)
1	250.5 - 269.5
2	269.5 - 288.5
3	288.5 - 307.5
4	307.5 - 326.5
5	326.5 - 345.5
6	345.5 - 364.5
7	364.5 - 383.5
8	383.5 - 402.5

- g. Selanjutnya disusun tabel frekuensi untuk data pada tabel 4.5 berdasarkan kelas dan lebar atau batas kelas dari tabel 4.8:

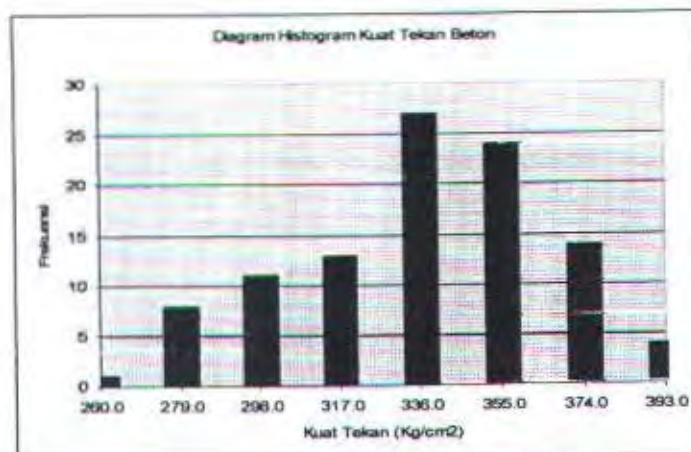
Tabel 4.9 Tabel Frekuensi Nilai Kuat Tekan Beton

kelas	Batas Kelas (Kg/cm ²)	Nilai tengah	frekewensi
1	250.5 - 269.5	260.0	1
2	269.5 - 288.5	279.0	8
3	288.5 - 307.5	298.0	11
4	307.5 - 326.5	317.0	13
5	326.5 - 345.5	336.0	27
6	345.5 - 364.5	355.0	24
7	364.5 - 383.5	374.0	14
8	383.5 - 402.5	393.0	4

Nilai tengah adalah nilai di antara dua nilai batas pada setiap kelas. Nilai tengah ini berguna dalam penyusunan grafik baris distribusi data.

Sekilas, sajian data dalam tabel frekuensi dapat menggambarkan karakteristik penyebaran, data pengukuran kuat tekan data beton ready mix secara sederhana. Namun demikian jika informasi tersebut kita sajikan dalam bentuk grafik, maka hasilnya akan lebih menarik dan komunikatif. Sajian gambar atau grafik seperti yang dimaksud dikenal dengan grafik distribusi atau histogram.

Histogram adalah gambaran/sajian grafis sederhana yang dapat secara mudah disusun berdasarkan tabel frekuensi. Pada grafik ini, sumbu mendatar menunjukkan besaran pengukuran, yang terbagi dalam beberapa kelas pengukuran, sedang sumber vertikal menggambarkan jumlah data yang jatuh dalam masing-masing kelas atau frekuensi kelas.



Grafik 4.1 Grafik Histogram kuat tekan beton

Gambar di atas memperlihatkan bahwa nilai rata-rata kuat tekan beton berada dalam batas-batas yang disyaratkan, namun demikian sebaran atau penyimpangannya sangat

besar. Karenanya sebaran harus dikurangi, artinya konsistensi kuat tekan harus lebih dipertahankan di sekitar nilai rata-ratanya.

Dalam praktiknya, batas bawah kuat tekan adalah nilai yang disyaratkan sesuai dengan mutu beton yang dimaksud, misalnya untuk beton dengan kekuatan tekan 225 kg/cm^2 , maka kuat tekan rata-ratanya harus lebih dari harga tersebut.

4.3.1.2 Analisis bentuk histogram

Histogram yang secara umum dinilai normal atau baik adalah yang mempunyai bentuk simetris, yang artinya simpangan data terdistribusi dalam proporsi yang sama untuk nilai-nilai di atas maupun di bawah nilai rata-ratanya. Dalam kajian statistik pola distribusi seperti ini umum dikenal dengan distribusi normal. Pada kenyataannya pola distribusi data yang tergambar pada histogram tidak selalu berbentuk normal, kadang condong ke satu arah, mempunyai puncak ganda ataupun bergerigi.

Bentuk histogram yang menyerupai tebing yang curam di satu sisi dapat menunjukkan adanya sesuatu yang tidak biasa.

4.3.1.3 Pembuatan Bagan Kendali x – R

Bagan Kendali dari Data keseluruhan

Dari tabel 4.2 yang memuat hasil pengukuran kuat tekan beton ready mix (kg/cm^2). Selanjutnya ditentukan nilai bawah (X_B), nilai atas (X_A), rentang (R) dan X' dan R' pada keseluruhan data yang dikumpulkan.

Tabel 4.10 Tabel sebagian data kuat tekan untuk bagan kendali (data keseluruhan pada lampiran 3)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm^2

$f_{c'} = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen : Silinder $15 \times 30 \text{ cm}$

No Urut sampel	tanggal pembustan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			nilai batas		X'	R
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	X_B	X_A		
1	03 Maret 2003	31 Maret 2003	317	363	328	317	363	336.00	46
2	04 Maret 2003	01 April 2003	323	334	351	323	351	336.00	28
3	05 Maret 2003	02 April 2003	374	369	346	346	374	363.00	28
4	06 Maret 2003	03 April 2003	323	274	326	274	326	307.67	52
5	07 Maret 2003	04 April 2003	260	278	300	260	300	279.33	40
6	08 Maret 2003	05 April 2003	357	380	253	253	380	330.00	127
7	10 Maret 2003	07 April 2003	386	286	380	286	386	350.67	100
8	11 Maret 2003	08 April 2003	357	374	380	357	380	370.33	23
9	12 Maret 2003	09 April 2003	397	265	248	248	397	303.33	149
10	13 Maret 2003	10 April 2003	385	278	397	278	397	353.33	119
11	14 Maret 2003	11 April 2003	317	272	386	272	386	325.00	114
12	15 Maret 2003	12 April 2003	298	269	284	269	298	283.67	29
13	17 Maret 2003	14 April 2003	351	380	392	351	392	374.33	41
14	18 Maret 2003	15 April 2003	346	369	334	334	369	349.67	35
15	19 Maret 2003	16 April 2003	317	363	397	317	397	359.00	80
16	20 Maret 2003	17 April 2003	282	267	293	267	293	280.67	26
17	21 Maret 2003	18 April 2003	298	249	276	249	298	274.33	49
18	22 Maret 2003	19 April 2003	298	268	300	268	300	288.67	32

Dari keseluruhan data tersebut, didapat

- nilai rata-rata adalah 335.31 kg/cm^2
- nilai R rata-rata adalah 44.57 kg/cm^2

X' Control Chart

$$\begin{aligned} UCL_x &= X' + \\ &= A_2 \cdot R' \\ &= 335.31 + 1.023 \times 44.57 \\ &= 380.907 \quad \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

LCLx

$$\begin{aligned} LCL_x &= X' - \\ &= A_2 \cdot R' \\ &= 335.31 - 1.023 \times 44.57 \\ &= 289.72 \quad \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- sedangkan perhitungan bagi bagan kendali R adalah

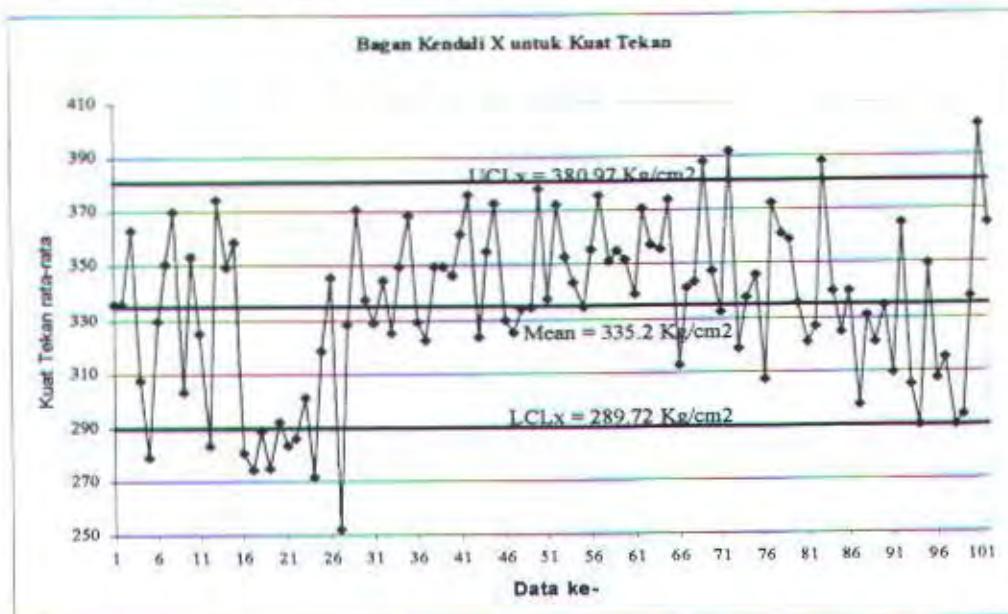
R' Control Chart

$$\begin{aligned} UCL_R &= D_4 \times R' \\ &= 2.575 \times 44.57 \\ &= 100.61 \end{aligned}$$

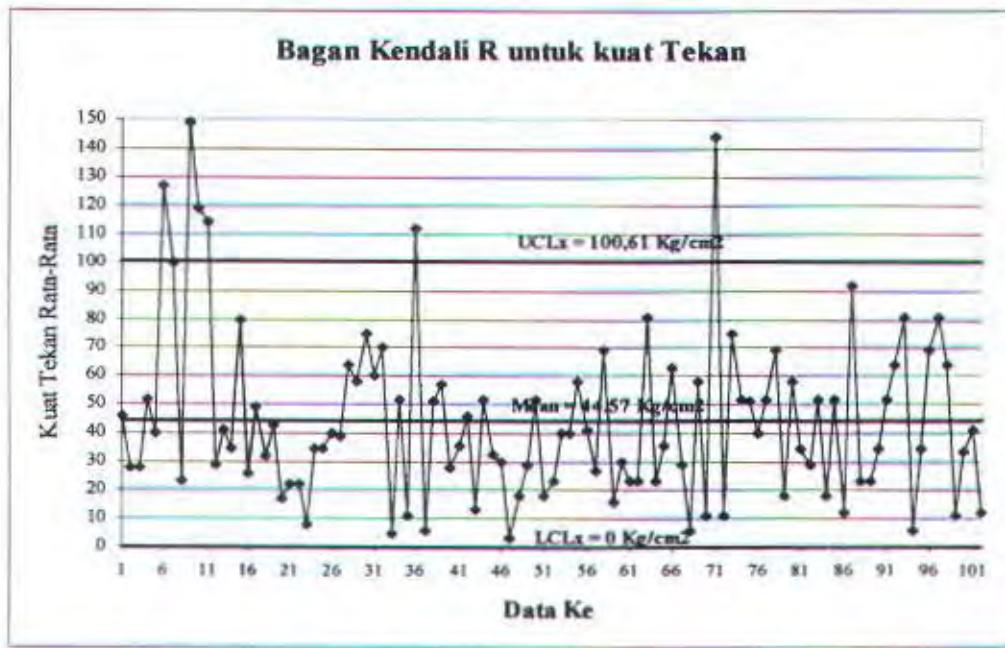
LCLx

$$\begin{aligned} LCL_R &= D_3 \times R' \\ &= 0 \times 44.57 \\ &= 0.00 \end{aligned}$$

Dari hasil di atas, dibuat bagan kendali X dan R yaitu sebagai berikut



Grafik 4.2 Bagan Kendali X dari data kuat tekan keseluruhan



Grafik 4.3 Bagan Kendali R dari data kuat tekan keseluruhan

Bagan Kendali dari Data mingguan

Disusun dari data keseluruhan, dengan dibagi sesuai dengan hari kerja hari produksinya

Tabel 4.11 Data Kuat Tekan Mingguan untuk Bagan Kendali

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm^2 $f'_c = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

Silinder $15 \times 30 \text{ cm}$

No urut Sampel	Waktu Pengambilan Sampel						nilai batas		X'	R
	senin	selasa	rabu	kamis	Jumat	Sabtu	X_B	X_A		
1	324.3	336.0	363.0	307.7	279.3	330.0	279.3	363.0	323.4	83.7
2	350.7	370.3	303.3	353.3	325.0	283.7	283.7	370.3	331.1	86.7
3	374.3	349.7	359.0	280.7	274.3	288.7	274.3	374.3	321.1	100.0
4	275.0	292.0	283.3	286.0	301.0	271.3	271.3	301.0	284.8	29.7
5	318.7	345.7	252.0	328.3	370.7	338.0	252.0	370.7	325.6	118.7
6	328.7	344.7	325.0	349.7	368.7	329.3	325.0	368.7	341.0	43.7
7	322.0	349.7	349.7	346.3	361.7	376.0	322.0	376.0	350.9	54.0
8	323.3	355.0	373.0	329.7	324.7	334.0	323.3	373.0	339.9	49.7
9	334.3	378.0	338.0	372.3	353.0	344.0	334.3	378.0	353.3	43.7
10	334.3	355.3	375.3	351.3	355.0	351.7	334.3	375.3	353.8	41.0
11	339.7	370.7	357.3	355.3	374.0	312.7	312.7	374.0	351.6	61.3
12	341.7	344.0	387.7	347.3	332.3	391.7	332.3	391.7	357.4	59.3
13	318.7	337.7	345.7	307.0	372.3	361.0	307.0	372.3	340.4	65.3
14	359.0	335.7	320.3	326.3	387.7	340.0	320.3	387.7	344.8	67.3
15	324.3	340.0	297.7	330.7	320.7	334.3	297.7	340.0	324.6	42.3
16	309.0	364.7	305.0	290.0	349.7	307.0	290.0	364.7	320.9	74.7
17	314.7	290.0	293.7	338.0	401.3	365.0	290.0	401.3	333.8	111.3
Rata-rata							335.2	66.6		

X" Control Chart

$$\begin{aligned} UCL_x &= X'' + A_2 \cdot R' \\ &= 335.2 + 0.483 \times 66.6 \\ &= 367.371 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

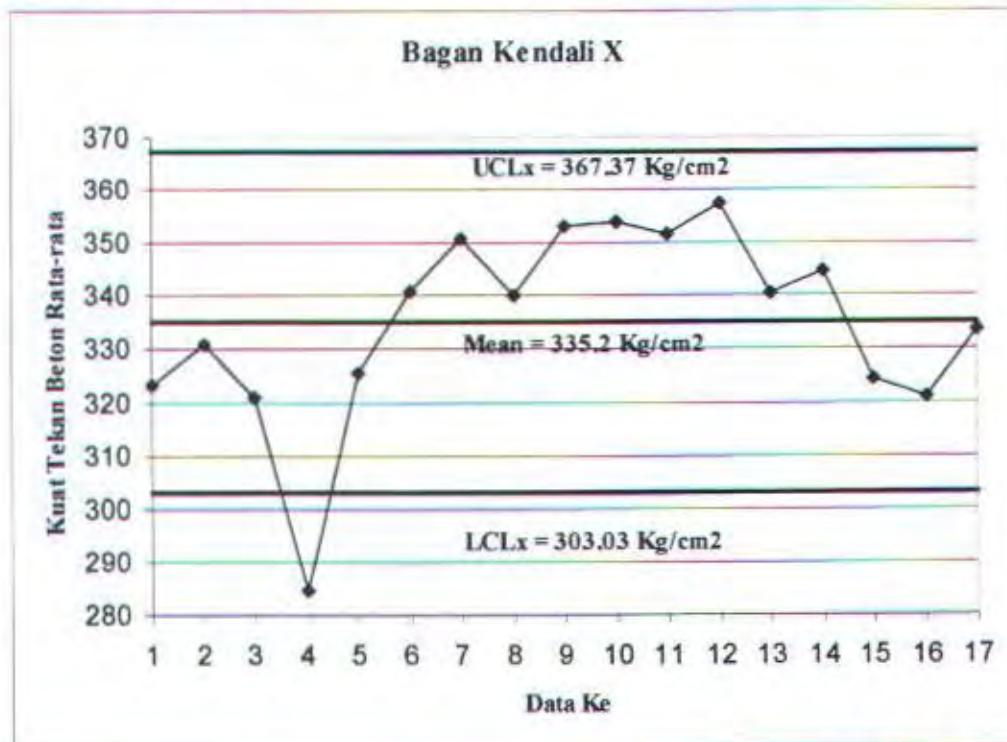
$$\begin{aligned} LCL_x &= X'' - A_2 \cdot R' \\ &= 335.2 - 0.483 \times 66.6 \\ &= 303.028 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

R' Control Chart

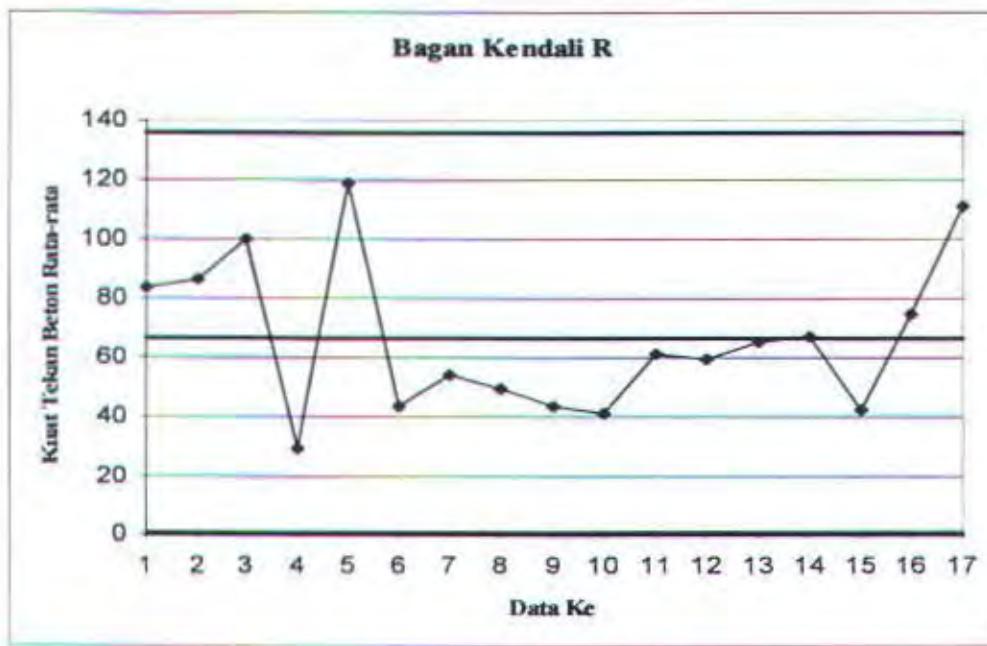
$$\begin{aligned} UCL_R &= D_4 \times R' \\ &= 2.044 \times 66.6 \\ &= 136.15 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCL_R &= R' \times D_3 \\ &= 0 \times 66.6 \\ &= 0 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya dari perhitungan di atas dibuat bagan kendali X dan R



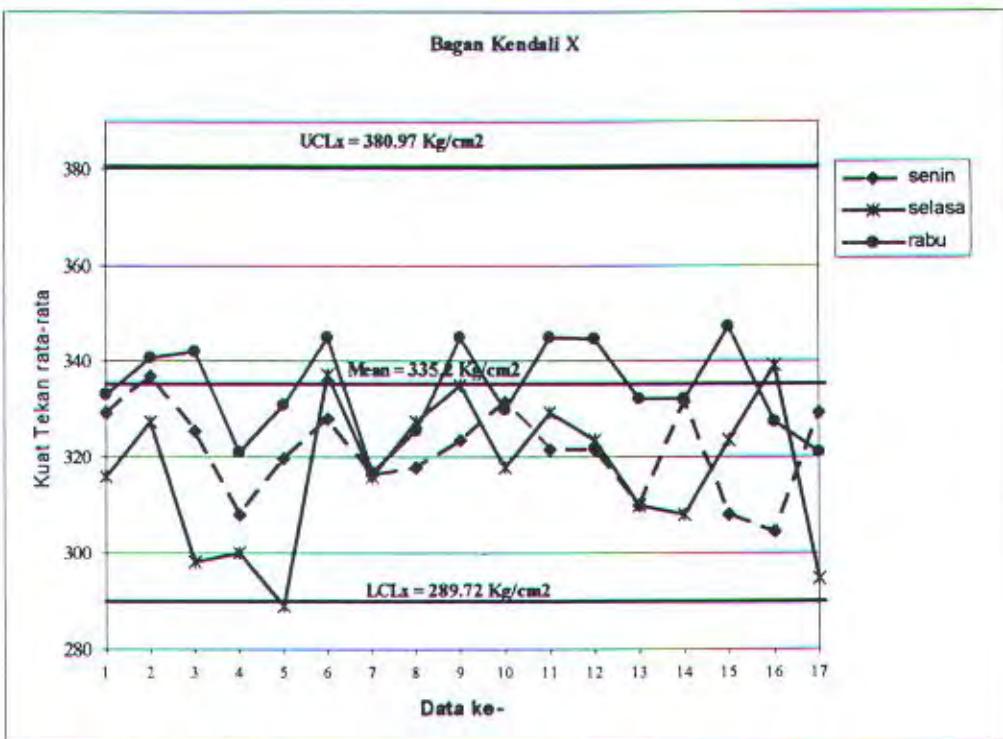
Grafik 4.4 Bagan Kendali X untuk kuat tekan berdasarkan 6 hari kerja produksi



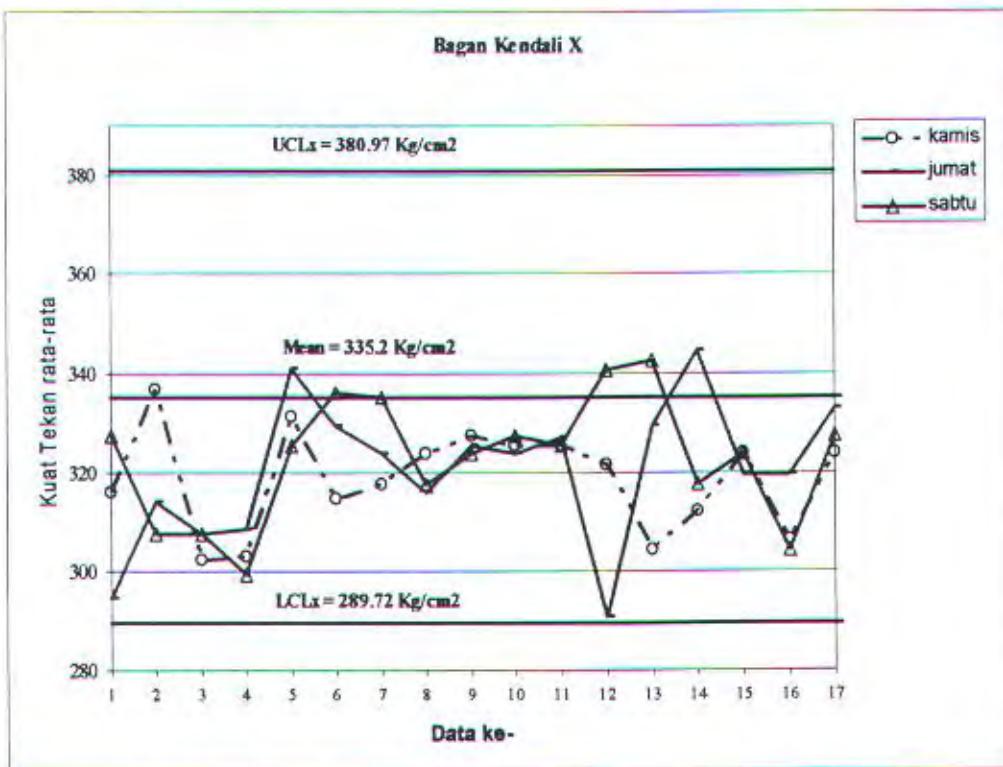
Grafik 4.5 Bagan Kendali R untuk kuat tekan Mingguan

Bagan Kendali dari Data harian

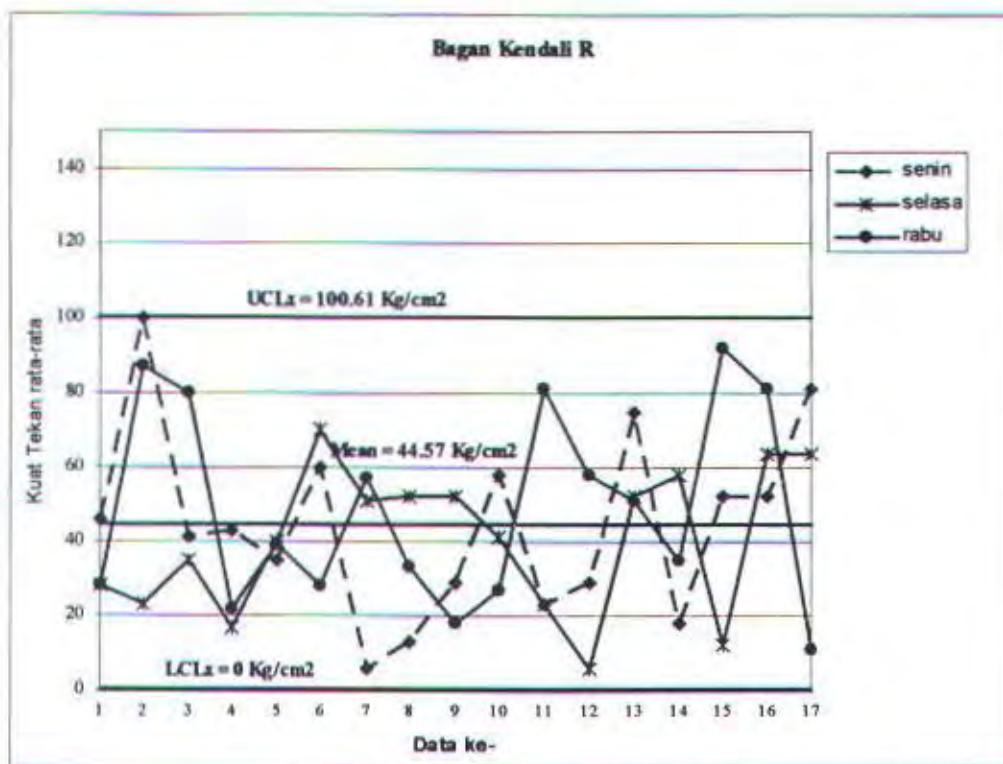
Dengan digunakan tabel yang sama, seperti pada tabel untuk data mingguan, dan juga menggunakan perhitungan garis batas kendali yang sama pula, selanjutnya dikembangkan bagan kendali X dan R, tetapi pada bagan kendali kali ini, data kuat tekan yang diplot adalah data dari masing-masing hari. Untuk mempermudah peninjauan dan pertimbangan estetika, bagan kendali yang menggunakan data kuat tekan dan slump selama enam hari kerja yaitu hari Senin sampai Sabtu, maka pembuatan bagan kendalinya dipisahkan menjadi dua bagian. Bagian pertama menggunakan data hari Senin hingga Rabu, dan yang bagan kendali yang kedua menggunakan data hari Kamis hingga Sabtu, sehingga hal ini akan mempermudah untuk melakukan perbandingan mengenai distribusi data dan pola dari masing-masing bagan kendali tersebut.



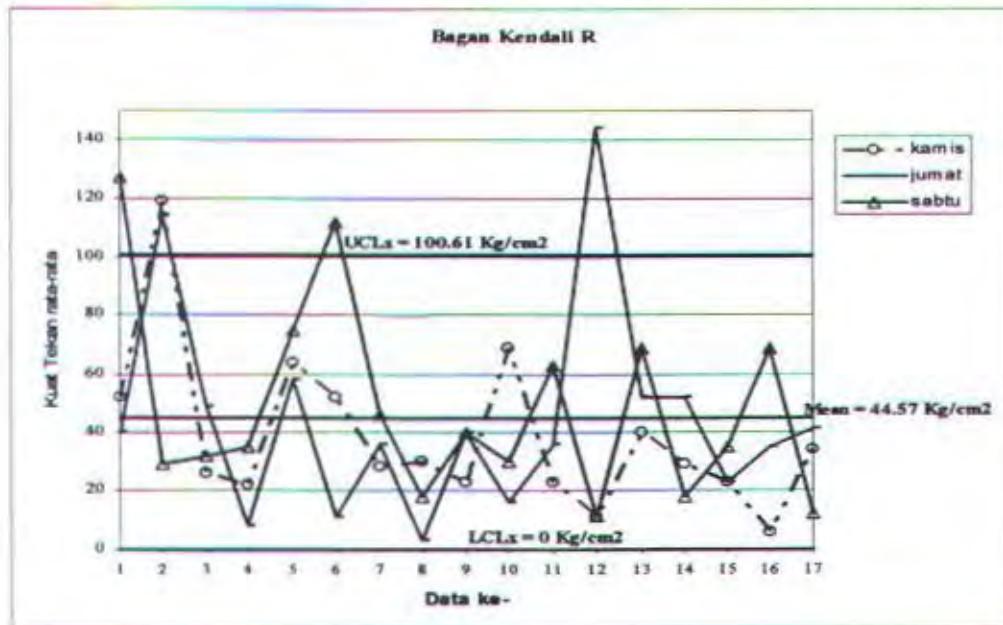
Grafik 4.6 Bagan Kendali X untuk Data Kuat Tekan Harian (senin-rabu)



Grafik 4.7 Bagan Kendali X untuk Data Kuat Tekan Harian (Kamis-Sabtu)



Grafik 4.8 Bagan Kendali R untuk Data Kuat Tekan Harian (Senin-Rabu)



Grafik 4.9 Bagan Kendali R untuk Data Kuat Tekan Harian (Kamis-Sabtu)

Sedangkan pada pembuatan bagan kendali slump yang hanya melibatkan data slump dengan ukuran $n=1$, maka penggunaan istilah untuk bagan kendali R diganti dengan

bagan kendali MR (Moving Range), yaitu merupakan selisih dari suatu data dengan data sebelumnya. Dan perhitungan garis-garis batas kendalinya adalah sebagai berikut:

X"Control Chart

UCL_x

$$\begin{aligned} &= \bar{X}'' + 3 \frac{MR'}{d_2} \\ &= 11.84 + 3 \times 0.94 / 1.128 \\ &= 14.345 \quad \text{Cm} \end{aligned}$$

LCL_x

$$\begin{aligned} &= \bar{X}'' - 3 \frac{MR'}{d_2} \\ &= 11.84 - 3 \times 0.94 / 1.128 \\ &= 9.342 \quad \text{Cm} \end{aligned}$$

Moving Range

UCL_x

$$\begin{aligned} &= D_4 \times MR' \\ &= 3.267 \times \\ &= 0.94 \\ &= 3.07 \quad \text{Cm} \end{aligned}$$

LCL_x

$$\begin{aligned} &= D_3 \times R' \\ &= 0 \times 0.94 = 0 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Sebagian data pengukuran slump

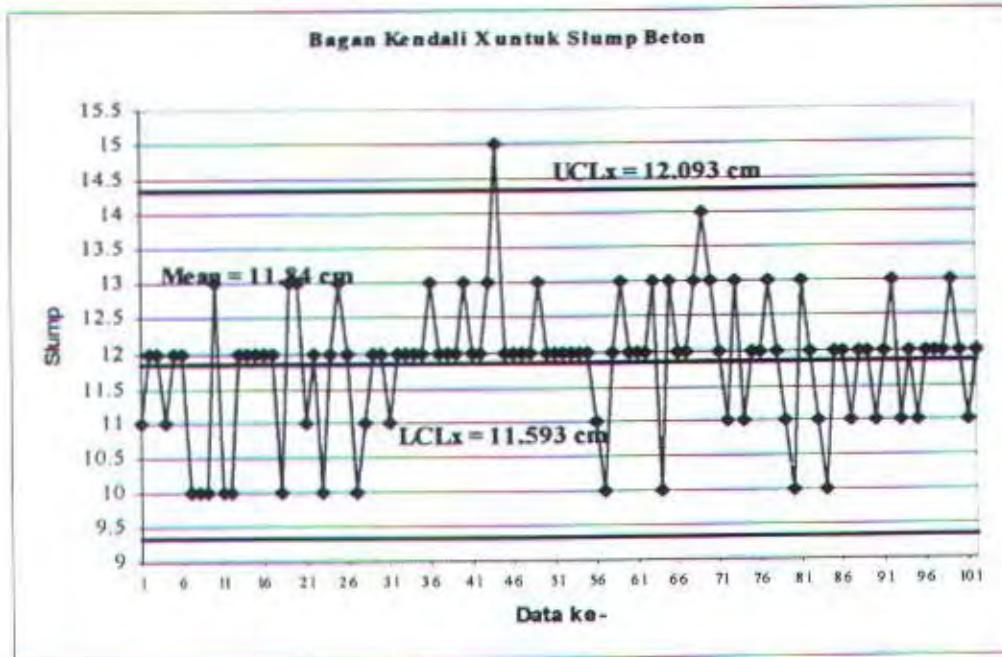
Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

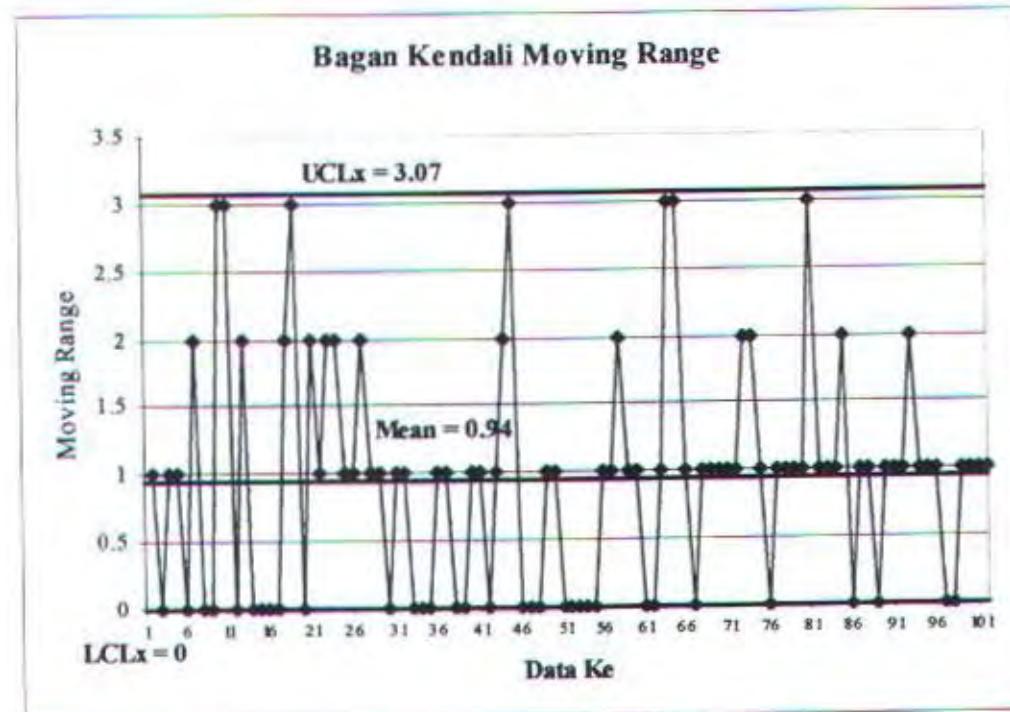
Requirement slump

: $12 \pm 2 \text{ cm}$

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Slump Hasil pengukuran (cm)	moving range
1	03 Maret 2003	31 Maret 2003	11	
2	04 Maret 2003	01 April 2003	12	1
3	05 Maret 2003	02 April 2003	12	0
4	06 Maret 2003	03 April 2003	11	1
5	07 Maret 2003	04 April 2003	12	1
6	08 Maret 2003	05 April 2003	12	0
7	10 Maret 2003	07 April 2003	10	2
8	11 Maret 2003	08 April 2003	10	0
9	12 Maret 2003	09 April 2003	10	0
10	13 Maret 2003	10 April 2003	13	3
11	14 Maret 2003	11 April 2003	10	3
12	15 Maret 2003	12 April 2003	10	0
13	17 Maret 2003	14 April 2003	12	2
14	18 Maret 2003	15 April 2003	12	0
15	19 Maret 2003	16 April 2003	12	0
16	20 Maret 2003	17 April 2003	12	0
17	21 Maret 2003	18 April 2003	12	0
18	22 Maret 2003	19 April 2003	10	2



Grafik 4.10 Bagan kendali X Slump dengan data keseluruhan



Grafik 4.11 Bagan Kendali Moving Range untuk data slump keseluruhan

Bagan kendali data Slump beton dengan data mingguan dikembangkan dengan perhitungan sebagai berikut:

X'' Control Chart

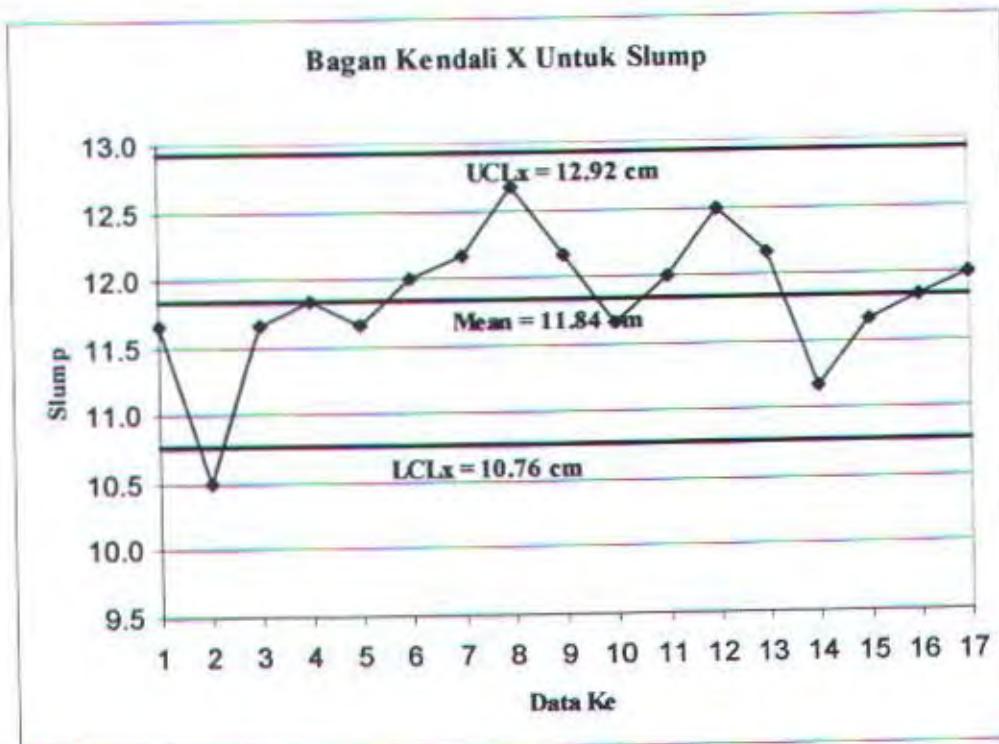
$$\begin{aligned} UCL_x &= X'' + \\ &\quad A_2 \cdot R' \\ &= 11.8 + 0.483 \times 2.2 \\ &= 12.9228 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCL_x &= X'' - \\ &\quad A_2 \cdot R' \\ &= 11.8 - 0.483 \times 2.2 \\ &= 10.7635 \text{ cm} \end{aligned}$$

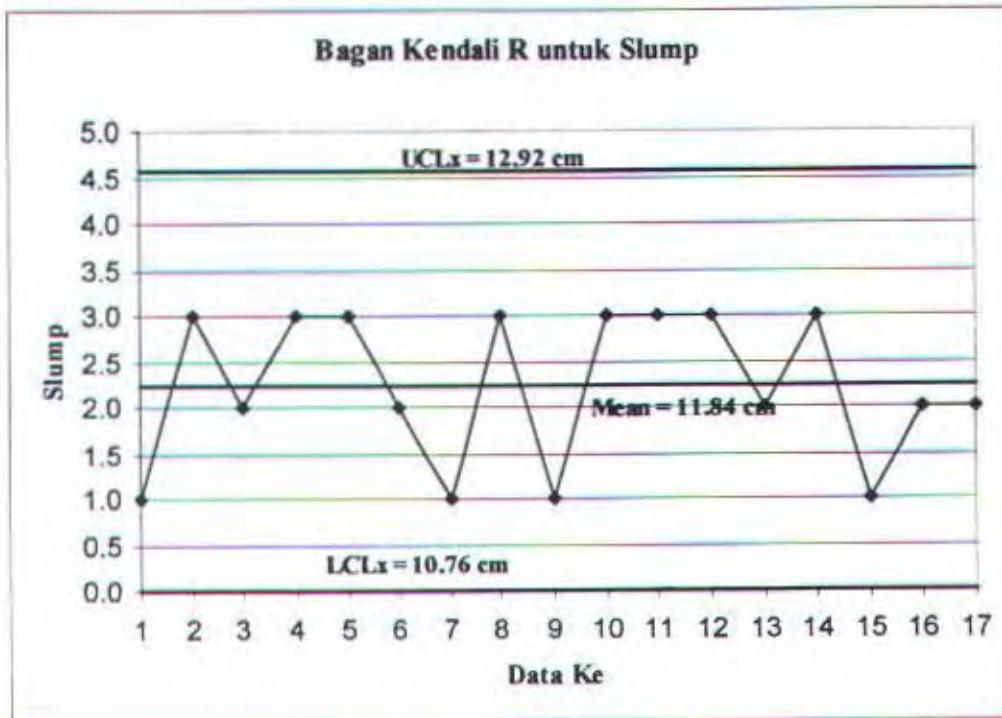
R' Control Chart

$$\begin{aligned} UCL_x &= D_4 \times R' \\ &= 2.044 \times \\ &\quad 2.2 \\ &= 4.57 \text{ Cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCL_x &= R' \times D_3 \\ &= 0 \times 2.2 \\ &= 0 \end{aligned}$$



Grafik 4.12 Bagan kendali X Slump Beton dengan data Mingguan



Grafik 4.13 Bagan Kendali R Slump Beton dengan data Mingguan

Untuk bagan kendali harian, dibuat dengan menggunakan hasil perhitungan sebagai berikut:

X"Control Chart

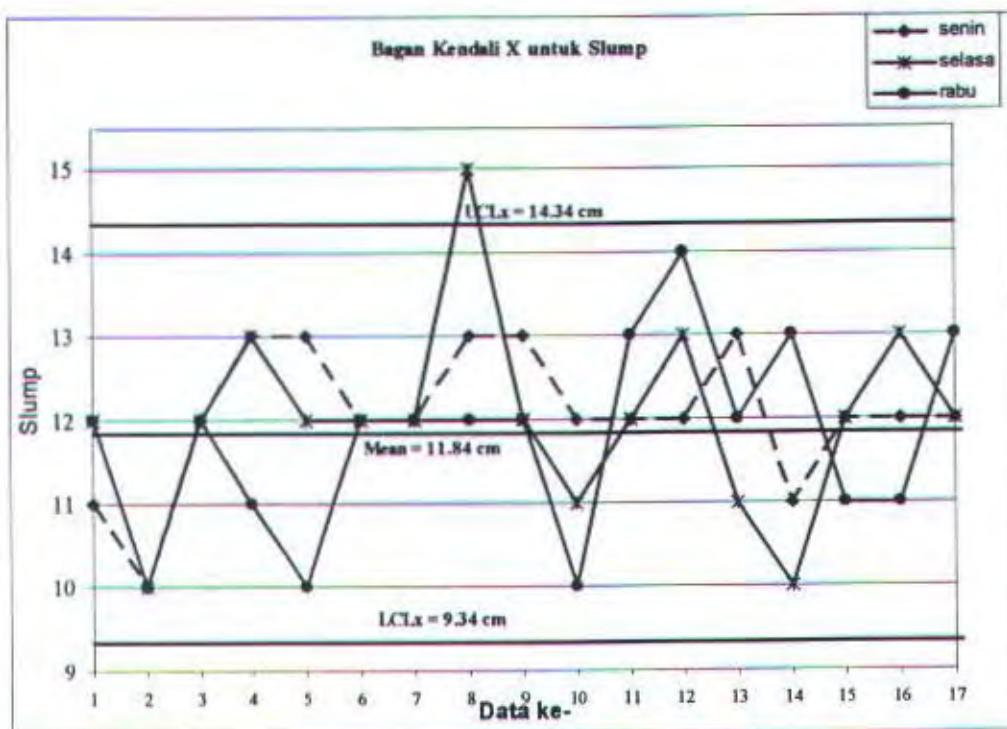
$$\begin{aligned} UCL_x &= \bar{X}'' + 3 \frac{MR'}{d_2} \\ &= 11.84 + 3 \times 0.94 / 1.128 \\ &= 14.343 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCL_x &= \bar{X}'' - 3 \frac{MR'}{d_2} \\ &= 11.84 - 3 \times 0.94 / 1.128 \\ &= 9.342 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

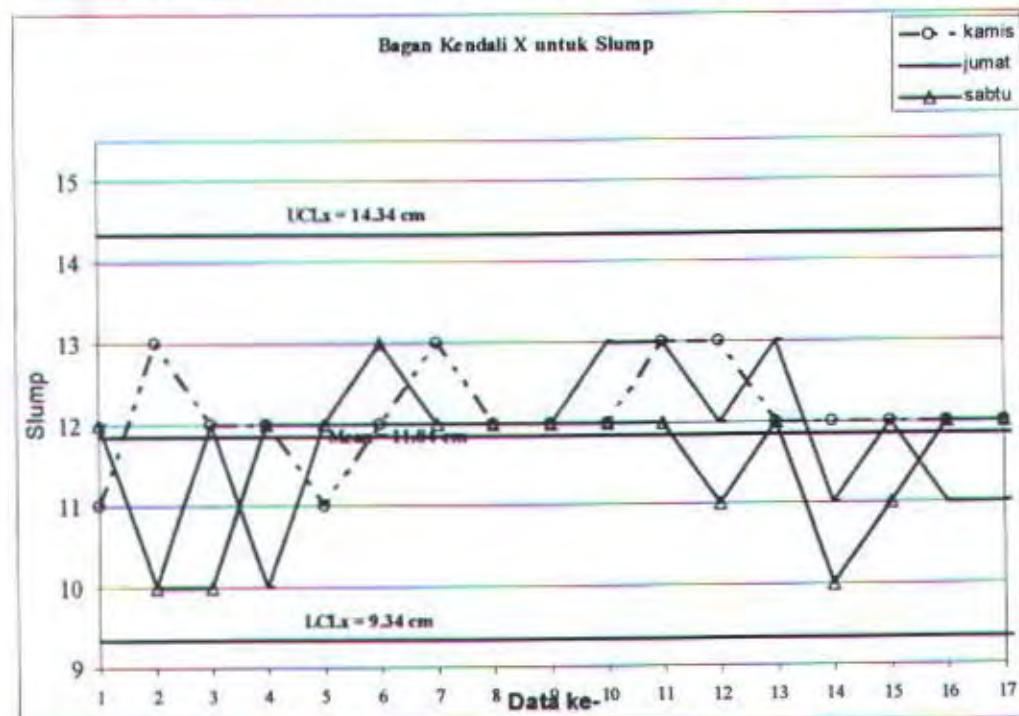
Moving Range

$$\begin{aligned} UCL_x &= D_4 \times MR' \\ &= 3.267 \times 0.94 \\ &= 3.07 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

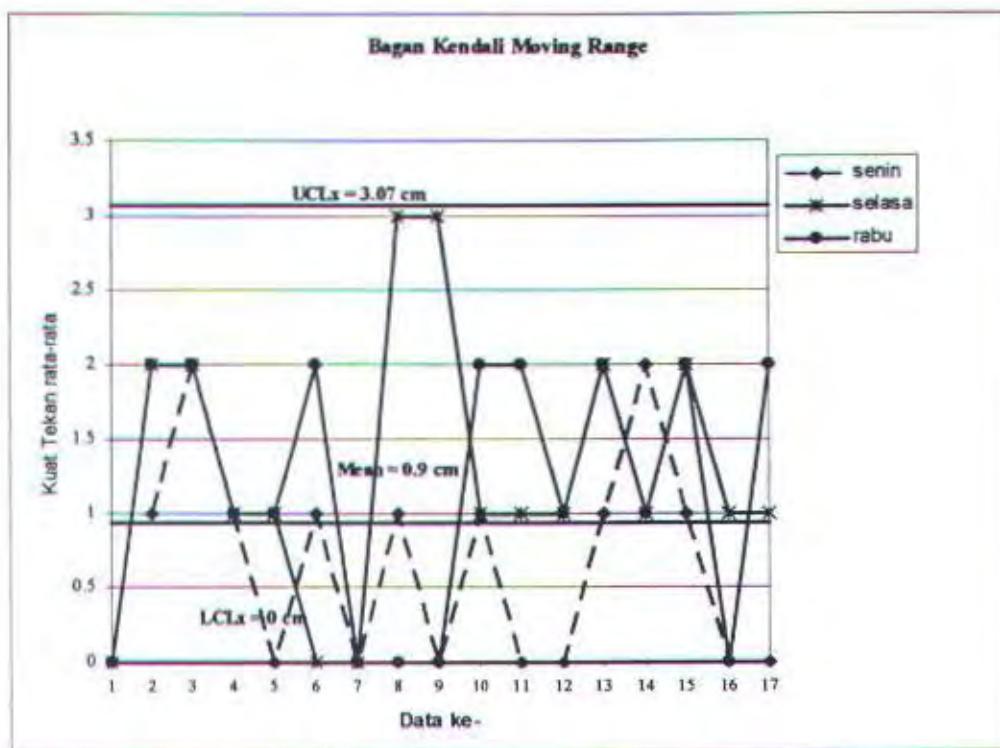
$$\begin{aligned} LCL_x &= D_3 \times R' \\ &= 0 \times 0.94 \\ &= 0.00 \quad \text{cm} \end{aligned}$$



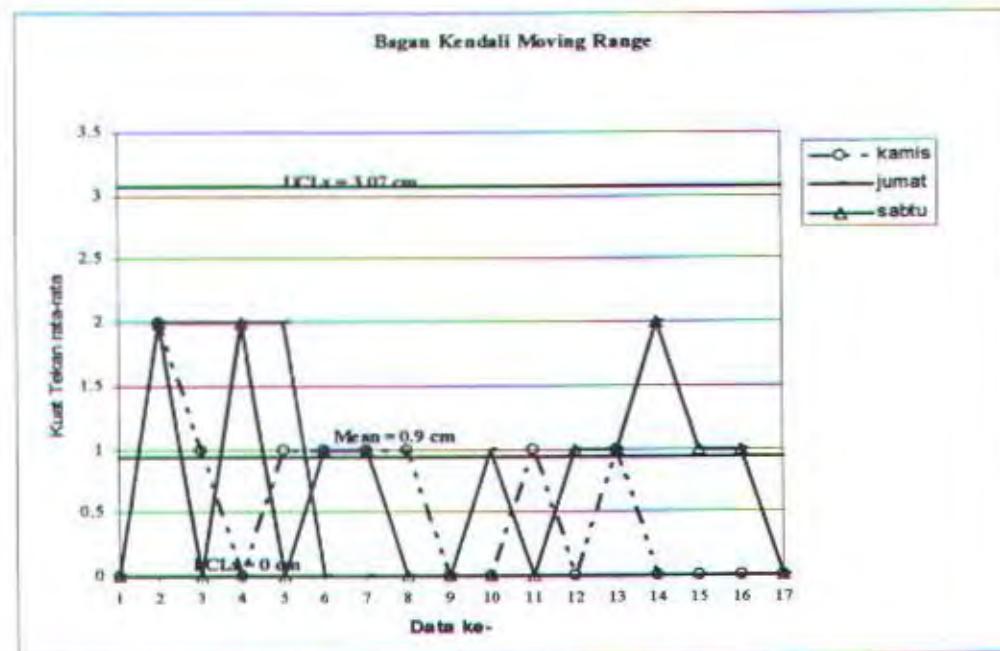
Grafik 4.14 Bagan Kendali slump Beton berdasarkan data harian produksi



Grafik 4.15 Bagan Kendali slump Beton berdasarkan data harian produksi (kamis-sabtu)



Grafik 4.16 Bagan Kendali Moving Range Data Harian



Grafik 4.17 Bagan Kendali Moving Range Data Harian (kamis-sabtu)

Setelah dilakukan pengumpulan data karakteristik mutu beton ready mix dan proses utama dalam pembuatannya dengan mengacu konsep six sigma dan menyajikan data tersebut secara statistik dengan menggunakan tabel frekuensi, bagan histogram, dan bagan kendali, maka selanjutnya dilakukan analisa.

Analisa yang dilakukan adalah mengacu konsep six sigma dengan selain memanfaatkan perangkat statistik juga konsep pengendalian prosesnya (*statistical process control*). Perhitungan statistik yang mengacu pada spesifikasi yang disyaratkan pada peraturan beton PB 1989, yaitu persyaratan:

- a. nilai rata-rata dari semua pasangan benda uji yang masing-masing terdiri dari empat hasil kuat tekan tidak kurang dari $fc' + 0.825. S$
- b. tidak satu pun dari masing-masing hasil uji tekan, mempunyai nilai di bawah $0.85 fc'$

Beton Ready Mix dan pelanggannya dengan hasil perhitungan yang sudah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.

Analisa pada tugas akhir ini adalah seperti yang dipaparkan berikut ini:

4.4. Analisa Stabilitas dan Kapabilitas Proses Mengacu Konsep Six Sigma

Pada masa mendatang pengendalian kinerja sistem produksi industri harus mencakup keseluruhan sistem industri adalah dari kedatangan material sampai penyampaian produk ke pelanggan serta disain ulang produk sesuai keinginan atau masukan pelanggan.

Menurut Gaspersz, pada dasarnya pengendalian dan peningkatan proses industri mengikuti konsep siklus hidup yang dapat diterjemahkan seperti pada tabel berikut:

Dari tabel di bawah, kita mengetahui bahwa target dari program six sigma adalah membawa proses industri untuk beroperasi pada kondisi nomer tiga, yaitu proses industri yang memiliki stabilitas dan kapabilitas, sehingga mencapai tingkat kegagalan nol.

Tabel 4.13 Tabel analisa sistem industri sepanjang siklus hidup proses produksi

Status proses			Situasi	Analisis
no	Stabilitas (Stability)	Kemampuan (Capability)		
1	Tidak	Tidak	- keadaan proses di luar pengendalian - proses akan menghasilkan produk cacat terus menerus	Sistem industri berada dalam kondisi paling buruk
2	Ya	Tidak	- keadaan proses di dalam pengendalian - proses akan menghasilkan produk cacat	Sistem industri berada dalam status antara menuju peningkatan kualitas global
3	Ya	Ya	- Keadaan proses berada dalam pengendalian - Proses tidak menghasilkan produk cacat (zero defect)	Sistem industri dalam kondisi paling baik, merupakan target six sigma
4	Tidak	Ya	Proses berada di luar kendali dan menimbulkan masalah kualitas	Sistem industri tidak dapat diperkirakan dan tidak diinginkan oleh manajemen

Dalam menentukan apakah suatu proses berada dalam kondisi stabil dan mampu, maka kita membutuhkan alat-alat statistika untuk pengembangan sistem industri menuju kondisi stabil dan mampu. Pemahaman tentang proses industri yang diperlukan adalah memahami bagaimana suatu proses bervariasi dari waktu ke waktu dalam menghasilkan produk, sehingga dapat diambil tindakan yang tepat untuk meningkatkan kinerja dari proses industri itu menuju tingkat kegagalan nol menggunakan bantuan alat-alat statistik.

4.4.1. Analisis Kapabilitas DPMO dan Sigma Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Pelanggan

Analisa kapabilitas DPMO dan Sigma kuat tekan beton dari sisi pelanggan hanya memiliki satu batas spesifikasi, pelanggan hanya menetapkan batas spesifikasi bawah (LSL), yaitu kuat tekan beton dari produk beton ready mix tidak boleh lebih kecil dari 249,75 kg/cm².

Pengukuran baseline kinerja pada tingkat output dilakukan secara langsung pada produk akhir (barang dan/ atau jasa) yang akan diserahkan kepada pelanggan. Hasil pengukuran pada tingkat output beton ready mix berupa data variabel, kemudian ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*defects per million opportunities*) dan kapabilitas Sigma (Nilai Sigma)

Dari sisi pelanggan pengukuran baseline kinerja variabel karakteristik kualitas kuat tekan beton ready mix hanya memiliki satu batas spesifikasi, tanpa nilai target yang spesifik pada titik nilai tertentu. Pelanggan menginginkan agar produk beton ready mix yang dihasilkan memiliki kuat tekan beton tidak kurang dari $(f_c' + 0.825 S) = 249,75 \text{ kg/cm}^2$: LSL = batas spesifikasi bawah = $249,75 \text{ kg/cm}^2$, USL = batas spesifikasi atas tidak ada, artinya tidak ada nilai batas atas penolakan produk, karena semua nilai kuat tekan beton diatas $249,75 \text{ kg/cm}^2$ akan diterima.

Data pengukuran kuat tekan beton ditunjukkan dalam tabel 4.14

Tabel 4.14 Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan pada Beton Ready Mix

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Pengukuran pada unit n=3			Perhitungan			
			Kuat Tekan Hasil pengukuran			Jumlah	Rata-rata X-bar	Range R	Standar deviasi S = R / d2
			Sample 1	Sample 2	Sample 3				
1	30-Nov-02	02-Jan-03	305	317	265	887	295.67	52	30.71
2	21-Dec-02	18-Jan-03	253	282	299	834	278.00	46	27.17
3	02-Jan-03	30-Jan-03	265	276	282	823	274.33	17	10.04
4	10-Jan-03	07-Feb-03	265	271	276	812	270.67	11	6.50
5	16-Jan-03	13-Feb-03	276	288	294	858	286.00	18	10.63
6	22-Jan-03	19-Feb-03	294	299	299	892	297.33	5	2.95
7	27-Jan-03	24-Feb-03	271	265	271	807	269.00	6	3.54
8	06-Feb-03	06-Mar-03	271	265	276	812	270.67	11	6.50
9	10-Feb-03	10-Mar-03	271	276	276	823	274.33	5	2.95
10	14-Feb-03	14-Mar-03	269	265	275	809	269.67	10	5.91
11	15-Feb-03	15-Mar-03	280	275	265	820	273.33	15	8.86
12	19-Feb-03	19-Mar-03	357	380	397	1134	378.00	40	23.63
13	20-Feb-03	20-Mar-03	250	287	260	797	265.67	37	21.85
14	22-Feb-03	22-Mar-03	284	268	260	812	270.67	24	14.18
15	25-Feb-03	25-Mar-03	374	363	380	1117	372.33	17	10.04

(data keseluruhan pada lampiran 4)

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan:

- Rata-rata (mean) proses = $X_{\bar{\bar{X}}} = 339,619$
- Standar Deviasi Proses = $S = \frac{R_{\bar{X}}}{d_2}$

$$R_{\bar{X}} = 42,826$$

d_2 = koefisien untuk pendugaan standar deviasi tergantung pada ukuran contoh untuk $n = 3 \rightarrow d_2 = 1,693$ (lihat lampiran 9)

$$S = \frac{42,826}{1,693} = 25,296$$

Hasil-hasil perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi dalam tabel 4.14 dimasukkan ke dalam tabel 4.15 untuk menentukan DPMO dan kapabilitas Sigma

Tabel 4.15 Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan Satu Batas Spesifikasi (LSL)

Contoh	X-bar	S	DPMO	Sigma
1	295.67	30.71	67464.96	2.994941
2	278.00	27.17	149234.35	2.539723
3	274.33	10.04	7178.38	3.948211
4	270.67	6.50	642.60	4.719265
5	286.00	10.63	325.39	4.909514
6	297.33	2.95	0.00	0
7	269.00	3.54	0.03	6.931708
8	270.67	6.50	642.60	4.719265
9	274.33	2.95	0.00	0
10	269.67	5.91	373.27	4.871892
11	273.33	8.86	3886.52	4.161772
12	378.00	23.63	0.03	6.928181
13	265.67	21.85	233216.50	2.228295
14	270.67	14.18	70039.55	2.975497
15	372.33	10.04	0.00	0

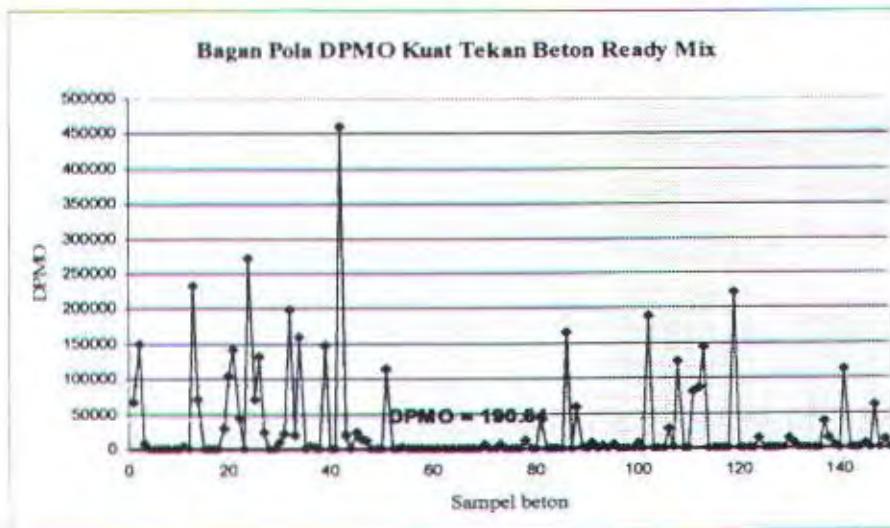
(data keseluruhan pada lampiran 5)

Tabel 4.16 Cara Memperkirakan Kapabilitas Sigma dan DPMO untuk data variabel (CTQ = kuat tekan beton, satuan pengukuran kg/cm²)

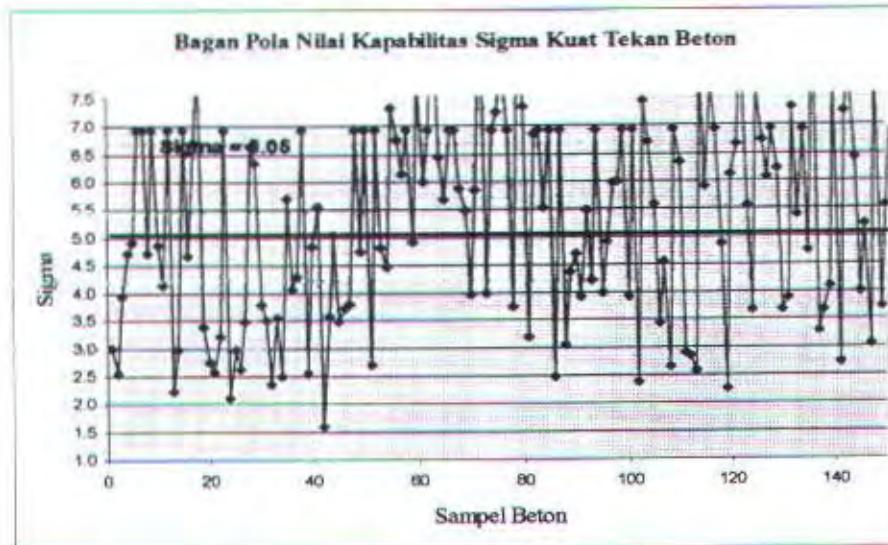
Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
Upper Specification Limit	USL	Tidak ada
Lower Specification Limit	LSL	249.75
Nilai spesifikasi Target	T	274.2
Nilai rata-rata (mean) proses	X - bar	339.619
Nilai Standar deviasi	S	25.296
Kemungkinan cacat yg berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P \{ z \geq (USL - X\text{-bar}) / S \} \times 1.000.000$	tidak ada (nol)
Kemungkinan cacat yg berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P \{ z \leq (LSL - X\text{-bar}) / S \} \times 1.000.000$	190.643
Kemungkinan cacat per satu juta kesempatan yang dihasilkan proses di atas		190.643
Konversi DPMO ke nilai sigma		5.053
Kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai sigma		5.053

Keterangan:

- $P\{z \leq (LSL - X_{\bar{}})/S\} \times 1000000 =$
 $P\{z \leq (249.75 - 339.619)/25.296\} \times 1000000 =$
 $P\{z \leq -3.55\} \times 1000000 = 190.643$
- Nilai-nilai peluang kegagalan untuk distribusi normal baku, Z, diperoleh dari tabel Distribusi Normal Kumulatif (*lihat lampiran 10*)
- Dari Tabel Lampiran 12, dari angka DPMO 190.643 didapat nilai Sigma 5.053.



Grafik 4.18 Bagan Pola DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix



Grafik 4.19 Bagan Pola Nilai Kapabilitas Sigma Kuat Tekan Beton

4.4.2. Analisis Kapabilitas DPMO dan Sigma Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Perusahaan

Analisis Kapabilitas DPMO dan Sigma Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Perusahaan memiliki dua batas spesifikasi (USL dan LSL). Perusahaan memberikan tambahan batas spesifikasi atas agar perusahaan dalam memproduksi beton ready mix tidak menghasilkan kuat tekan beton yang terlalu tinggi , di mana kuat tekan beton yang terlalu tinggi melampaui permintaan kuat tekan beton pelanggan nantinya akan merugikan perusahaan. Pengukuran baseline kinerja variabel karakteristik kualitas kuat tekan beton ready mix dengan dua batas spesifikasi. Pelanggan menginginkan agar produk beton ready mix yang dihasilkan memiliki kuat tekan beton tidak kurang dari $(fc' + 0.825 S) = 249,75 \text{ kg/cm}^2$ dari sisi perusahaan memberikan tambahan yaitu menginginkan produk beton memiliki kuat tekan beton tidak lebih dari $(T + 1.64 S) = 323.4 \text{ kg/cm}^2$, $T = fc' + 1.64 S = 274.2 \text{ kg/cm}^2$. LSL = batas spesifikasi bawah = $249,75 \text{ kg/cm}^2$, USL = batas spesifikasi atas = 323.4 kg/cm^2

Data pengukuran kuat tekan beton ditunjukkan dalam tabel 4.14

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan:

- Rata-rata (mean) proses = $X_{\bar{x}} = 339,619$

- Standar Deviasi Proses = $S = \frac{R_{\bar{x}}}{d_2}$

$$R_{\bar{x}} = 42,826$$

d_2 = koefisien untuk pendugaan standar deviasi tergantung pada ukuran contoh untuk $n = 3 \rightarrow d_2 = 1,693$ (lihat lampiran 9)

$$S = \frac{42,826}{1,693} = 25,296$$

Hasil-hasil perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi dalam tabel 4.14 dimasukkan ke dalam tabel 4.17 untuk menentukan DPMO dan kapabilitas Sigma

Tabel 4.17 Kapabilitas Sigma dan DPMO dari Proses Beton Ready Mix Dari Sisi Perusahaan (Dua Batas Spesifikasi)

Contoh	X-bar	S	DPMO	Sigma
1	295.67	30.71	250745.60	2.1721453
2	278.00	27.17	196603.34	2.3538165
3	274.33	10.04	7178.90	3.948185
4	270.67	6.50	642.60	4.7192652
5	286.00	10.63	543.06	4.7672107
6	297.33	2.95	0.00	6.98828
7	269.00	3.54	0.03	6.9317083
8	270.67	6.50	642.60	4.7192652
9	274.33	2.95	0.00	6.98828
10	269.67	5.91	373.27	4.8718917
11	273.33	8.86	3886.53	4.1617715
12	378.00	23.63	989582.08	-0.810946
13	265.67	21.85	237341.17	2.2148814
14	270.67	14.18	70139.20	2.9747551
15	372.33	10.04	999999.45	-3.3731843

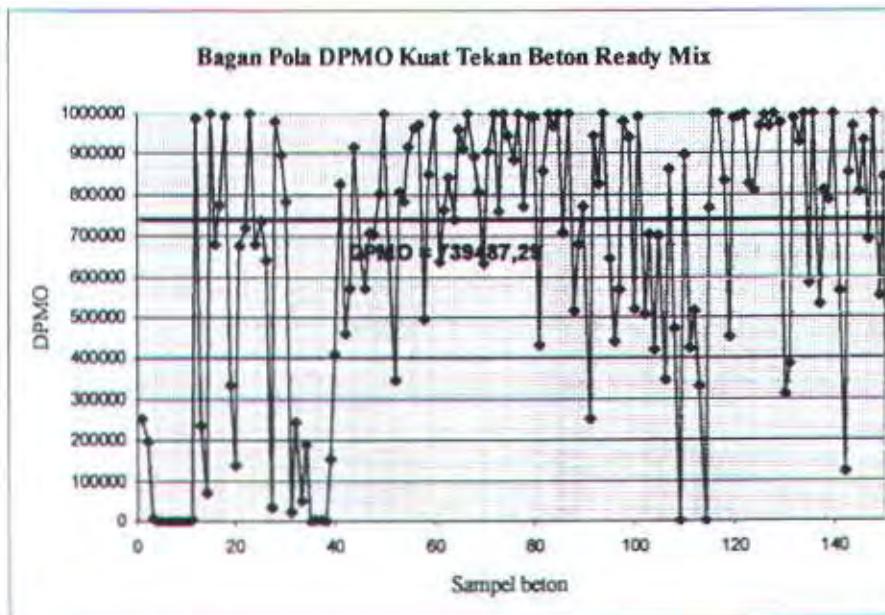
(data keseluruhan pada lampiran 6)

Tabel 4.18 Cara Memperkirakan Kapabilitas Sigma dan DPMO untuk data variabel (CTQ = kuat tekan beton, satuan pengukuran kg/cm²)

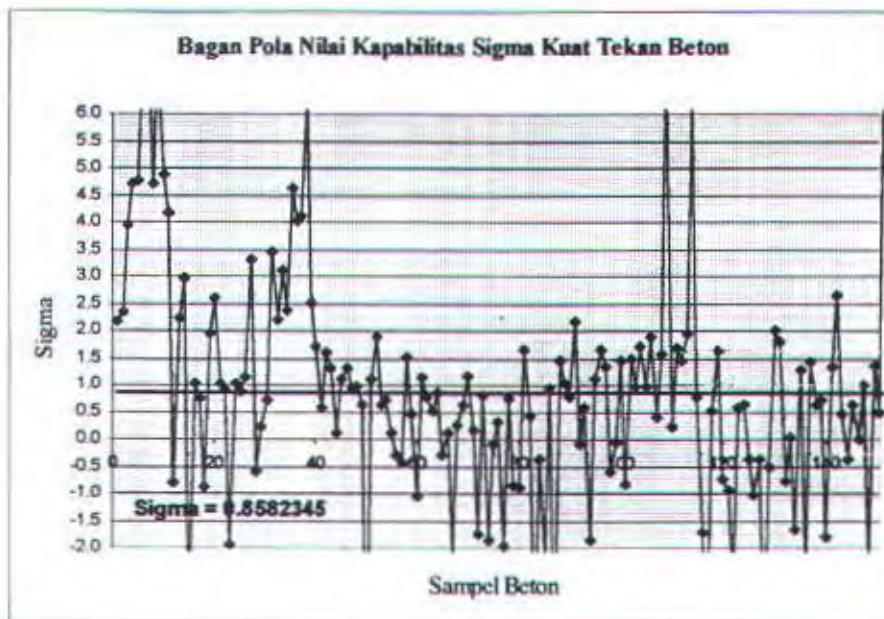
Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
Upper Specification Limit	USL	323.4
Lower Specification Limit	LSL	249.75
Nilai spesifikasi Target	T	274.2
Nilai rata-rata (mean) proses	X - bar	339.619
Nilai Standar deviasi	S	25.296
Kemungkinan cacat yg berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P \{ z \geq (USL - X\text{-bar}) / S \} \times 1,000,000$	739296.642
Kemungkinan cacat yg berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P \{ z \leq (LSL - X\text{-bar}) / S \} \times 1,000,000$	190.643
Kemungkinan cacat per satu juta kesempatan yang dihasilkan proses di atas		739487.285
Konversi DPMO ke nilai sigma		0.858
Kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai sigma		0.858

Keterangan:

- $P\{z \geq (USL - \bar{X})/S\} \times 1000000 =$
 $P\{z \geq (323.4 - 339.619)/25.296\} \times 1000000 =$
 $P\{z \geq -0.641\} \times 1000000 = 739296.642$
- $P\{z \leq (LSL - \bar{X})/S\} \times 1000000 =$
 $P\{z \leq (249.75 - 339.619)/25.296\} \times 1000000 =$
 $P\{z \leq -3.55\} \times 1000000 = 190.643$
- Nilai-nilai peluang kegagalan untuk distribusi normal baku, Z, diperoleh dari tabel Distribusi Normal Kumulatif (*lihat lampiran 10*)
- Dari Tabel Lampiran 12, dari angka DPMO ($739296.642 + 190.643$) = 739487.285 didapat nilai Sigma 0.858.



Grafik 4.20 Bagan Pola DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix Dua Batas Spesifikasi



Grafik 4.21 Bagan Pola Nilai Kapabilitas Sigma Kuat Tekan Beton Dua Batas Spesifikasi

4.4.3. Analisis Kapabilitas DPMO dan Sigma Slump Beton

Dari sisi pelanggan pengukuran baseline kinerja variabel karakteristik kualitas slump beton ready mix memiliki dua batas spesifikasi. Berdasarkan permintaan pelanggan, diketahui bahwa pelanggan menginginkan beton ready mix dengan slump 12 ± 2 cm, maka dinyatakan bahwa nilai target (T) = 12cm, USL = 14 cm, dan LSL = 10cm. Data pengukuran slump beton ditunjukkan dalam tabel 4.19

Tabel 4.19 Data Hasil Pengukuran Slump pada Beton Ready Mix

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Slump cm	Range Bergerak MR	Standar Deviasi S = MR / d2
1	30-Nov-02	02-Jan-03	12	-	+
2	21-Dec-02	18-Jan-03	13	1	0.88652
3	02-Jan-03	30-Jan-03	12	1	0.88652
4	10-Jan-03	07-Feb-03	10	2	1.77305
5	16-Jan-03	13-Feb-03	12	2	1.77305
6	22-Jan-03	19-Feb-03	12	0	0.00000
7	27-Jan-03	24-Feb-03	12	0	0.00000
8	06-Feb-03	06-Mar-03	10	2	1.77305
9	10-Feb-03	10-Mar-03	15	5	4.43262
10	14-Feb-03	14-Mar-03	13	2	1.77305
11	15-Feb-03	15-Mar-03	15	2	1.77305
12	19-Feb-03	19-Mar-03	13	2	1.77305
13	20-Feb-03	20-Mar-03	12	1	0.88652
14	22-Feb-03	22-Mar-03	12	0	0.00000
15	25-Feb-03	25-Mar-03	10	2	1.77305

(data keseluruhan pada lampiran 7)

Catatan: MR = nilai absolut selisih pengukuran sesudah dan pengukuran sebelum, misal: MR untuk contoh ke-2 adalah: Absolut ($X_2 - X_1$) = Absolut (13-12) = 1. Nilai MR selalu positif

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan (overall process)

Rata-Rata (mean) Proses = \bar{X} = 12.063

Standar Deviasi Proses = $S = \frac{MR}{d_2} = 0.908$

Nilai d_2 yang dipergunakan adalah untuk ukuran contoh $n = 2$, yaitu: 1.128
(lihat lampiran 9)

Hasil-hasil pengukuran individual (x) dan Standar Deviasi dalam tabel 4.19 dimasukkan ke dalam tabel 4.20 untuk ditentukan DPMO dan Kapabilitas Sigma (Nilai Sigma)

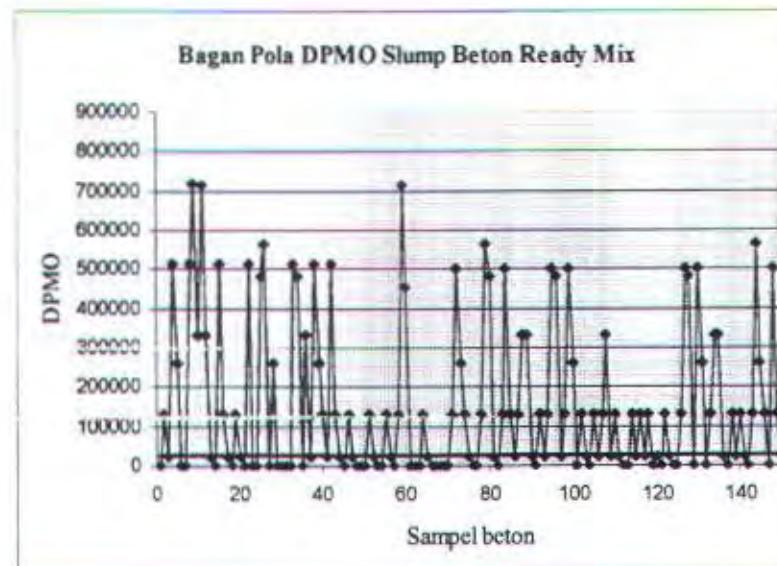
Tabel 4.20 Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix

Contoh	X	S	DPMO	Sigma
1	12	-	-	-
2	13	0.88652	130017.15	2.626
3	12	0.88652	24070.63	3.476
4	10	1.77305	512035.32	1.470
5	12	1.77305	259319.92	2.145
6	12	-	-	-
7	12	-	-	-
8	10	1.77305	512035.32	1.470
9	15	4.43262	718903.69	0.920
10	13	1.77305	331700.05	1.935
11	15	1.77305	716024.12	0.929
12	13	1.77305	331700.05	1.935
13	12	0.88652	24070.63	3.476
14	12	-	-	-
15	10	1.77305	512035.32	1.470

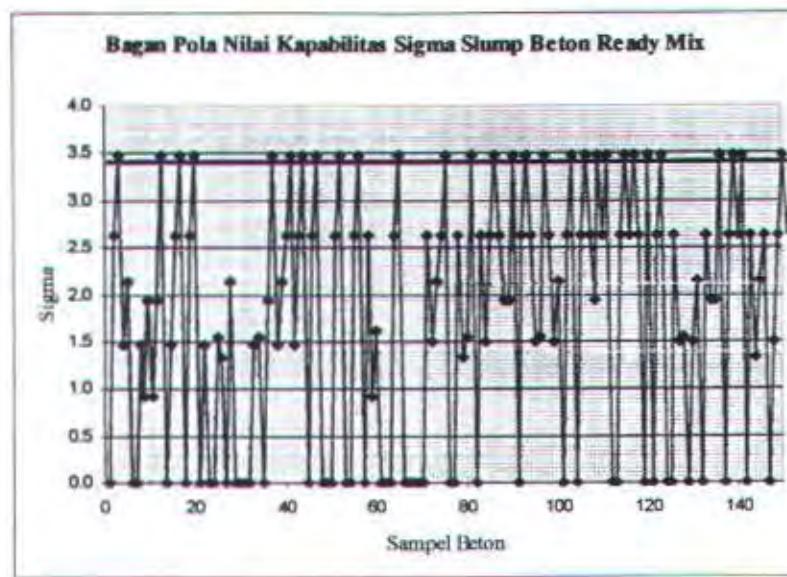
(data keseluruhan pada lampiran 8)

Tabel 4.21 Cara Memperkirakan Kapabilitas Sigma dan DPMO untuk data variabel (CTQ = slump beton, satuan pengukuran cm)

Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
Upper Specification Limit	USL	14
Lower Specification Limit	LSL	10
Nilai spesifikasi Target	T	12
Nilai rata-rata (mean) proses	X - bar	12.063
Nilai Standar deviasi	S	0.908
Kemungkinan cacat yg berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P \{ z \geq (USL - X\text{-bar}) / S \} \times 1.000.000$	16419.178
Kemungkinan cacat yg berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P \{ z \leq (LSL - X\text{-bar}) / S \} \times 1.000.000$	11500.415
Kemungkinan cacat per satu juta kesempatan yang dihasilkan proses di atas		27919.594
Konversi DPMO ke nilai sigma		3.412
Kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai sigma		3.412



Grafik 4.22 Bagan Pola DPMO Slump Beton Ready Mix Dua Batas Spesifikasi



Grafik 4.23 Bagan Pola Nilai Kapabilitas Sigma Slump Beton Dua Batas Spesifikasi

4.5. Analisis kapabilitas proses

Kapabilitas proses adalah kemampuan dari proses dalam menghasilkan suatu produk beton ready mix untuk memenuhi spesifikasi. Jika proses memiliki kapabilitas yang baik, proses itu akan menghasilkan produk yang berada dalam batas-batas spesifikasi. Sebaliknya jika proses tersebut memiliki kapabilitas yang buruk, proses tersebut akan menghasilkan banyak produk yang berada di luar batas-batas spesifikasi, sehingga menimbulkan kerugian karena banyak produk yang akan ditolak atau mempunyai variasi yang besar. Kapabilitas proses mengacu pada keseragaman proses. Secara nyata, variabilitas merupakan ukuran keseragaman dari suatu produk.

4.5.1. Analisis Kapabilitas Proses Kuat Tekan Beton Ready Mix Ditinjau dari sisi Pelanggan

*Analisa Kapabilitas Proses yang Memiliki Satu Batas Spesifikasi (USL atau LSL)
Kuat Tekan (f_c)*

Analisa kapabilitas proses yang hanya memiliki satu batas spesifikasi akan dibahas menggunakan data kuat tekan (f_c) dari produk beton ready mix. Pelanggan hanya menetapkan batas spesifikasi bawah (LSL), yaitu kuat tekan dari produk beton ready mix tidak boleh lebih kecil dari 249,75 kg/cm².

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa:

- DPMO = 190,643
- Kapabilitas Sigma = 5,053 Sigma.

Apakah proses produksi dari beton ready mix ini berada dalam stabilitas (*stability*) menghasilkan kuat tekan beton ready mix pada tingkat 5,053 Sigma.

Untuk mengetahui hal ini, maka dibangun peta kontrol melalui mendefinisikan batas-batas pengendalian (*control limits*) – dalam kasus ini batas kontrol bawah (LCL) menggunakan konsep Six Sigma Motorola sebagai berikut:

$LCL = \text{lower control limit} = \text{batas kontrol bawah} = T - (1,5 \times \text{standar deviasi maksimum})$

Catatan: karena nilai target (T) tidak ditentukan oleh pelanggan, maka diganti dengan nilai rata-rata proses ($X_{\bar{}}^{}$), asal nilai rata-rata proses itu berada diatas nilai batas spesifikasi bawah ($X_{\bar{}}^{} > LSL$). Bila ditemukan $X_{\bar{}}^{}$ berada di bawah nilai LSL yang ditetapkan, maka proses harus dihentikan dan diperbaiki, karena akan menimbulkan kecacatan atau kegagalan yang sangat besar.

$LCL = X_{\bar{}}^{} - (1,5 \times \text{standar deviasi maksimum})$

Catatan: dalam kasus hanya memiliki satu batas spesifikasi bawah (LSL). Maka nilai batas kontrol bawah (LCL) harus lebih besar daripada nilai batas spesifikasi bawah ($LCL > LSL$)

Smax untuk *satu batas spesifikasi*:

$S_{\text{max}} = \{1 / (\text{nilai kapabilitas Sigma})\} \times (X_{\bar{}}^{} - LSL)$

(lihat lampiran 15)

Nilai batas toleransi S max pada tingkat 5,053-Sigma

$$S_{\text{max}} = \left(\frac{1}{5,053} \right) \times (X_{\bar{}}^{} - LSL) = 0,197902 \times (X_{\bar{}}^{} - LSL)$$

$$= 0,197902 \times (339,619 - 249,75)$$

$$= 0,197902 \times 89,869$$

$$= 17,785$$

$$LCL = X_{\bar{}}^{} - 1,5 S_{\text{max}}$$

$$= 339,619 - 1,5 (17,785) = 339,619 - 26,678$$

$$= 312,941$$



Apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum, S_{max} , pada tingkat kapabilitas 5,053 Sigma, maka perlu dilakukan pengujian hipotesis.

$$H_0 : \sigma^2 \geq (S_{\text{maks}})^2 \text{ atau } H_0 : \sigma^2 \geq (17,785)^2 = 316,306$$

$$H_1 : \sigma^2 < (S_{\text{maks}})^2 \text{ atau } H_1 : \sigma^2 < (17,785)^2 = 316,306$$

Kriteria pengujian:

Jika:

$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{\text{maks}})^2} \right) \leq \chi^2(\alpha; n-1) \text{ maka terima } H_0$$

$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{\text{maks}})^2} \right) > \chi^2(\alpha; n-1) \text{ maka tolak } H_0$$

n = ukuran contoh yang dipergunakan = 253

$$\chi^2(\alpha; n-1); (\text{lihat dalam lampiran 11})$$

Hasil perhitungan:

$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{\text{maks}})^2} \right) = \left(\frac{(253-1)(25.296)^2}{(17,785)^2} \right) = 509.79$$

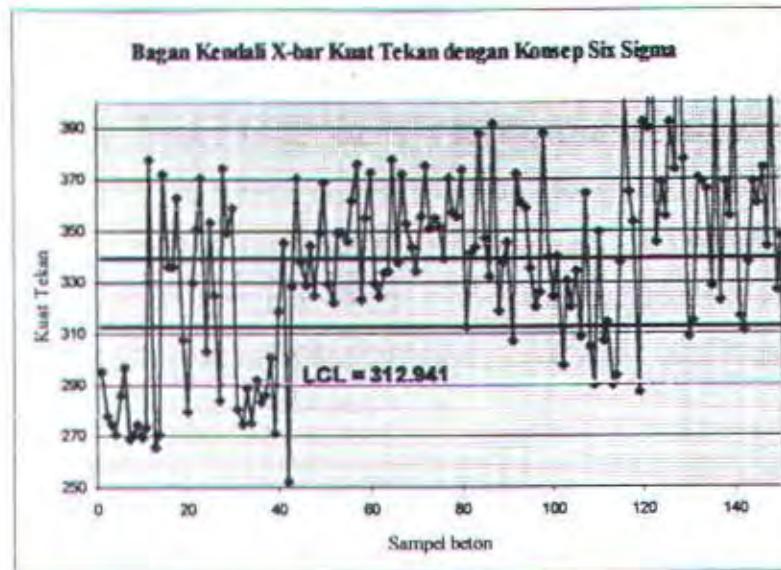
$$\chi^2(\alpha; n-1) = \chi^2(0,05; 252) = 290,0285$$

Karena nilai $\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{\text{maks}})^2} \right) = \left(\frac{(253-1)(25.296)^2}{(17,785)^2} \right) = 509.79 >$

$$\chi^2(\alpha; n-1) = \chi^2(0,05; 252) = 290,0285$$

Maka menolak H_0

Disimpulkan bahwa pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan 1- 0,05 = 95%, variasi kuat tekan produk beton ready mix dalam proses beton ready mix pada tingkat 5,053 Sigma lebih besar daripada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diharuskan pada tingkat 5,053 Sigma. Ini berarti harus dilakukan reduksi terhadap variasi proses yang ada.



Grafik 4.24 Bagan Kendali X-bar Kuat Tekan dengan satu batas spesifikasi

Dari grafik 4.24 tampak bahwa nilai rata-rata kuat tekan beton ready mix bervariasi dalam batas-batas kontrol yang ditetapkan pada tingkat kapabilitas proses sebesar 5.053 Sigma, juga memberikan informasi bahwa variasi proses yang melebihi batas toleransi maksimum standar deviasi pada tingkat 5.053 sigma disebabkan oleh variasi dalam nilai-nilai individual.

Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata memiliki stabilitas dan sebaliknya nilai-nilai individual sangat bervariasi. Terbukti dari pengujian terhadap variasi proses yang menolak H_0 , berarti variasi proses melebihi batas toleransi maksimum standar deviasi, S_{maks} , yang diijinkan pada 5.053 Sigma.

Karena nilai rata-rata dari proses cukup stabil pada tingkat 5.053 Sigma, maka dapat dilanjutkan kemampuan proses menggunakan indeks Cpm.

Analisis Kemampuan Proses Menggunakan Indeks C pm

$$\begin{aligned}
 C_{\text{pm}} &= \text{absolut} (SL - T) / 3\sqrt{(X_{\bar{\text{bar}}} - T)^2 + S^2} \\
 &= \text{absolut} (LSL - X_{\bar{\text{bar}}}) / 3\sqrt{(X_{\bar{\text{bar}}} - X_{\bar{\text{bar}}})^2 + S^2} \\
 &= \text{absolut} (LSL - X_{\bar{\text{bar}}}) / 3\sqrt{S^2} \\
 &= \text{absolut} (249.75 - 339.619) / 3\sqrt{25.296^2} \\
 &= 1.18
 \end{aligned}$$

C pm berada di antara 1.0 sampai 1.99 berarti proses berada antara tidak mampu sampai cukup mampu, sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan nol

(zero defect) – dalam hal ini status proses industri berada pada kondisi nomor 2 (stabil dan tidak mampu) → lihat pada tabel 4.13

4.5.2. Analisis Kapabilitas Proses Kuat Tekan Beton Ready Mix Ditinjau dari Sisi Perusahaan

Analisa Kapabilitas Proses yang Memiliki Dua Batas Spesifikasi (USL dan LSL)

Kuat Tekan (fc)

Apakah proses produksi dari beton ready mix ini berada dalam stabilitas (stability) menghasilkan kuat tekan pada tingkat kapabilitas 0,858 Sigma. Untuk mengetahui hal ini, maka dibangun peta kontrol melalui mendefinisikan batas-batas pengendalian (*control limits*) pada tingkat 0,858 Sigma menggunakan konsep Six Sigma Motorola sebagai berikut:

$$\text{UCL} = \text{upper control limit} = \text{batas kontrol atas} = T + (1,5 \times \text{standar deviasi maksimum})$$

$$\text{LCL} = \text{lower control limit} = \text{batas kontrol bawah} = T - (1,5 \times \text{standar deviasi maksimum})$$

$$S_{\max} = \left\{ \frac{1}{2} \times (\text{nilai kapabilitas Sigma}) \right\} \times (USL - LSL)$$

(lihat lampiran 14)

Nilai batas toleransi S_{\max} pada tingkat 0,858 -Sigma

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \left(\frac{1}{2 \times 0,858} \right) \times (USL - LSL) = 0,5827 \times (USL - LSL) \\ &= 0,5827 \times (323,4 - 249,75) \\ &= 42,916 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= T + 1,5 S_{\max} \\ &= 274,2 + 1,5 (42,916) = 274,2 + 64,374 \\ &= 338,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCL} &= T - 1,5 S_{\max} \\ &= 274,2 - 1,5 (42,916) = 274,2 - 64,374 \\ &= 209,826 \end{aligned}$$

Apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum, S_{\max} , pada tingkat kapabilitas 3,412 Sigma, maka perlu dilakukan pengujian hipotesis.

$$H_0 : \sigma^2 \geq (S_{\max})^2 \text{ atau } H_0 : \sigma^2 \geq (42,916)^2 = 1841,78$$

$$H_1 : \sigma^2 < (S_{\max})^2 \text{ atau } H_1 : \sigma^2 < (42,916)^2 = 1841,78$$

Kriteria pengujian:

Jika:

$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right) \leq \chi^2(\alpha; n-1) \text{ maka terima } H_0$$

$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right) > \chi^2(\alpha; n-1) \text{ maka tolak } H_0$$

n = ukuran contoh yang dipergunakan = 253

$\chi^2(\alpha; n-1)$; lihat dalam lampiran 11

Hasil perhitungan:

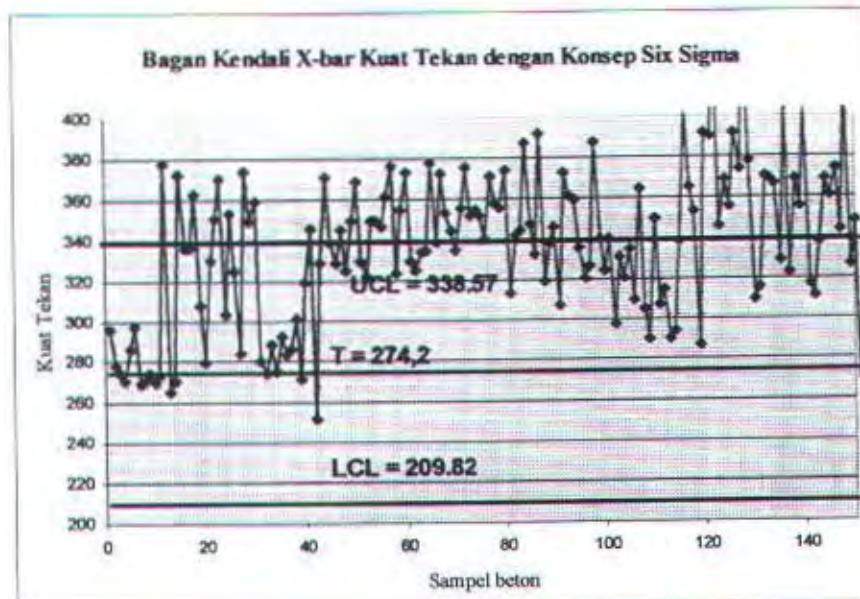
$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right) = \left(\frac{(253-1)(25,296)^2}{(42,916)^2} \right) = 87,55$$

$$\chi^2(\alpha; n-1) = \chi^2(0,05; 252) = 290,0285$$

Karena nilai $\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right) = \left(\frac{(253-1)(25,3)^2}{(42,916)^2} \right) = 87,58 \leq$

$$\chi^2(\alpha; n-1) = \chi^2(0,05; 252) = 290,0285$$

Maka menerima H_0



Grafik 4.25. Bagan Kendali X-bar Kuat Tekan dengan dua batas spesifikasi

Dari grafik 4.25 dan menerima H_0 hal ini menunjukkan, ditemukan instabilitas dalam nilai rata-rata proses pada tingkat 0,858 sigma. Karena adanya instabilitas dalam nilai rata-rata proses maka analisis kapabilitas proses tidak boleh dilakukan, kecuali setelah proses itu distabilkan.

Dalam hal ini berada pada proses industri 1 (tidak stabil dan tidak mampu) → dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai pada tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*) (lihat Tabel 4.13)

4.5.3. Analisa Kapabilitas Proses Slump Beton Ready Mix

Apakah proses produksi dari beton ready mix ini berada dalam stabilitas (stability) menghasilkan slump $12 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ pada tingkat kapabilitas 3,412 Sigma. Untuk mengetahui hal ini, maka dibangun peta kontrol melalui mendefinisikan batas-batas pengendalian (*control limits*) pada tingkat 3,412 Sigma menggunakan konsep Six Sigma Motorola sebagai berikut:

$\text{UCL} = \text{upper control limit} = \text{batas kontrol atas} = T + (1,5 \times \text{standar deviasi maksimum})$

$\text{LCL} = \text{lower control limit} = \text{batas kontrol bawah} = T - (1,5 \times \text{standar deviasi maksimum})$

S_{\max} dapat diketahui dari (*lampiran 14*) atau

$$S_{\max} = \{1 / (2 \times \text{nilai kapabilitas Sigma})\} \times (\text{USL} - \text{LSL})$$

Nilai batas toleransi S_{\max} pada tingkat 3,412-Sigma

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \left(\frac{1}{2 \times 3,412} \right) \times (\text{USL} - \text{LSL}) = 0,146541 \times (\text{USL} - \text{LSL}) \\ &= 0,146541 \times (14-10) \\ &= 0,586164 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= T + 1,5 S_{\max} \\ &= 12 + 1,5 (0,586164) = 12 + 0,879246 \\ &= 12,879246 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCL} &= T - 1,5 S_{\max} \\ &= 12 - 1,5 (0,586164) = 12 - 0,879246 \\ &= 11,120752 \end{aligned}$$

Apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum, S_{max} , pada tingkat kapabilitas 3,412 Sigma, maka perlu dilakukan pengujian hipotesis.

$$H_0 : \sigma^2 \geq (S_{\text{maks}})^2 \text{ atau } H_0 : \sigma^2 \geq (0,586164)^2 = 0,343588$$

$$H_1 : \sigma^2 < (S_{\text{maks}})^2 \text{ atau } H_1 : \sigma^2 < (0,586164)^2 = 0,343588$$

Kriteria pengujian:

Jika:

$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{\text{maks}})^2} \right) \leq \chi^2(\alpha; n-1) \text{ maka terima } H_0$$

$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{\text{maks}})^2} \right) > \chi^2(\alpha; n-1) \text{ maka tolak } H_0$$

n = ukuran contoh yang dipergunakan = 253

$\chi^2(\alpha; n-1)$; (lihat dalam lampiran 11)

Hasil perhitungan:

$$\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{\text{maks}})^2} \right) = \left(\frac{(253-1)(0,908)^2}{(0,586164)^2} \right) = 604,69$$

$$\chi^2(\alpha; n-1) = \chi^2(0,05; 252) = 290,0285$$

Karena nilai $\left(\frac{(n-1)S^2}{(S_{\text{maks}})^2} \right) = \left(\frac{(253-1)(0,908)^2}{(0,586164)^2} \right) = 604,69 >$

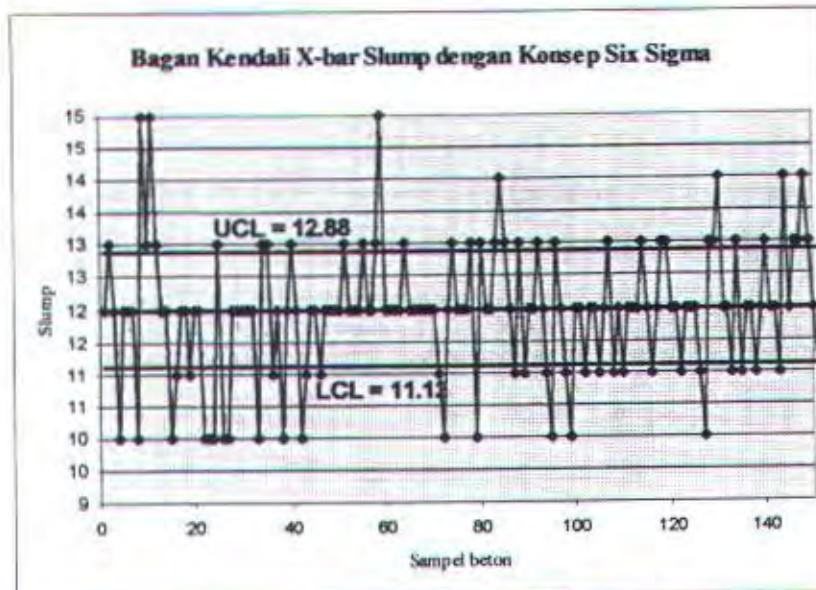
$$\chi^2(\alpha; n-1) = \chi^2(0,05; 252) = 290,0285$$

Maka menolak H_0

Disimpulkan bahwa pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan $1 - 0,05 = 95\%$, variasi slump produk beton ready mix dalam proses beton ready mix pada tingkat 3,412 Sigma lebih besar daripada batas toleransi maksimum standar deviasi yang diharuskan pada tingkat 3,412 Sigma. Ini berarti harus dilakukan reduksi terhadap variasi proses yang ada.

Nilai pengukuran slump beton ready mix ditebarkan ke dalam peta kontrol X-bar menggunakan batas-batas kontrol yang didefinisikan, yaitu: UCL = 12,88 cm dan LCL

= 11,12 cm. Peta kontrol X-bar menggunakan konsep Six Sigma Motorola ditunjukkan dalam grafik 5,9



Grafik 4.26 Peta Kontrol X-bar Menggunakan Konsep Six Sigma Motorola

Dari grafik 4.26 tampak bahwa nilai slump beton ready mix bervariasi dalam batas-batas kontrol yang ditetapkan pada tingkat kapabilitas proses sebesar 3,412 Sigma, sekaligus memberikan informasi bahwa variasi proses yang melebihi batas toleransi maksimum standar deviasi pada tingkat 3,412 Sigma disebabkan variasi dalam nilai-nilai individual.

Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata memiliki stabilitas atau tidak terlalu bervariasi, sebaliknya nilai-nilai individual sangat bervariasi. Berarti variasi proses melebihi batas toleransi maksimum standar deviasi, S_{maks} , yang diijinkan pada tingkat kapabilitas 3,412 Sigma.

Karena nilai rata-rata dari proses cukup stabil pada tingkat 3,412 Sigma, maka dapat dilanjutkan kemampuan proses menggunakan indeks Cpm.

Analisis Kemampuan Proses Menggunakan Indeks C pm

$$\begin{aligned} C_{pm} &= (USL - LSL) / 6\sqrt{(X_{bar} - T)^2 + S^2} \\ &= (14 - 10) / 6\sqrt{(12,063 - 12)^2 + 0,908^2} \\ &= 0,7324 \end{aligned}$$

$C_{pm} < 1,0 \rightarrow$ berarti status proses industri dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol

Berada pada status proses industri kondisi nomor 2 (stabil dan tidak mampu) \rightarrow lihat pada tabel 4.13

4.6. Analisa Histogram dan Bagan Kendali

Jika suatu produk beton ready mix sudah memenuhi keinginan dari pelanggan atau sudah sesuai dengan kriteria produksinya, biasanya beton tersebut dihasilkan melalui suatu proses produksi yang stabil dan berulang-ulang. Proses produksi tersebut harusnya kapabel/mampu beroperasi dengan sedikit variasi dalam hal target atau ukuran nominal dari karakteristik mutu produk tersebut, dalam hal ini karakteristik tersebut adalah kuat tekan dan slump beton.

Pengendalian proses berbasis statistik atau statistical process control merupakan perangkat yang cukup efektif untuk mengumpulkan penyelesaian permasalahan untuk mencapai stabilitas proses dan meningkatkan kapabilitas proses produksi melalui pengurangan variasi atau penyimpangan.

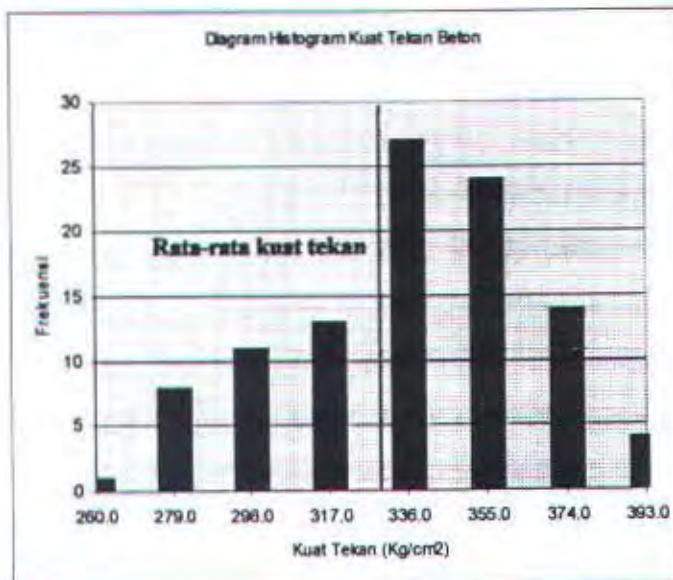
Perangkat dari *statistical process control* yang digunakan dalam analisa penyajian data mutu beton ready mix seperti pada bab empat sebelumnya adalah histogram dan bagan kendali atau *control chart*.

4.6.1. Analisa Histogram

Di dalam hampir semua kegiatan produksi, meskipun sudah didisain sedemikian bagus, dilakukan serta diperhatikan secara berhati-hati, pasti masih mewarisi sejumlah variasi yang tak dapat dihindari atau muncul secara alamiah. Demikian juga dengan produk beton ready mix yang juga merupakan hasil dari suatu proses produksi.

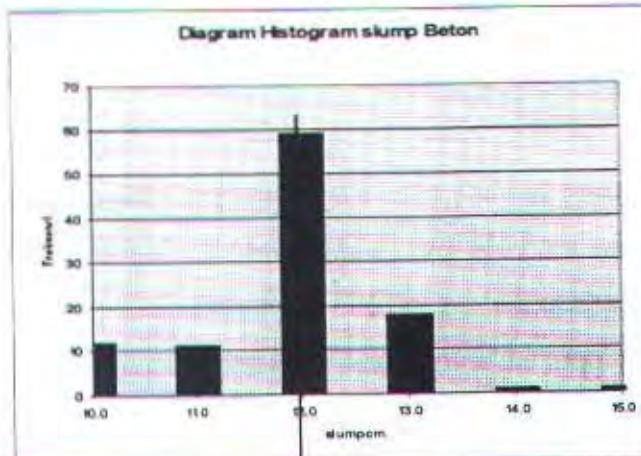
Bagan histogram merupakan refleksi dari distribusi frekuensi dari data, dan dapat digunakan untuk memperkirakan secara visual variasi dan kapabilitas dari proses produksi beton ready mix. Bagan histogram yang secara umum dinilai normal atau baik adalah yang mempunyai bentuk simetris, yang artinya simpangan data terdistribusi dalam proporsi yang sama untuk nilai-nilai di atas maupun di bawah nilai rata-ratanya. Dalam kajian statistik pola distribusi seperti ini umumnya dikenal dengan distribusi normal. Pada kenyataannya pola distribusi data yang tergambar pada histogram tidak

selalu berbentuk normal, kadang-kadang condong ke satu arah, mempunyai puncak ganda, ataupun bergerigi.



Grafik 4.27 Bagan histogram kuat tekan beton dan batas nilai rata-ratanya

Dari bagan histogram kuat tekan yang mewakili hasil produksi beton dengan karakteristik kuat tekan 225 kg/cm^2 yang didisain dengan target kuat tekan rata-rata sebesar $274,2 \text{ kg/cm}^2$, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kuat tekan beton readymix yang diproduksi untuk proyek Surabaya Airport tersebut, berada di atas kuat tekan rata-rata target untuk disain atau perencanaan, namun demikian sebaran atau penyebarannya masih sangat besar. Selain itu juga dapat dilihat bahwa distribusi kuat tekan beton tersebut terdistribusi pada satu arah, arah ke kanan, yaitu pada batas di atas rata-rata kuat tekan yang dihasilkan. Karenanya sebaran yang terjadi harus dikurangi, artinya konsistensi kuat tekan harus lebih dipertahankan di sekitar nilai rata-ratanya.



Grafik 4.28 Bagan histogram slump beton dan batas nilai rata-ratanya

Dari bagan histogram slump beton di atas dapat dilihat, sebaran hasil pengujian hampir terkumpul pada nilai rata-rata slump yaitu 12 cm atau bisa dikatakan bahwa penyebaran data slump beton yang diproduksi menunjukkan kecenderungan untuk berpusat atau mengumpul pada nilai slump 12 cm. Nilai ini secara umum dapat dianggap sebagai nilai slump yang paling mungkin diperoleh atau nilai rata-rata dari sejumlah besar penilaian terhadap contoh-contoh dari kelompok data yang ada. Dengan kata lain, jika diambil sebarang contoh, maka paling besar kemungkinan bahwa contoh yang diambil tersebut akan mempunyai nilai yang mendekati nilai rata-rata dan hal ini sesuai dengan spesifikasi dari yang disyaratkan.

4.6.2. Analisa Bagan Kendali

Histogram dapat menggambarkan kinerja dari suatu proses, tetapi belum dapat menunjukkan kapabilitas proses yang *potensial* atau menunjukkan pola yang sistematis pada proses produksi yang jika pola tersebut dihilangkan atau dikurangi akan mengubah variasi dari proses tersebut. Bagan kendali merupakan perangkat yang efektif dalam hal ini.

Dalam hal melihat data, akan dijumpai adanya suatu penyimpangan atau dispersi, sedangkan penilaian terhadap kualitas mutu beton harus digunakan nilai rata-rata */average* dan penyimpangannya atau dispersionnya, dimana konsepsi yang umum yang banyak digunakan dalam menilai mutu beton ready mix adalah, secara rata-rata nilai kuat tekan beton tersebut memenuhi persyaratan dan simpangan yang dimilikinya juga kecil.

Jika muncul variasi yang muncul secara alamiah atau sering disebut *background noise*, maka variasi tersebut adalah hasil pengaruh secara kumulatif dari hal-hal yang sangat kecil yang tak dapat dihindari penyebabnya. Saat *background noise* ini muncul dengan pengaruh yang kecil, maka sering kali diabaikan dalam proses pengendalian mutu. Di dalam konsep pengendalian mutu berbasis statistik, penyebab variasi yang bersifat alamiah ini disebut *chance cause*.

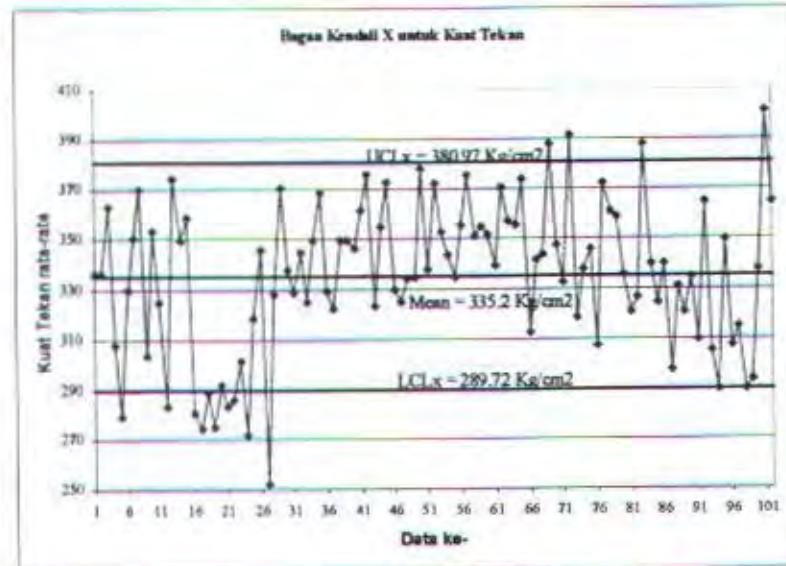
Suatu proses yang beroperasi dengan sedikit *chance cause* bisa dikatakan masih dalam pengendalian secara statistik, atau dengan kata lain, *chance cause* ini adalah merupakan bagian yang tak terpisahkan dengan proses produksi beton ready mix dan bisa diterima. Jika dipaksakan untuk secara tepat dapat mengendalikan keadaan dan perilaku ketidakpastian ini dengan tujuan menghilangkan penyimpangan tersebut, maka upaya

dan energi yang dibutuhkan sangat besar. Jadi, dalam memberikan penilaian terhadap sesuatu hasil produksi, kita harus menyadari adanya penyimpangan. Variasi jenis lain yang kadang-kadang muncul pada hasil suatu produksi beton ready mix dan merupakan karakteristik utama terhadap mutu beton ready mix adalah variasi yang disebabkan oleh lima faktor yaitu *man, material, machine, method dan environment (4M, 1E)*. Variasi ini pada umumnya lebih besar bila dibandingkan dengan variasi yang disebabkan oleh *chance cause*, dan pada umumnya dapat menyebabkan level kinerja proses produksi beton ready mix yang tidak dapat diterima baik secara internal perusahaan maupun oleh pelanggan atau pengguna produk. Penyebab variasi ini disebut *assignable cause*. Suatu proses produksi beton ready mix dengan adanya kehadiran *assignable cause* bisa dikatakan proses produksi yang di luar kendali atau *out of control*.

Menurut Montgomery (1988), suatu bagan kendali bisa menunjukkan indikasi kondisi di luar pengendalian atau *out of control* bila terdapat satu atau lebih titik data yang jatuh di luar garis batas pengendalian (baik UCL atau LCL), atau saat titik yang diplot menunjukkan beberapa pola atau perilaku yang yang tidak acak atau non random.

4.6.2.1.Bagan kendali Kuat Tekan Beton

Analisa pola bagan kendali yang disusun dari data mutu beton ready mix seperti yang dipaparkan berikut ini:



Grafik 4.29 Grafik bagan kendali X kuat tekan beton

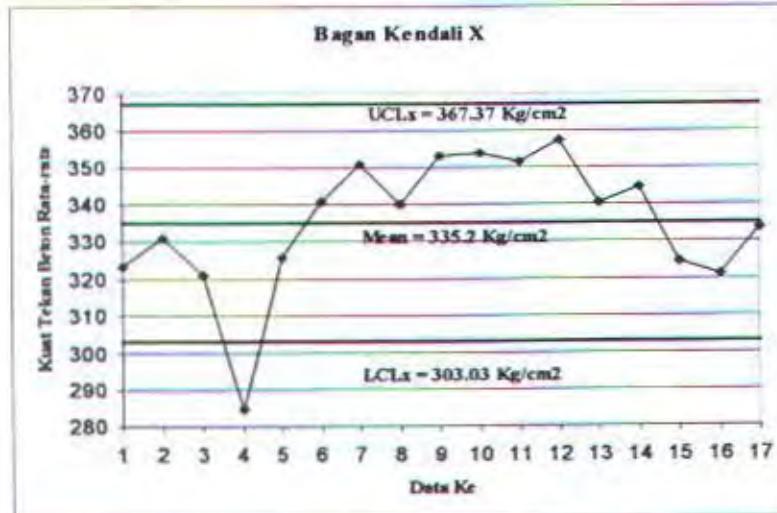
Dari bagan di atas dapat dilihat bahwa proses produksi beton ready mix secara keseluruhan di luar kendali atau *out of control* hal ini dapat ditinjau dengan adanya 11 data kuat tekan beton yang berada di luar batas garis kendali (garis LCLx dan UCLx).

Sedangkan dari pola atau perilaku data pada bagan ini menunjukkan adanya pola yang tidak acak atau random, jika seadanya pola data di atas benar-benar acak, maka distribusi data seharusnya tersebar di bawah atau di atas garis tengah atau nilai rata-rata. Selain itu di dalam distribusi tersebut terdapat pola *run*.

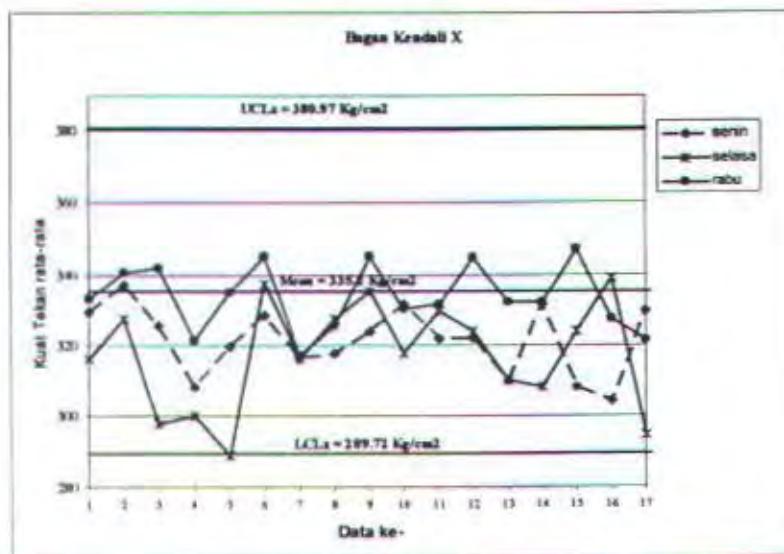
Menurut Montgomery (1988) suatu pola dikatakan *run* jika terdapat delapan atau lebih titik yang berturut-turut terletak pada sisi batas yang sama. Dari data di atas, terdapat lebih dari 9 data yang berturut-turut terletak di atas garis rata-rata yaitu dari data ke-55 sampai ke-65.

Tidak jauh berbeda dengan penyajian data produksi beton secara mingguan seperti pada gambar grafik di bawah ini. Dari grafik 4.29 tersebut juga menunjukkan adanya *out of control* pada proses produksi beton ready mix karena adanya titik yang di luar garis batas kendali dan pola plotting data juga menunjukkan adanya *run* pada sembilan titik.

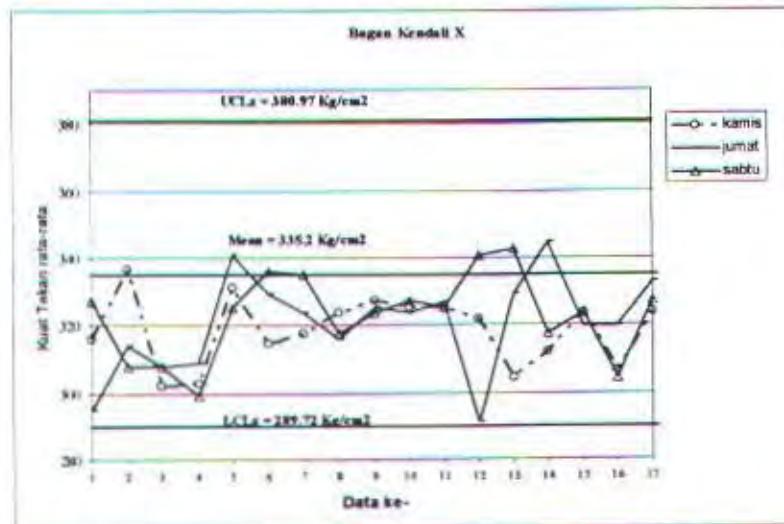
Sedangkan jika kita meninjau bagan kendali pada data kuat tekan yang tersusun berdasarkan hari kerja produksinya seperti pada gambar grafik 4.30 dan grafik 4.31



Grafik 4.30 Bagan kendali X untuk data kuat tekan mingguan



Grafik 4.31 Bagan kendali X untuk data kuat tekan harian (senin-rabu)



Grafik 4.32 Bagan kendali untuk data kuat tekan harian (kamis-sabtu)

Dari bagan kendali untuk kuat tekan beton ready mix berdasarkan hari kerja produksinya dapat dianalisa sebagai berikut;

a. *hari senin*

walaupun tidak ada data yang keluar dari garis batas kendali, tetapi pada hari senin masih merupakan proses produksi yang *out of control* karena pola distribusinya menunjukkan adanya *run* pada hampir 14 titik yaitu dari data ke-3 sampai pada data ke-17.

b. *Hari selasa*

Pada hari tersebut juga merupakan proses produksi yang *out of control* karena ada data yang melewati batas garis kendali yaitu pada hari selasa minggu ke 17

(data ke-17), selain itu juga pola distribusinya menunjukkan adanya run pada delapan titik yaitu pada data ke-7 hingga ke-15.

c. *Hari rabu*

Pada hari rabu, dapat dikatakan merupakan proses produksinya masih dalam kendali dan juga variasinya tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan hari-hari produksi lainnya, sehingga walaupun karena adanya keterbatasan data yang ada dalam mengidentifikasi faktor-faktor pengaruh kualitas yang lain, tetapi hari rabu ini dapat digunakan sebagai acuan untuk peningkatan proses produksi di hari-hari yang lainnya.

d. *Hari kamis*

Data kuat tekan pada bagan kendali di hari kamis ini menunjukkan bahwa proses produksi pada hari tersebut merupakan proses yang di luar kendali karena hampir semua data tersebar di bawah garis tengah atau rata-rata. Hal ini merupakan pola distribusi *run*.

e. *Hari Jum'at*

Demikian juga dengan proses produksi pada hari jum'at yang tidak jauh berbeda dengan proses produksi pada hari kamis, sama-sama merupakan proses produksi yang diluar kendali karena hampir semua data tersebar di bawah garis tengah bagan kendali atau nilai rata-rata.

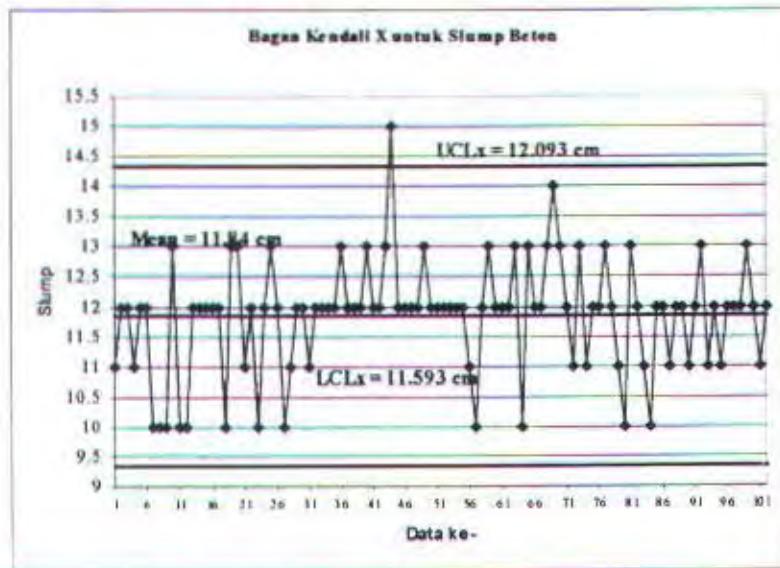
f. *Hari sabtu*

Berbeda dengan hari sabtu, pada hari ini proses produksi dapat dikatakan di bawah kendali karena selain tidak ada nilai yang melebihi garis batas kendali juga tidak muncul pola distribusi yang non random atau tidak acak. Tetapi proses produksi pada hari sabtu ini memiliki variasi atau penyimpangan yang lebih besar daripada hari rabu yang juga merupakan hari yang proses produksinya di bawah kendali. Besarnya simpangan tersebut dapat dilihat dari bagan kendali R dari distribusi data kuat tekan beton pada hari-hari tersebut. (lihat gambar grafik 4.8 dan 4.9 Bagan kendali R berdasarkan hari kerja).

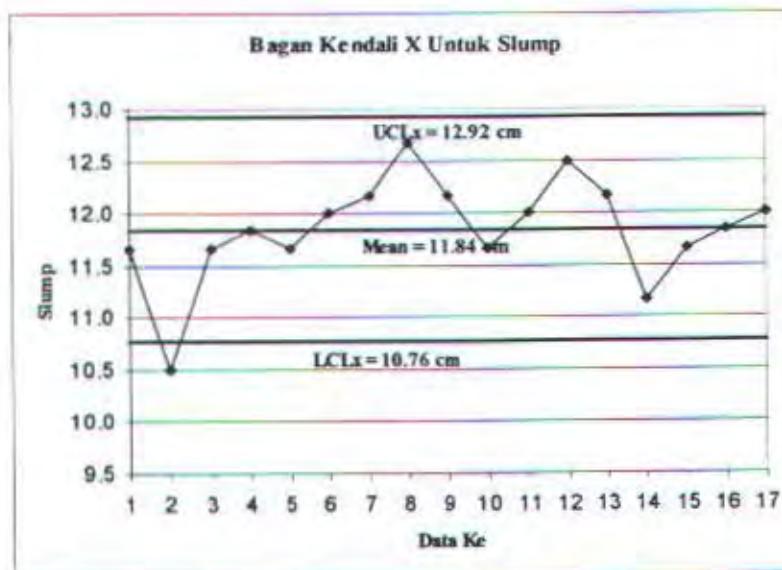
4.6.2.2.Bagan Kendali slump Beton

Penggambaran yang tidak jauh berbeda juga terdapat pada bagan kendali untuk slump beton. Seperti pada gambar di bawah ini, bila dilihat pada pola distribusi untuk data

slump beton secara keseluruhan dan secara mingguan dapat dikatakan bahwa proses produksi pada klasifikasi tersebut di luar kendali karena masih adanya pola distribusi run. Bahkan selain itu pada bagan kendali data slump beton secara keseluruhan juga terdapat data yang di luar garis batas kendali.



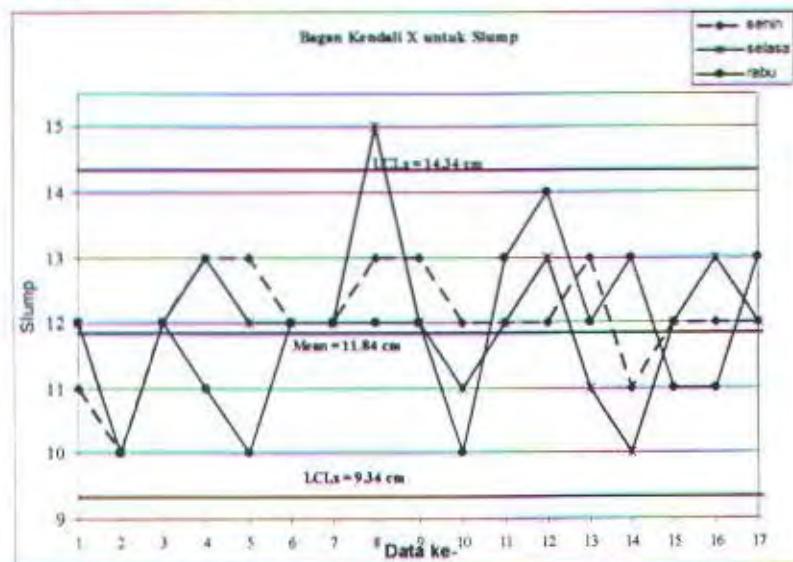
Grafik 4.33 Bagan kendali slump beton untuk data keseluruhan



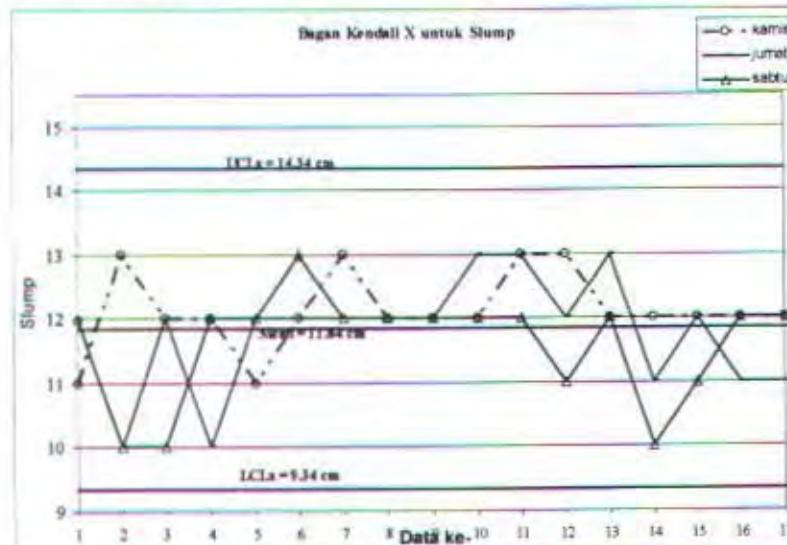
Grafik 4.34 Bagan kendali slump beton untuk data mingguan

Bagan kendali slump beton untuk data harian menggambarkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan bagan kendali kuat tekan beton secara harian juga seperti pada dua grafik di bawah ini. Dari bagan kendali tersebut dapat dilihat kalau proses produksi hari

rabu dan sabtu merupakan proses produksi yang di bawah kendali, sedangkan hari-hari yang lainnya masih di luar kendali. Tetapi proses produksi pada hari sabtu menunjukkan variasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan proses produksi hari rabu. Hasil-hasil ini tidak berbeda jika kita meninjau karakteristik mutu beton yang lainnya yaitu kuat tekan seperti yang sudah dipaparkan di atas.



Grafik 4.35 Bagan kendali slump beton harian (senin-rabu)



Grafik 4.36 Bagan kendali slump beton harian (kamis-sabtu)

Selanjutnya dari bagan-bagan di atas dapat dikembangkan lebih lanjut dalam suatu bagan kendali yang dibatasi oleh tiga simpangan yaitu:



Batas 1 : Merupakan garis batas peringatan (*warning line*)

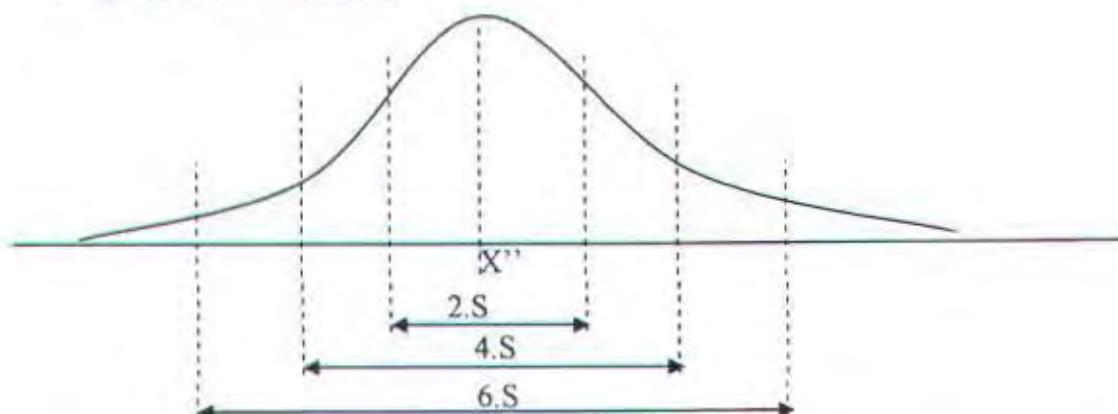
- $UCL_1 = X'' + S\{X'\}$
- $LCL_1 = X'' - S\{X'\}$

Batas 2 : Merupakan garis batas tindakan (*action line*)

- $UCL_2 = X'' + 2.S\{X'\}$
- $LCL_2 = X'' - 2.S\{X'\}$

Batas 3 : Merupakan garis batas kegagalan (*offline*)

- $UCL_3 = X'' + 3.S\{X'\}$
- $LCL_3 = X'' - 3.S\{X'\}$

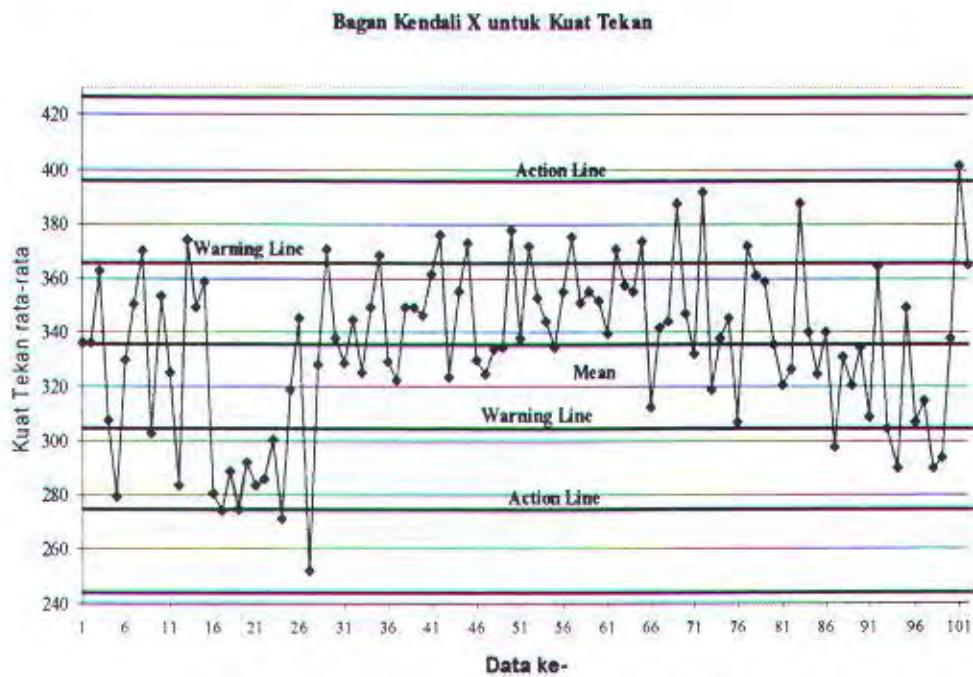


Gambar 4.2 Tiga Simpangan pada bagan kendali

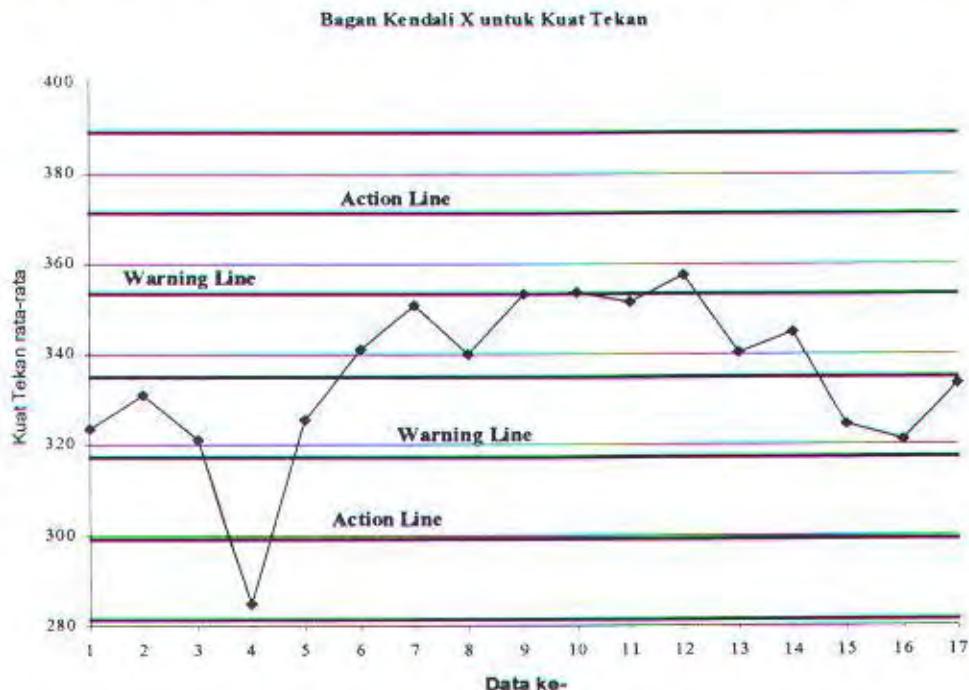
Bagan kendali yang dapat dikembangkan dengan mengakomodasi tiga simpangan di atas adalah seperti pada gambar-gambar di bawah ini.

Untuk menganalisa bagan kendali dengan tiga simpangan, Menurut Montgomery (1988) menggunakan kriteria sebagai berikut:

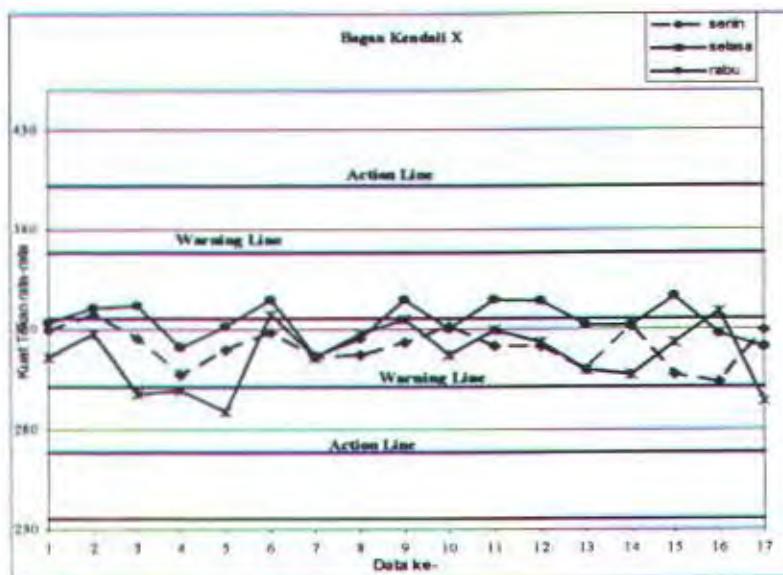
- a. jika ada enam atau lebih benda uji nilai rata-rata kuat tekannya berada di luar batas *warning line* secara berturut-turut maka dinyatakan gagal dan harus ada *action* atau tindakan perbaikan dari perusahaan karena variabilitasnya terlalu besar..
- b. jika ada 7 atau lebih benda uji untuk beton yang dikirim berturut-turut ada suatu kecenderungan khususnya kecenderungan menurun, maka harus diambil tindakan perbaikan dari perusahaan tersebut.
- c. Jika ada satu titik atau lebih di luar batas $\pm 3\sigma$ maka harus sudah ada tindakan perbaikan oleh perusahaan



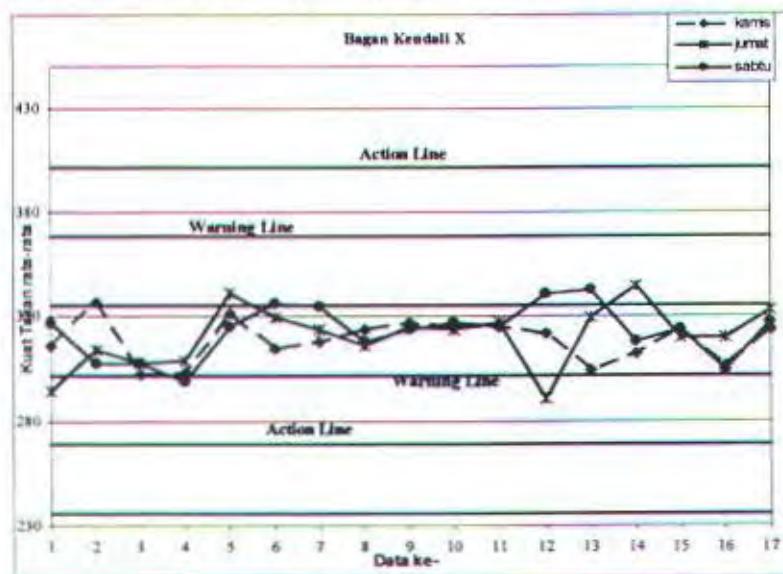
Grafik 4.37 Bagan Kendali dengan tiga simpangan untuk data kuat tekan keseluruhan



Grafik 4.38. Bagan Kendali dengan tiga simpangan untuk data kuat tekan mingguan



Grafik 4.39. Bagan Kendali dengan tiga simpangan untuk data kuat tekan harian (senin-rabu)



Grafik 4.40. Bagan Kendali dengan tiga simpangan untuk data kuat tekan harian (kamis-sabtu)

Hasil yang dapat diambil dari penggunaan empat bagan kendali yang dibatasi dalam tiga jenis simpangan di atas adalah:

1. Berdasarkan data kuat tekan secara keseluruhan, proses produksi beton ready mix tersebut sudah di luar kendali dan variasi yang terjadi terlalu besar sehingga perlu diambil tindakan perbaikan atau peningkatan kualitas proses produksi tersebut. Hal ini disebabkan adanya daya yang berada melampaui garis batas tindakan (*action line*)

2. Dengan alasan yang sama, yaitu adanya data yang melampaui batas garis action line, proses produksi jika ditinjau secara mingguan merupakan proses yang di luar kendali dan harus diambil tindakan perbaikan peningkatan oleh perusahaan.
3. bila meninjau data kuat tekan berdasarkan hari kerja, hari rabu dan sabtu saja yang merupakan hari kerja dengan proses produksi cukup baik dan di bawah kendali. Untuk itu perusahaan dapat menggunakan proses produksi yang dilakukan pada hari tersebut sebagai acuan perbaikan atau peningkatan proses produksi pada hari lainnya.

Dikarenakan dengan tidak adanya variasi data yang berhubungan dengan faktor-faktor pengaruh karakteristik mutu beton ready mix seperti penggunaan mesin yang berbeda, material, tenaga kerja, metode dan lingkungan yang berbeda pula, maka proses tindakan perbaikan yang disampaikan dalam tugas akhir ini berasal dari identifikasi faktor-faktor *assignable cause* secara hipotesis. Bawa perbedaan-perbedaan atau penyimpangan pada mutu beton ready mix pada umumnya terjadi karena adanya perbedaan dalam (namun tidak terbatas pada):

- ✓ Bahan dasar akan berbeda dalam hal ukuran dimensi, komposisi dan karakteristik lainnya, sesuai dengan sumber pasokannya. Untuk agregat kasar misalnya, bentuk, ukuran dan kekuatannya akan sangat tergantung pada lokasi di mana batuan tersebut diambil dan proses pemecahannya di query.
- ✓ Peralatan atau mesin yang digunakan mungkin tampak berfungsi normal dan seragam, namun produk beton ready mix keluar dari peralatan tersebut dapat bervariasi karena adanya perbedaan-perbedaan kecil dalam bagian-bagian mesin tersebut. Demikian juga dengan kenyataan bahwa suatu peralatan hanya akan berfungsi optimal dalam suatu masa tertentu saja, sedang di saat-saat lainnya mesin kerap rusak atau membutuhkan perawatan tertentu.
- ✓ Metode dan proses kerja mempunyai peran penting terhadap konsistensi produksi beton ready mix, meski telah dilakukan dengan hati-hati dan telah terprogram sesuai dengan rencana kerja yang ketat, metode kerja dapat menyebabkan terjadinya variasi yang lebih besar dari yang disebabkan oleh faktor-faktor lainnya. Terlebih pada proses kerja yang dikendalikan atau dilakukan oleh manusia seperti pada beton ready mix, variasi ini sangat dominan karena kemampuan dan karakteristik manusia yang terbatas dan

berbeda-beda untuk bekerja secara konsisten dalam waktu dan kondisi yang berbeda-beda pula.

- ✓ Di akhir kegiatan produksi, pengukuran terhadap hasil produksi juga akan memberikan variasi atau penyimpangan tersendiri. Dalam melakukan pengukuran terhadap mutu beton ready mix, hasil pengukuran akan dipengaruhi peralatan pengukuran, cara dan pelaksanaan pengukuran serta kondisi pengukuran. Adanya perbedaan yang sedikit saja dalam pengukuran dapat menyebabkan adanya variasi mutu beton ready mix yang sangat berarti, yang akan tampak dalam histogram ataupun bagan kendali.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penyajian data dan analisanya, hal-hal yang dapat disimpulkan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa kapabilitas proses dengan mengacu pada konsep six sigma bahwa produk beton ready mix yang dihasilkan bila dilihat dari sisi pelanggan jauh lebih mampu dari pada dilihat dari sisi perusahaan. Dari sisi pelanggan analisis kuat tekan beton dihasilkan $DPMO = 190,64$ dan 5.053 Sigma dengan status proses industri pada kondisi nomor 2 (stabil dan tidak mampu), sedangkan dari sisi perusahaan dihasilkan $DPMO = 739487,28$ dan 0.858 Sigma dengan status proses industri pada kondisi 1 (tidak stabil dan tidak mampu)
2. Analisa kapabilitas proses slump pada beton ready mix dihasilkan $DPMO = 27919,59$ dan $3,41$ Sigma dengan status proses industri pada kondisi 2 (stabil dan tidak mampu).
3. Ditinjau pada data mingguan, bahwa proses produksi pada setiap minggu secara rata-rata juga di luar kendali, tetapi jika ditinjau distribusi data harian, maka proses produksi pada hari rabu dan sabtu dapat digunakan acuan bagi peningkatan proses produksi di hari-hari lainnya. Hal ini dikarenakan proses produksi pada hari rabu dan sabtu adalah di bawah kendali statistik. Hal itu juga berlaku pada data slump beton.

5.2 Saran

Untuk penelitian mengenai Six Sigma selanjutnya sebaiknya pada tahap measure yaitu untuk menetapkan baseline kinerja (performance baseline) dilakukan pengukuran dan pengumpulan data pada tingkat proses dan output, sehingga nantinya pada tahap analyze selain didapatkan kapabilitas sigma, kapabilitas DPMO, dan kapabilitas proses juga dapat mengidentifikasi sumber-sumber dan penyebab kecacatan atau kegagalan pada tingkat output yang diakibatkan dari tingkat proses. .

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Dey, P. 2002. **How to Complement ISO 9001:2000 with Six Sigma.** Artikel yang Dipublikasikan pada Internet. <http://www.isixsigma.com/>
- Gaspersz , Vincent. 2002. **Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP.** Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Montgomery, Douglas C. **Introduction to Statistical Quality Control.** Singapore: John Wiley and Son. Inc, Second Edition.
- Pande, Peter S., Robert P. Newman, dan Roland R. Cavanagh. 2002. **The Six Sigma Way – Bagaimana GE, Motorola, dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka.** Yogyakarta: Andi, Edisi Ke 1.
- Yilmaz, M. R. and Sangit Chatterjee. 2000. **Six Sigma Beyond Manufacturing – A Concept for Robust Management Journal.** Artikel yang Dipublikasikan pada Internet. <http://qmj.asq.org>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kuat Tekan dan Slump Beton

Concrete Quality control**PT Jatim ReadyMix****Characteristic strength**: 225 kg/cm² $f_c' = 22.5 \text{ MPa}$ **Specimen**

: Silinder 15 x 30 cm

Slump = 12± 2 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			Slump (cm)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
1	30-Nov-02	02-Jan-03	305	317	265	12
2	21-Dec-02	18-Jan-03	253	282	299	13
3	02-Jan-03	30-Jan-03	265	276	282	12
4	10-Jan-03	07-Feb-03	265	271	276	10
5	16-Jan-03	13-Feb-03	276	288	294	12
6	22-Jan-03	19-Feb-03	294	299	299	12
7	27-Jan-03	24-Feb-03	271	265	271	12
8	06-Feb-03	06-Mar-03	271	265	276	10
9	10-Feb-03	10-Mar-03	271	276	276	15
10	14-Feb-03	14-Mar-03	269	265	275	13
11	15-Feb-03	15-Mar-03	280	275	265	15
12	19-Feb-03	19-Mar-03	357	380	397	13
13	20-Feb-03	20-Mar-03	250	287	260	12
14	22-Feb-03	22-Mar-03	284	268	260	12
15	25-Feb-03	25-Mar-03	374	363	380	10
16	03-Mar-03	31-Mar-03	317	363	328	11
17	04-Mar-03	01-Apr-03	323	334	351	12
18	05-Mar-03	02-Apr-03	374	369	346	12
19	06-Mar-03	03-Apr-03	323	274	326	11
20	07-Mar-03	04-Apr-03	260	278	300	12
21	08-Mar-03	05-Apr-03	357	380	253	12
22	10-Mar-03	07-Apr-03	386	286	380	10
23	11-Mar-03	08-Apr-03	357	374	380	10
24	12-Mar-03	09-Apr-03	397	265	248	10
25	13-Mar-03	10-Apr-03	385	278	397	13
26	14-Mar-03	11-Apr-03	317	272	386	10
27	15-Mar-03	12-Apr-03	298	269	284	10
28	17-Mar-03	14-Apr-03	351	380	392	12
29	18-Mar-03	15-Apr-03	346	369	334	12
30	19-Mar-03	16-Apr-03	317	363	397	12
31	20-Mar-03	17-Apr-03	282	267	293	12
32	21-Mar-03	18-Apr-03	298	249	276	12
33	22-Mar-03	19-Apr-03	298	268	300	10
34	24-Mar-03	21-Apr-03	299	256	270	13
35	25-Mar-03	22-Apr-03	302	289	285	13
36	26-Mar-03	23-Apr-03	270	292	288	11
37	27-Mar-03	24-Apr-03	284	298	276	12
38	28-Mar-03	25-Apr-03	301	297	305	10
39	29-Mar-03	26-Apr-03	273	288	253	12
40	31-Mar-03	28-Apr-03	334	299	323	13
41	01-Apr-03	29-Apr-03	323	351	363	12
42	02-Apr-03	30-Apr-03	271	253	232	10
43	03-Apr-03	01-May-03	369	305	311	11
44	04-Apr-03	02-May-03	398	340	374	12
45	05-Apr-03	03-May-03	351	369	294	12

Lampiran 1. Data Kuat Tekan dan Slump Beton (Lanjutan)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

Specimen

$f_c' = 22.5 \text{ MPa}$

Silinder 15 x 30 cm Slump = $12 \pm 2 \text{ cm}$

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			Slump (cm)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
46	07-Apr-03	05-May-03	359	328	299	11
47	08-Apr-03	06-May-03	387	330	317	12
48	09-Apr-03	07-May-03	328	324	323	12
49	10-Apr-03	08-May-03	319	371	359	12
50	11-Apr-03	09-May-03	363	374	369	12
51	12-Apr-03	10-May-03	383	334	271	13
52	14-Apr-03	12-May-03	324	324	318	12
53	15-Apr-03	13-May-03	323	374	352	12
54	16-Apr-03	14-May-03	326	340	383	12
55	17-Apr-03	15-May-03	328	355	356	13
56	18-Apr-03	16-May-03	346	382	357	12
57	19-Apr-03	17-May-03	380	397	351	12
58	21-Apr-03	19-May-03	328	315	327	13
59	22-Apr-03	20-May-03	357	380	328	15
60	23-Apr-03	21-May-03	351	384	384	12
61	24-Apr-03	22-May-03	346	327	316	12
62	25-Apr-03	23-May-03	323	326	325	12
63	26-Apr-03	24-May-03	328	346	328	12
64	28-Apr-03	26-May-03	346	340	317	13
65	29-Apr-03	27-May-03	380	351	403	12
66	30-Apr-03	28-May-03	328	340	346	12
67	01-May-03	29-May-03	357	380	380	12
68	02-May-03	30-May-03	351	374	334	12
69	03-May-03	31-May-03	346	323	363	12
70	05-May-03	01-Jun-03	369	323	311	12
71	06-May-03	02-Jun-03	328	369	369	11
72	07-May-03	03-Jun-03	365	369	392	10
73	08-May-03	05-Jun-03	351	386	317	12
74	09-May-03	06-Jun-03	346	362	357	13
75	10-May-03	07-Jun-03	357	364	334	12
76	12-May-03	09-Jun-03	340	328	351	12
77	13-May-03	10-Jun-03	363	363	386	12
78	14-May-03	11-Jun-03	369	311	392	13
79	15-May-03	12-Jun-03	351	346	369	10
80	16-May-03	13-Jun-03	356	374	392	13
81	17-May-03	14-Jun-03	351	299	288	12
82	19-May-03	16-Jun-03	340	328	357	12
83	20-May-03	17-Jun-03	346	340	346	13
84	21-May-03	18-Jun-03	409	403	351	14
85	22-May-03	19-Jun-03	340	351	351	13
86	23-May-03	20-Jun-03	248	357	392	12
87	24-May-03	21-Jun-03	397	386	392	11

Lampiran 1. Data Kuat Tekan dan Slump Beton (Lanjutan)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f_c' = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

Slump = 12 ± 2 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			Slump (cm)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
88	26-May-03	23-Jun-03	305	363	288	13
89	27-May-03	24-Jun-03	305	357	351	11
90	28-May-03	25-Jun-03	323	374	340	12
91	29-May-03	26-Jun-03	288	328	305	12
92	30-May-03	27-Jun-03	363	403	351	13
93	31-May-03	28-Jun-03	403	346	334	12
94	02-Jun-03	29-Jun-03	369	357	351	11
95	03-Jun-03	01-Jul-03	299	357	351	10
96	04-Jun-03	02-Jul-03	299	328	334	13
97	05-Jun-03	03-Jul-03	311	340	328	12
98	06-Jun-03	04-Jul-03	409	397	357	11
99	07-Jun-03	05-Jul-03	328	346	346	10
100	09-Jun-03	07-Jul-03	299	351	323	12
101	10-Jun-03	08-Jul-03	346	334	340	12
102	11-Jun-03	09-Jul-03	357	271	265	11
103	12-Jun-03	10-Jul-03	346	323	323	12
104	13-Jun-03	11-Jul-03	334	317	311	12
105	14-Jun-03	12-Jul-03	346	346	311	11
106	16-Jun-03	14-Jul-03	288	299	340	12
107	17-Jun-03	15-Jul-03	392	328	374	13
108	18-Jun-03	16-Jul-03	357	282	276	11
109	19-Jun-03	17-Jul-03	294	288	288	12
110	20-Jun-03	18-Jul-03	334	369	346	11
111	21-Jun-03	19-Jul-03	288	282	351	12
112	23-Jun-03	21-Jul-03	363	299	282	12
113	24-Jun-03	22-Jul-03	259	323	288	12
114	25-Jun-03	23-Jul-03	294	299	288	13
115	26-Jun-03	24-Jul-03	346	317	351	12
116	27-Jun-03	25-Jul-03	374	415	415	11
117	28-Jun-03	26-Jul-03	357	369	369	12
118	01-Jul-03	29-Jul-03	340	386	334	13
119	04-Jul-03	01-Aug-03	299	240	323	13
120	07-Jul-03	04-Aug-03	386	369	421	12
121	10-Jul-03	07-Aug-03	415	386	369	12
122	14-Jul-03	11-Aug-03	449	461	415	11
123	17-Jul-03	14-Aug-03	351	363	323	12
124	18-Jul-03	15-Aug-03	403	392	311	12
125	19-Jul-03	16-Aug-03	369	340	357	12
126	21-Jul-03	18-Aug-03	415	392	369	11
127	22-Jul-03	19-Aug-03	397	351	374	10
128	23-Jul-03	20-Aug-03	444	461	461	13
129	24-Jul-03	21-Aug-03	374	357	403	13
130	25-Jul-03	22-Aug-03	305	334	288	14
131	26-Jul-03	23-Aug-03	311	294	340	12
132	28-Jul-03	25-Aug-03	351	374	386	12
133	29-Jul-03	26-Aug-03	374	340	392	11
134	30-Jul-03	27-Aug-03	351	374	374	13

Lampiran 1. Data Kuat Tekan dan Slump Beton (Lanjutan)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f_c' = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

Slump = 12 ± 2 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			Slump (cm)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
135	31-Jul-03	28-Aug-03	334	346	305	11
136	01-Aug-03	29-Aug-03	426	403	392	12
137	02-Aug-03	30-Aug-03	311	294	363	12
138	04-Aug-03	01-Sep-03	392	403	311	11
139	05-Aug-03	02-Sep-03	363	317	386	12
140	06-Aug-03	03-Sep-03	421	380	409	13
141	07-Aug-03	04-Sep-03	369	276	305	12
142	08-Aug-03	05-Sep-03	317	317	299	12
143	09-Aug-03	06-Sep-03	334	328	351	11
144	11-Aug-03	08-Sep-03	392	351	363	14
145	12-Aug-03	09-Sep-03	351	403	328	12
146	13-Aug-03	10-Sep-03	403	374	346	13
147	14-Aug-03	11-Sep-03	397	340	294	13
148	15-Aug-03	12-Sep-03	392	432	409	14
149	16-Aug-03	13-Sep-03	346	346	288	13
150	19-Aug-03	16-Sep-03	328	369	346	12
151	20-Aug-03	17-Sep-03	265	271	271	11
152	21-Aug-03	18-Sep-03	357	363	346	12
153	22-Aug-03	19-Sep-03	432	334	415	11
154	23-Aug-03	20-Sep-03	340	340	299	13
155	25-Aug-03	22-Sep-03	415	438	390	14
156	26-Aug-03	23-Sep-03	288	403	229	13
157	27-Aug-03	24-Sep-03	294	351	357	12
158	28-Aug-03	25-Sep-03	276	299	299	13
159	29-Aug-03	26-Sep-03	374	323	392	14
160	30-Aug-03	27-Sep-03	276	346	294	13
161	01-Sep-03	29-Sep-03	357	357	363	13
162	02-Sep-03	30-Sep-03	305	374	323	12
163	03-Sep-03	01-Oct-03	346	403	334	13
164	04-Sep-03	02-Oct-03	403	403	415	12
165	05-Sep-03	03-Oct-03	374	346	357	12
166	06-Sep-03	04-Oct-03	312	346	403	11
167	08-Sep-03	06-Oct-03	369	363	363	13
168	09-Sep-03	07-Oct-03	380	369	369	12
169	10-Sep-03	08-Oct-03	374	363	357	11
170	11-Sep-03	09-Oct-03	351	363	397	10
171	12-Sep-03	10-Oct-03	340	340	386	12
172	13-Sep-03	11-Oct-03	369	334	374	13
173	15-Sep-03	13-Oct-03	392	363	374	14
174	16-Sep-03	14-Oct-03	351	346	351	14
175	17-Sep-03	15-Oct-03	323	328	311	12
176	18-Sep-03	16-Oct-03	294	392	369	11
177	19-Sep-03	17-Oct-03	357	340	294	11
178	20-Sep-03	18-Oct-03	259	346	351	12

Lampiran 1. Data Kuat Tekan dan Slump Beton (Lanjutan)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f_c' = 22,5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

Slump = 12± 2 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			Slump (cm)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
179	23-Sep-03	21-Oct-03	363	351	340	12
180	24-Sep-03	22-Oct-03	363	317	380	13
181	25-Sep-03	23-Oct-03	326	299	299	12
182	26-Sep-03	24-Oct-03	346	323	340	11
183	27-Sep-03	25-Oct-03	369	282	311	12
184	29-Sep-03	27-Oct-03	271	317	334	11
185	30-Sep-03	28-Oct-03	242	305	294	11
186	01-Oct-03	29-Oct-03	294	311	271	13
187	02-Oct-03	30-Oct-03	374	374	305	14
188	03-Oct-03	31-Oct-03	288	369	317	14
189	04-Oct-03	01-Nov-03	288	317	276	15
190	06-Oct-03	03-Nov-03	317	334	346	15
191	07-Oct-03	04-Nov-03	311	305	323	12
192	08-Oct-03	05-Nov-03	334	282	346	11
193	09-Oct-03	06-Nov-03	288	288	305	12
194	10-Oct-03	07-Nov-03	271	328	276	12
195	11-Oct-03	08-Nov-03	323	351	399	13
196	13-Oct-03	10-Nov-03	346	323	328	12
197	14-Oct-03	11-Nov-03	265	288	357	11
198	15-Oct-03	12-Nov-03	363	340	305	10
199	16-Oct-03	13-Nov-03	363	288	346	12
200	17-Oct-03	14-Nov-03	346	317	317	12
201	18-Oct-03	15-Nov-03	317	236	346	12
202	20-Oct-03	17-Nov-03	363	351	334	11
203	21-Oct-03	18-Nov-03	374	374	340	12
204	22-Oct-03	19-Nov-03	346	357	340	13
205	23-Oct-03	20-Nov-03	305	299	294	10
206	24-Oct-03	21-Nov-03	346	334	346	12
207	25-Oct-03	01-Dec-03	363	334	334	14
208	27-Oct-03	01-Dec-03	351	311	363	13
209	28-Oct-03	02-Dec-03	346	311	346	12
210	29-Oct-03	03-Dec-03	392	403	288	12
211	30-Oct-03	04-Dec-03	323	346	311	11
212	31-Oct-03	05-Dec-03	334	346	346	11
213	01-Nov-03	06-Dec-03	357	340	351	12
214	03-Nov-03	01-Dec-03	346	346	357	13
215	04-Nov-03	02-Dec-03	351	334	357	12
216	05-Nov-03	03-Dec-03	288	294	317	12
217	06-Nov-03	04-Dec-03	334	346	305	13
218	07-Nov-03	05-Dec-03	305	299	311	12
219	08-Nov-03	06-Dec-03	294	305	328	11
220	10-Nov-03	08-Dec-03	392	276	346	13
221	11-Nov-03	09-Dec-03	374	346	374	14
222	12-Nov-03	10-Dec-03	374	403	369	12
223	13-Nov-03	11-Dec-03	374	311	288	12

Lampiran 1. Data Kuat Tekan dan Slump Beton (Lanjutan)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f_c' = 22.5 \text{ MPa}$

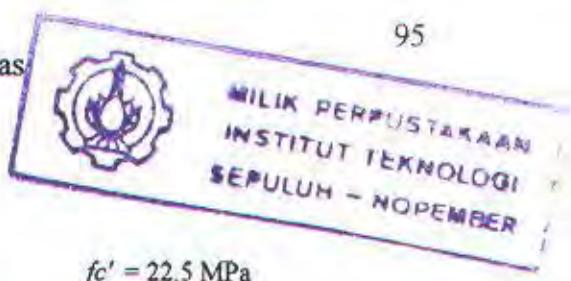
Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

Slump = 12± 2 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			Slump (cm)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
224	14-Nov-03	12-Dec-03	323	323	334	11
225	15-Nov-03	13-Dec-03	311	334	363	12
226	16-Nov-03	14-Dec-03	409	356	342	13
227	17-Nov-03	15-Dec-03	363	357	351	13
228	18-Nov-03	16-Dec-03	386	397	374	11
229	19-Nov-03	17-Dec-03	386	397	374	12
230	20-Nov-03	18-Dec-03	415	380	392	14
231	05-Dec-03	02-Jan-04	340	299	328	11
232	06-Dec-03	03-Jan-04	346	311	311	12
233	08-Dec-03	05-Jan-04	357	357	351	12
234	09-Dec-03	06-Jan-04	334	346	340	14
235	10-Dec-03	07-Jan-04	380	392	397	10
236	11-Dec-03	08-Jan-04	328	317	340	11
237	12-Dec-03	09-Jan-04	346	334	311	11
238	13-Dec-03	10-Jan-04	346	357	334	12
239	15-Dec-03	12-Jan-04	369	346	374	12
240	16-Dec-03	13-Jan-04	351	357	363	13
241	17-Dec-03	14-Jan-04	392	369	380	10
242	18-Dec-03	15-Jan-04	386	380	340	12
243	19-Dec-03	16-Jan-04	397	386	386	11
244	20-Dec-03	17-Jan-04	369	374	374	14
245	22-Dec-03	19-Jan-04	403	392	346	13
246	23-Dec-03	20-Jan-04	403	409	340	12
247	24-Dec-03	21-Jan-04	397	363	374	12
248	27-Dec-03	24-Jan-04	346	369	346	11
249	29-Dec-03	26-Jan-04	340	386	346	12
250	30-Dec-03	27-Jan-04	323	357	346	13
251	31-Dec-03	28-Jan-04	397	386	351	14
252	02-Jan-04	30-Jan-04	403	403	374	14
253	03-Jan-04	31-Jan-04	374	374	363	13

Lampiran 2. Data Kuat Tekan Beton dan Nilai Batas



Concrete Quality control
PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f'_c = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			nilai batas	
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	X _B	X _A
1	03 Maret 2003	31 Maret 2003	317	363	328	317	363
2	04 Maret 2003	01 April 2003	323	334	351	323	351
3	05 Maret 2003	02 April 2003	374	369	346	346	374
4	06 Maret 2003	03 April 2003	323	274	326	274	326
5	07 Maret 2003	04 April 2003	260	278	300	260	300
6	08 Maret 2003	05 April 2003	357	380	253	253	380
7	10 Maret 2003	07 April 2003	386	286	380	286	386
8	11 Maret 2003	08 April 2003	357	374	380	357	380
9	12 Maret 2003	09 April 2003	397	265	248	248	397
10	13 Maret 2003	10 April 2003	385	278	397	278	397
11	14 Maret 2003	11 April 2003	317	272	386	272	386
12	15 Maret 2003	12 April 2003	298	269	284	269	298
13	17 Maret 2003	14 April 2003	351	380	392	351	392
14	18 Maret 2003	15 April 2003	346	369	334	334	369
15	19 Maret 2003	16 April 2003	317	363	397	317	397
16	20 Maret 2003	17 April 2003	282	267	293	267	293
17	21 Maret 2003	18 April 2003	298	249	276	249	298
18	22 Maret 2003	19 April 2003	298	268	300	268	300
19	24 Maret 2003	21 April 2003	299	256	270	256	299
20	25 Maret 2003	22 April 2003	302	289	285	285	302
21	26 Maret 2003	23 April 2003	270	292	288	270	292
22	27 Maret 2003	24 April 2003	284	298	276	276	298
23	28 Maret 2003	25 April 2003	301	297	305	297	305
24	29 Maret 2003	26 April 2003	273	288	253	253	288
25	31 Maret 2003	28 April 2003	334	299	323	299	334
26	01 April 2003	29 April 2003	323	351	363	323	363
27	02 April 2003	30 April 2003	271	253	232	232	271
28	03 April 2003	01 Mei 2003	369	305	311	305	369
29	04 April 2003	02 Mei 2003	398	340	374	340	398
30	05 April 2003	03 Mei 2003	351	369	294	294	369
31	07 April 2003	05 Mei 2003	359	328	299	299	359
32	08 April 2003	06 Mei 2003	387	330	317	317	387
33	09 April 2003	07 Mei 2003	328	324	323	323	328
34	10 April 2003	08 Mei 2003	319	371	359	319	371
35	11 April 2003	09 Mei 2003	363	374	369	363	374
36	12 April 2003	10 Mei 2003	383	334	271	271	383
37	14 April 2003	12 Mei 2003	324	324	318	318	324
38	15 April 2003	13 Mei 2003	323	374	352	323	374
39	16 April 2003	14 Mei 2003	326	340	383	326	383
40	17 April 2003	15 Mei 2003	328	355	356	328	356
41	18 April 2003	16 Mei 2003	346	382	357	346	382
42	19 April 2003	17 Mei 2003	380	397	351	351	397
43	21 April 2003	19 Mei 2003	328	315	327	315	328
44	22 April 2003	20 Mei 2003	357	380	328	328	380
45	23 April 2003	21 Mei 2003	351	384	384	351	384
46	24 April 2003	22 Mei 2003	346	327	316	316	346
47	25 April 2003	23 Mei 2003	323	326	325	323	326
48	26 April 2003	24 Mei 2003	328	346	328	328	346

Lampiran 2. Data Kuat Tekan Beton dan Nilai Batas (Lanjutan)

Concrete Quality control**PT Jatim ReadyMix****Characteristic strength**: 225 kg/cm² $f_c' = 22.5 \text{ MPa}$ **Specimen** : Silinder 15 x 30 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			nilai batas	
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	X _B	X _A
49	28 April 2003	26 Mei 2003	346	340	317	317	346
50	29 April 2003	27 Mei 2003	380	351	403	351	403
51	30 April 2003	28 Mei 2003	328	340	346	328	346
52	01 Mei 2003	29 Mei 2003	357	380	380	357	380
53	02 Mei 2003	30 Mei 2003	351	374	334	334	374
54	03 Mei 2003	31 Mei 2003	346	323	363	323	363
55	05 Mei 2003	02 Juni 2003	369	323	311	311	369
56	06 Mei 2003	03 Juni 2003	328	369	369	328	369
57	07 Mei 2003	04 Juni 2003	365	369	392	365	392
58	08 Mei 2003	05 Juni 2003	351	386	317	317	386
59	09 Mei 2003	06 Juni 2003	346	362	357	346	362
60	10 Mei 2003	07 Juni 2003	357	364	334	334	364
61	12 Mei 2003	09 Juni 2003	340	328	351	328	351
62	13 Mei 2003	10 Juni 2003	363	363	386	363	386
63	14 Mei 2003	11 Juni 2003	369	311	392	311	392
64	15 Mei 2003	12 Juni 2003	351	346	369	346	369
65	16 Mei 2003	13 Juni 2003	356	374	392	356	392
66	17 Mei 2003	14 Juni 2003	351	299	288	288	351
67	19 Mei 2003	16 Juni 2003	340	328	357	328	357
68	20 Mei 2003	17 Juni 2003	346	340	346	340	346
69	21 Mei 2003	18 Juni 2003	409	403	351	351	409
70	22 Mei 2003	19 Juni 2003	340	351	351	340	351
71	23 Mei 2003	20 Juni 2003	248	357	392	248	392
72	24 Mei 2003	21 Juni 2003	397	386	392	386	397
73	26 Mei 2003	23 Juni 2003	305	363	288	288	363
74	27 Mei 2003	24 Juni 2003	305	357	351	305	357
75	28 Mei 2003	25 Juni 2003	323	374	340	323	374
76	29 Mei 2003	26 Juni 2003	288	328	305	288	328
77	30 Mei 2003	27 Juni 2003	363	403	351	351	403
78	31 Mei 2003	28 Juni 2003	403	346	334	334	403
79	02 Juni 2003	30 Juni 2003	369	357	351	351	369
80	03 Juni 2003	01 Juli 2003	299	357	351	299	357
81	04 Juni 2003	02 Juli 2003	299	328	334	299	334
82	05 Juni 2003	03 Juli 2003	311	340	328	311	340
83	06 Juni 2003	04 Juli 2003	409	397	357	357	409
84	07 Juni 2003	05 Juli 2003	328	346	346	328	346
85	09 Juni 2003	07 Juli 2003	299	351	323	299	351
86	10 Juni 2003	08 Juli 2003	346	334	340	334	346
87	11 Juni 2003	09 Juli 2003	357	271	265	265	357
88	12 Juni 2003	10 Juli 2003	346	323	323	323	346
89	13 Juni 2003	11 Juli 2003	334	317	311	311	334
90	14 Juni 2003	12 Juli 2003	346	346	311	311	346
91	16 Juni 2003	14 Juli 2003	288	299	340	288	340
92	17 Juni 2003	15 Juli 2003	392	328	374	328	392
93	18 Juni 2003	16 Juli 2003	357	282	276	276	357
94	19 Juni 2003	17 Juli 2003	294	288	288	288	294
95	20 Juni 2003	18 Juli 2003	334	369	346	334	369
96	21 Juni 2003	19 Juli 2003	288	282	351	282	351

Lampiran 2. Data Kuat Tekan Beton dan Nilai Batas (Lanjutan)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f_{c'} = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			nilai batas	
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	X _B	X _A
97	23 Juni 2003	21 Juli 2003	363	299	282	282	363
98	24 Juni 2003	22 Juli 2003	259	323	288	259	323
99	25 Juni 2003	23 Juli 2003	294	299	288	288	299
100	26 Juni 2003	24 Juli 2003	346	317	351	317	351
101	27 Juni 2003	25 Juli 2003	374	415	415	374	415
102	28 Juni 2003	26 Juli 2003	357	369	369	357	369

Lampiran 3. Data Kuat Tekan untuk Bagan Kendali

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f_c' = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			nilai batas		X'	R
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	X _B	X _A		
1	03 Maret 2003	31 Maret 2003	317	363	328	317	363	336.00	46
2	04 Maret 2003	01 April 2003	323	334	351	323	351	336.00	28
3	05 Maret 2003	02 April 2003	374	369	346	346	374	363.00	28
4	06 Maret 2003	03 April 2003	323	274	326	274	326	307.67	52
5	07 Maret 2003	04 April 2003	260	278	300	260	300	279.33	40
6	08 Maret 2003	05 April 2003	357	380	253	253	380	330.00	127
7	10 Maret 2003	07 April 2003	386	286	380	286	386	350.67	100
8	11 Maret 2003	08 April 2003	357	374	380	357	380	370.33	23
9	12 Maret 2003	09 April 2003	397	265	248	248	397	303.33	149
10	13 Maret 2003	10 April 2003	385	278	397	278	397	353.33	119
11	14 Maret 2003	11 April 2003	317	272	386	272	386	325.00	114
12	15 Maret 2003	12 April 2003	298	269	284	269	298	283.67	29
13	17 Maret 2003	14 April 2003	351	380	392	351	392	374.33	41
14	18 Maret 2003	15 April 2003	346	369	334	334	369	349.67	35
15	19 Maret 2003	16 April 2003	317	363	397	317	397	359.00	80
16	20 Maret 2003	17 April 2003	282	267	293	267	293	280.67	26
17	21 Maret 2003	18 April 2003	298	249	276	249	298	274.33	49
18	22 Maret 2003	19 April 2003	298	268	300	268	300	288.67	32
19	24 Maret 2003	21 April 2003	299	256	270	256	299	275.00	43
20	25 Maret 2003	22 April 2003	302	289	285	285	302	292.00	17
21	26 Maret 2003	23 April 2003	270	292	288	270	292	283.33	22
22	27 Maret 2003	24 April 2003	284	298	276	276	298	286.00	22
23	28 Maret 2003	25 April 2003	301	297	305	297	305	301.00	8
24	29 Maret 2003	26 April 2003	273	288	253	253	288	271.33	35
25	31 Maret 2003	28 April 2003	334	299	323	299	334	318.67	35
26	01 April 2003	29 April 2003	323	351	363	323	363	345.67	40
27	02 April 2003	30 April 2003	271	253	232	232	271	252.00	39
28	03 April 2003	01 Mei 2003	369	305	311	305	369	328.33	64
29	04 April 2003	02 Mei 2003	398	340	374	340	398	370.67	58
30	05 April 2003	03 Mei 2003	351	369	294	294	369	338.00	75
31	07 April 2003	05 Mei 2003	359	328	299	299	359	328.67	60
32	08 April 2003	06 Mei 2003	387	330	317	317	387	344.67	70
33	09 April 2003	07 Mei 2003	328	324	323	323	328	325.00	5
34	10 April 2003	08 Mei 2003	319	371	359	319	371	349.67	52
35	11 April 2003	09 Mei 2003	363	374	369	363	374	368.67	11
36	12 April 2003	10 Mei 2003	383	334	271	271	383	329.33	112
37	14 April 2003	12 Mei 2003	324	324	318	318	324	322.00	6
38	15 April 2003	13 Mei 2003	323	374	352	323	374	349.67	51
39	16 April 2003	14 Mei 2003	326	340	383	326	383	349.67	57
40	17 April 2003	15 Mei 2003	328	355	356	328	356	346.33	28
41	18 April 2003	16 Mei 2003	346	382	357	346	382	361.67	36
42	19 April 2003	17 Mei 2003	380	397	351	351	397	376.00	46
43	21 April 2003	19 Mei 2003	328	315	327	315	328	323.33	13
44	22 April 2003	20 Mei 2003	357	380	328	328	380	355.00	52
45	23 April 2003	21 Mei 2003	351	384	384	351	384	373.00	33
46	24 April 2003	22 Mei 2003	346	327	316	316	346	329.67	30
47	25 April 2003	23 Mei 2003	323	326	325	323	326	324.67	3
48	26 April 2003	24 Mei 2003	328	346	328	328	346	334.00	18

Lampiran 3. Data Kuat Tekan untuk Bagan Kendali (Lanjutan)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm²

$f_c' = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			nilai batas		X'	R
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	X _B	X _A		
49	28 April 2003	26 Mei 2003	346	340	317	317	346	334,33	29
50	29 April 2003	27 Mei 2003	380	351	403	351	403	378,00	52
51	30 April 2003	28 Mei 2003	328	340	346	328	346	338,00	18
52	01 Mei 2003	29 Mei 2003	357	380	380	357	380	372,33	23
53	02 Mei 2003	30 Mei 2003	351	374	334	334	374	353,00	40
54	03 Mei 2003	31 Mei 2003	346	323	363	323	363	344,00	40
55	05 Mei 2003	02 Juni 2003	369	323	311	311	369	334,33	58
56	06 Mei 2003	03 Juni 2003	328	369	369	328	369	355,33	41
57	07 Mei 2003	04 Juni 2003	365	369	392	365	392	375,33	27
58	08 Mei 2003	05 Juni 2003	351	386	317	317	386	351,33	69
59	09 Mei 2003	06 Juni 2003	346	362	357	346	362	355,00	16
60	10 Mei 2003	07 Juni 2003	357	364	334	334	364	351,67	30
61	12 Mei 2003	09 Juni 2003	340	328	351	328	351	339,67	23
62	13 Mei 2003	10 Juni 2003	363	363	386	363	386	370,67	23
63	14 Mei 2003	11 Juni 2003	369	311	392	311	392	357,33	81
64	15 Mei 2003	12 Juni 2003	351	346	369	346	369	355,33	23
65	16 Mei 2003	13 Juni 2003	356	374	392	356	392	374,00	36
66	17 Mei 2003	14 Juni 2003	351	299	288	288	351	312,67	63
67	19 Mei 2003	16 Juni 2003	340	328	357	328	357	341,67	29
68	20 Mei 2003	17 Juni 2003	346	340	346	340	346	344,00	6
69	21 Mei 2003	18 Juni 2003	409	403	351	351	409	387,67	58
70	22 Mei 2003	19 Juni 2003	340	351	351	340	351	347,33	11
71	23 Mei 2003	20 Juni 2003	248	357	392	248	392	332,33	144
72	24 Mei 2003	21 Juni 2003	397	386	392	386	397	391,67	11
73	26 Mei 2003	23 Juni 2003	305	363	288	288	363	318,67	75
74	27 Mei 2003	24 Juni 2003	305	357	351	305	357	337,67	52
75	28 Mei 2003	25 Juni 2003	323	374	340	323	374	345,67	51
76	29 Mei 2003	26 Juni 2003	288	328	305	288	328	307,00	40
77	30 Mei 2003	27 Juni 2003	363	403	351	351	403	372,33	52
78	31 Mei 2003	28 Juni 2003	403	346	334	334	403	361,00	69
79	02 Juni 2003	30 Juni 2003	369	357	351	351	369	359,00	18
80	03 Juni 2003	01 Juli 2003	299	357	351	299	357	335,67	58
81	04 Juni 2003	02 Juli 2003	299	328	334	299	334	320,33	35
82	05 Juni 2003	03 Juli 2003	311	340	328	311	340	326,33	29
83	06 Juni 2003	04 Juli 2003	409	397	357	357	409	387,67	52
84	07 Juni 2003	05 Juli 2003	328	346	346	328	346	340,00	18
85	09 Juni 2003	07 Juli 2003	299	351	323	299	351	324,33	52
86	10 Juni 2003	08 Juli 2003	346	334	340	334	346	340,00	12
87	11 Juni 2003	09 Juli 2003	357	271	265	265	357	297,67	92
88	12 Juni 2003	10 Juli 2003	346	323	323	323	346	330,67	23
89	13 Juni 2003	11 Juli 2003	334	317	311	311	334	320,67	23
90	14 Juni 2003	12 Juli 2003	346	346	311	311	346	334,33	35
91	16 Juni 2003	14 Juli 2003	288	299	340	288	340	309,00	52
92	17 Juni 2003	15 Juli 2003	392	328	374	328	392	364,67	64
93	18 Juni 2003	16 Juli 2003	357	282	276	276	357	305,00	81
94	19 Juni 2003	17 Juli 2003	294	288	288	288	294	290,00	6
95	20 Juni 2003	18 Juli 2003	334	369	346	334	369	349,67	35
96	21 Juni 2003	19 Juli 2003	288	282	351	282	351	307,00	69

Lampiran 3. Data Kuat Tekan untuk Bagan Kendali (Lanjutan)

Concrete Quality control

PT Jatim ReadyMix

Characteristic strength

: 225 kg/cm² $f'c = 22.5 \text{ MPa}$

Specimen

: Silinder 15 x 30 cm

No Urut sampel	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Kuat Tekan Hasil pengukuran			nilai batas		X'	R
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	X _B	X _A		
97	23 Juni 2003	21 Juli 2003	363	299	282	282	363	314.67	81
98	24 Juni 2003	22 Juli 2003	259	323	288	259	323	290.00	64
99	25 Juni 2003	23 Juli 2003	294	299	288	288	299	293.67	11
100	26 Juni 2003	24 Juli 2003	346	317	351	317	351	338.00	34
101	27 Juni 2003	25 Juli 2003	374	415	415	374	415	401.33	41
102	28 Juni 2003	26 Juli 2003	357	369	369	357	369	365.00	12
								335.31	44.57

Lampiran 4 Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan pada Beton Ready Mix

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Pengukuran pada unit n=3			Perhitungan			
			Kuat Tekan Hasil pengukuran			Jumlah	Rata-rata X-bar	Range R	Standar deviasi S = R / d2
			Sample 1	Sample 2	Sample 3				
1	30-Nov-02	02-Jan-03	305	317	265	887	295.67	52	30.71
2	21-Dec-02	18-Jan-03	253	282	299	834	278.00	46	27.17
3	02-Jan-03	30-Jan-03	265	276	282	823	274.33	17	10.04
4	10-Jan-03	07-Feb-03	265	271	276	812	270.67	11	6.50
5	16-Jan-03	13-Feb-03	276	288	294	858	286.00	18	10.63
6	22-Jan-03	19-Feb-03	294	299	299	892	297.33	5	2.95
7	27-Jan-03	24-Feb-03	271	265	271	807	269.00	6	3.54
8	06-Feb-03	06-Mar-03	271	265	276	812	270.67	11	6.50
9	10-Feb-03	10-Mar-03	271	276	276	823	274.33	5	2.95
10	14-Feb-03	14-Mar-03	269	265	275	809	269.67	10	5.91
11	15-Feb-03	15-Mar-03	280	275	265	820	273.33	15	8.86
12	19-Feb-03	19-Mar-03	357	380	397	1134	378.00	40	23.63
13	20-Feb-03	20-Mar-03	250	287	260	797	265.67	37	21.85
14	22-Feb-03	22-Mar-03	284	268	260	812	270.67	24	14.18
15	25-Feb-03	25-Mar-03	374	363	380	1117	372.33	17	10.04
16	03-Mar-03	31-Mar-03	317	363	328	1008	336.00	46	27.17
17	04-Mar-03	01-Apr-03	323	334	351	1008	336.00	28	16.54
18	05-Mar-03	02-Apr-03	374	369	346	1089	363.00	28	16.54
19	06-Mar-03	03-Apr-03	323	274	326	923	307.67	52	30.71
20	07-Mar-03	04-Apr-03	260	278	300	838	279.33	40	23.63
21	08-Mar-03	05-Apr-03	357	380	253	990	330.00	127	75.01
22	10-Mar-03	07-Apr-03	386	286	380	1052	350.67	100	59.07
23	11-Mar-03	08-Apr-03	357	374	380	1111	370.33	23	13.59
24	12-Mar-03	09-Apr-03	397	265	248	910	303.33	149	88.01
25	13-Mar-03	10-Apr-03	385	278	397	1060	353.33	119	70.29
26	14-Mar-03	11-Apr-03	317	272	386	975	325.00	114	67.34
27	15-Mar-03	12-Apr-03	298	269	284	851	283.67	29	17.13
28	17-Mar-03	14-Apr-03	351	380	392	1123	374.33	41	24.22
29	18-Mar-03	15-Apr-03	346	369	334	1049	349.67	35	20.67
30	19-Mar-03	16-Apr-03	317	363	397	1077	359.00	80	47.25
31	20-Mar-03	17-Apr-03	282	267	293	842	280.67	26	15.36
32	21-Mar-03	18-Apr-03	298	249	276	823	274.33	49	28.94
33	22-Mar-03	19-Apr-03	298	268	300	866	288.67	32	18.90
34	24-Mar-03	21-Apr-03	299	256	270	825	275.00	43	25.40
35	25-Mar-03	22-Apr-03	302	289	285	876	292.00	17	10.04
36	26-Mar-03	23-Apr-03	270	292	288	850	283.33	22	12.99
37	27-Mar-03	24-Apr-03	284	298	276	858	286.00	22	12.99
38	28-Mar-03	25-Apr-03	301	297	305	903	301.00	8	4.73
39	29-Mar-03	26-Apr-03	273	288	253	814	271.33	35	20.67
40	31-Mar-03	28-Apr-03	334	299	323	956	318.67	35	20.67
41	01-Apr-03	29-Apr-03	323	351	363	1037	345.67	40	23.63
42	02-Apr-03	30-Apr-03	271	253	232	756	252.00	39	23.04
43	03-Apr-03	01-May-03	369	305	311	985	328.33	64	37.80
44	04-Apr-03	02-May-03	398	340	374	1112	370.67	58	34.26
45	05-Apr-03	03-May-03	351	369	294	1014	338.00	75	44.30
46	07-Apr-03	05-May-03	359	328	299	986	328.67	60	35.44
47	08-Apr-03	06-May-03	387	330	317	1034	344.67	70	41.35
48	09-Apr-03	07-May-03	328	324	323	975	325.00	5	2.95
49	10-Apr-03	08-May-03	319	371	359	1049	349.67	52	30.71
50	11-Apr-03	09-May-03	363	374	369	1106	368.67	11	6.50
51	12-Apr-03	10-May-03	383	334	271	988	329.33	112	66.15
52	14-Apr-03	12-May-03	324	324	318	966	322.00	6	3.54
53	15-Apr-03	13-May-03	323	374	352	1049	349.67	51	30.12
54	16-Apr-03	14-May-03	326	340	383	1049	349.67	57	33.67
55	17-Apr-03	15-May-03	328	355	356	1039	346.33	28	16.54
56	18-Apr-03	16-May-03	346	382	357	1085	361.67	36	21.26
57	19-Apr-03	17-May-03	380	397	351	1128	376.00	46	27.17

Lampiran 4 Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan pada Beton Ready Mix (Lanjutan)

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Pengukuran pada unit n=3			Perhitungan			
			Kuat Tekan Hasil pengukuran			Jumlah	Rata-rata X-bar	Range R	Standar deviasi S = R / d2
			Sample 1	Sample 2	Sample 3				
58	21-Apr-03	19-May-03	328	315	327	970	323.33	13	7.68
59	22-Apr-03	20-May-03	357	380	328	1065	355.00	52	30.71
60	23-Apr-03	21-May-03	351	384	384	1119	373.00	33	19.49
61	24-Apr-03	22-May-03	346	327	316	989	329.67	30	17.72
62	25-Apr-03	23-May-03	323	326	325	974	324.67	3	1.77
63	26-Apr-03	24-May-03	328	346	328	1002	334.00	18	10.63
64	28-Apr-03	26-May-03	346	340	317	1003	334.33	29	17.13
65	29-Apr-03	27-May-03	380	351	403	1134	378.00	52	30.71
66	30-Apr-03	28-May-03	328	340	346	1014	338.00	18	10.63
67	01-May-03	29-May-03	357	380	380	1117	372.33	23	13.59
68	02-May-03	30-May-03	351	374	334	1059	353.00	40	23.63
69	03-May-03	31-May-03	346	323	363	1032	344.00	40	23.63
70	05-May-03	01-Jun-03	369	323	311	1003	334.33	58	34.26
71	06-May-03	02-Jun-03	328	369	369	1066	355.33	41	24.22
72	07-May-03	03-Jun-03	365	369	392	1126	375.33	27	15.95
73	08-May-03	05-Jun-03	351	386	317	1054	351.33	69	40.76
74	09-May-03	06-Jun-03	346	362	357	1065	355.00	16	9.45
75	10-May-03	07-Jun-03	357	364	334	1055	351.67	30	17.72
76	12-May-03	09-Jun-03	340	328	351	1019	339.67	23	13.59
77	13-May-03	10-Jun-03	363	363	386	1112	370.67	23	13.59
78	14-May-03	11-Jun-03	369	311	392	1072	357.33	81	47.84
79	15-May-03	12-Jun-03	351	346	369	1066	355.33	23	13.59
80	16-May-03	13-Jun-03	356	374	392	1122	374.00	36	21.26
81	17-May-03	14-Jun-03	351	299	288	938	312.67	63	37.21
82	19-May-03	16-Jun-03	340	328	357	1025	341.67	29	17.13
83	20-May-03	17-Jun-03	346	340	346	1032	344.00	6	3.54
84	21-May-03	18-Jun-03	409	403	351	1163	387.67	58	34.26
85	22-May-03	19-Jun-03	340	351	351	1042	347.33	11	6.50
86	23-May-03	20-Jun-03	248	357	392	997	332.33	144	85.06
87	24-May-03	21-Jun-03	397	386	392	1175	391.67	11	6.50
88	26-May-03	23-Jun-03	305	363	288	956	318.67	75	44.30
89	27-May-03	24-Jun-03	305	357	351	1013	337.67	52	30.71
90	28-May-03	25-Jun-03	323	374	340	1037	345.67	51	30.12
91	29-May-03	26-Jun-03	288	328	305	921	307.00	40	23.63
92	30-May-03	27-Jun-03	363	403	351	1117	372.33	52	30.71
93	31-May-03	28-Jun-03	403	346	334	1083	361.00	69	40.76
94	02-Jun-03	29-Jun-03	369	357	351	1077	359.00	18	10.63
95	03-Jun-03	01-Jul-03	299	357	351	1007	335.67	58	34.26
96	04-Jun-03	02-Jul-03	299	328	334	961	320.33	35	20.67
97	05-Jun-03	03-Jul-03	311	340	328	979	326.33	29	17.13
98	06-Jun-03	04-Jul-03	409	397	357	1163	387.67	52	30.71
99	07-Jun-03	05-Jul-03	328	346	346	1020	340.00	18	10.63
100	09-Jun-03	07-Jul-03	299	351	323	973	324.33	52	30.71
101	10-Jun-03	08-Jul-03	346	334	340	1020	340.00	12	7.09
102	11-Jun-03	09-Jul-03	357	271	265	893	297.67	92	54.34
103	12-Jun-03	10-Jul-03	346	323	323	992	330.67	23	13.59
104	13-Jun-03	11-Jul-03	334	317	311	962	320.67	23	13.59
105	14-Jun-03	12-Jul-03	346	346	311	1003	334.33	35	20.67
106	16-Jun-03	14-Jul-03	288	299	340	927	309.00	52	30.71
107	17-Jun-03	15-Jul-03	392	328	374	1094	364.67	64	37.80
108	18-Jun-03	16-Jul-03	357	282	276	915	305.00	81	47.84
109	19-Jun-03	17-Jul-03	294	288	288	870	290.00	6	3.54
110	20-Jun-03	18-Jul-03	334	369	346	1049	349.67	35	20.67
111	21-Jun-03	19-Jul-03	288	282	351	921	307.00	69	40.76

Lampiran 4 Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan pada Beton Ready Mix (Lanjutan)

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Pengukuran pada unit n=3			Perhitungan			
			Kuat Tekan Hasil pengukuran			Jumlah	Rata-rata X-bar	Range R	Standar deviasi S = R / d2
			Sample 1	Sample 2	Sample 3				
112	23-Jun-03	21-Jul-03	363	299	282	944	314.67	81	47.84
113	24-Jun-03	22-Jul-03	259	323	288	870	290.00	64	37.80
114	25-Jun-03	23-Jul-03	294	299	288	881	293.67	11	6.50
115	26-Jun-03	24-Jul-03	346	317	351	1014	338.00	34	20.08
116	27-Jun-03	25-Jul-03	374	415	415	1204	401.33	41	24.22
117	28-Jun-03	26-Jul-03	357	369	369	1095	365.00	12	7.09
118	01-Jul-03	29-Jul-03	340	386	334	1060	353.33	52	30.71
119	04-Jul-03	01-Aug-03	299	240	323	862	287.33	83	49.03
120	07-Jul-03	04-Aug-03	386	369	421	1176	392.00	52	30.71
121	10-Jul-03	07-Aug-03	415	386	369	1170	390.00	46	27.17
122	14-Jul-03	11-Aug-03	449	461	415	1325	441.67	46	27.17
123	17-Jul-03	14-Aug-03	351	363	323	1037	345.67	40	23.63
124	18-Jul-03	15-Aug-03	403	392	311	1106	368.67	92	54.34
125	19-Jul-03	16-Aug-03	369	340	357	1066	355.33	29	17.13
126	21-Jul-03	18-Aug-03	415	392	369	1176	392.00	46	27.17
127	22-Jul-03	19-Aug-03	397	351	374	1122	374.00	46	27.17
128	23-Jul-03	20-Aug-03	444	461	461	1366	455.33	17	10.04
129	24-Jul-03	21-Aug-03	374	357	403	1134	378.00	46	27.17
130	25-Jul-03	22-Aug-03	305	334	288	927	309.00	46	27.17
131	26-Jul-03	23-Aug-03	311	294	340	945	315.00	46	27.17
132	28-Jul-03	25-Aug-03	351	374	386	1111	370.33	35	20.67
133	29-Jul-03	26-Aug-03	374	340	392	1106	368.67	52	30.71
134	30-Jul-03	27-Aug-03	351	374	374	1099	366.33	23	13.59
135	31-Jul-03	28-Aug-03	334	346	305	985	328.33	41	24.22
136	01-Aug-03	29-Aug-03	426	403	392	1221	407.00	34	20.08
137	02-Aug-03	30-Aug-03	311	294	363	968	322.67	69	40.76
138	04-Aug-03	01-Sep-03	392	403	311	1106	368.67	92	54.34
139	05-Aug-03	02-Sep-03	363	317	386	1066	355.33	69	40.76
140	06-Aug-03	03-Sep-03	421	380	409	1210	403.33	41	24.22
141	07-Aug-03	04-Sep-03	369	276	305	950	316.67	93	54.93
142	08-Aug-03	05-Sep-03	317	317	299	933	311.00	18	10.63
143	09-Aug-03	06-Sep-03	334	328	351	1013	337.67	23	13.59
144	11-Aug-03	08-Sep-03	392	351	363	1106	368.67	41	24.22
145	12-Aug-03	09-Sep-03	351	403	328	1082	360.67	75	44.30
146	13-Aug-03	10-Sep-03	403	374	346	1123	374.33	57	33.67
147	14-Aug-03	11-Sep-03	397	340	294	1031	343.67	103	60.84
148	15-Aug-03	12-Sep-03	392	432	409	1233	411.00	40	23.63
149	16-Aug-03	13-Sep-03	346	346	288	980	326.67	58	34.26
150	19-Aug-03	16-Sep-03	328	369	346	1043	347.67	41	24.22
151	20-Aug-03	17-Sep-03	265	271	271	807	269.00	6	3.54
152	21-Aug-03	18-Sep-03	357	363	346	1066	355.33	17	10.04
153	22-Aug-03	19-Sep-03	432	334	415	1181	393.67	98	57.89
154	23-Aug-03	20-Sep-03	340	340	299	979	326.33	41	24.22
155	25-Aug-03	22-Sep-03	415	438	390	1243	414.33	48	28.35
156	26-Aug-03	23-Sep-03	288	403	229	920	306.67	174	102.78
157	27-Aug-03	24-Sep-03	294	351	357	1002	334.00	63	37.21
158	28-Aug-03	25-Sep-03	276	299	299	874	291.33	23	13.59
159	29-Aug-03	26-Sep-03	374	323	392	1089	363.00	69	40.76
160	30-Aug-03	27-Sep-03	276	346	294	916	305.33	70	41.35
161	01-Sep-03	29-Sep-03	357	357	363	1077	359.00	6	3.54
162	02-Sep-03	30-Sep-03	305	374	323	1002	334.00	69	40.76
163	03-Sep-03	01-Oct-03	346	403	334	1083	361.00	69	40.76
164	04-Sep-03	02-Oct-03	403	403	415	1221	407.00	12	7.09
165	05-Sep-03	03-Oct-03	374	346	357	1077	359.00	28	16.54
166	06-Sep-03	04-Oct-03	312	346	403	1061	353.67	91	53.75
167	08-Sep-03	06-Oct-03	369	363	363	1095	365.00	6	3.54
168	09-Sep-03	07-Oct-03	380	369	369	1118	372.67	11	6.50

Lampiran 4 Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan pada Beton Ready Mix (Lanjutan)

103

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Pengukuran pada unit n=3			Perhitungan			
			Kuat Tekan Hasil pengukuran			Jumlah	Rata-rata X-bar	Range R	Standar deviasi S = R / d2
			Sample 1	Sample 2	Sample 3				
169	10-Sep-03	08-Oct-03	374	363	357	1094	364.67	17	10.04
170	11-Sep-03	09-Oct-03	351	363	397	1111	370.33	46	27.17
171	12-Sep-03	10-Oct-03	340	340	386	1066	355.33	46	27.17
172	13-Sep-03	11-Oct-03	369	334	374	1077	359.00	40	23.63
173	15-Sep-03	13-Oct-03	392	363	374	1129	376.33	29	17.13
174	16-Sep-03	14-Oct-03	351	346	351	1048	349.33	5	2.95
175	17-Sep-03	15-Oct-03	323	328	311	962	320.67	17	10.04
176	18-Sep-03	16-Oct-03	294	392	369	1055	351.67	98	57.89
177	19-Sep-03	17-Oct-03	357	340	294	991	330.33	63	37.21
178	20-Sep-03	18-Oct-03	259	346	351	956	318.67	92	54.34
179	23-Sep-03	21-Oct-03	363	351	340	1054	351.33	23	13.59
180	24-Sep-03	22-Oct-03	363	317	380	1060	353.33	63	37.21
181	25-Sep-03	23-Oct-03	326	299	299	924	308.00	27	15.95
182	26-Sep-03	24-Oct-03	346	323	340	1009	336.33	23	13.59
183	27-Sep-03	25-Oct-03	369	282	311	962	320.67	87	51.39
184	29-Sep-03	27-Oct-03	271	317	334	922	307.33	63	37.21
185	30-Sep-03	28-Oct-03	242	305	294	841	280.33	63	37.21
186	01-Oct-03	29-Oct-03	294	311	271	876	292.00	40	23.63
187	02-Oct-03	30-Oct-03	374	374	305	1053	351.00	69	40.76
188	03-Oct-03	31-Oct-03	288	369	317	974	324.67	81	47.84
189	04-Oct-03	01-Nov-03	288	317	276	881	293.67	41	24.22
190	06-Oct-03	03-Nov-03	317	334	346	997	332.33	29	17.13
191	07-Oct-03	04-Nov-03	311	305	323	939	313.00	18	10.63
192	08-Oct-03	05-Nov-03	334	282	346	962	320.67	64	37.80
193	09-Oct-03	06-Nov-03	288	288	305	881	293.67	17	10.04
194	10-Oct-03	07-Nov-03	271	328	276	875	291.67	57	33.67
195	11-Oct-03	08-Nov-03	323	351	399	1073	357.67	76	44.89
196	13-Oct-03	10-Nov-03	346	323	328	997	332.33	23	13.59
197	14-Oct-03	11-Nov-03	265	288	357	910	303.33	92	54.34
198	15-Oct-03	12-Nov-03	363	340	305	1008	336.00	58	34.26
199	16-Oct-03	13-Nov-03	363	288	346	997	332.33	75	44.30
200	17-Oct-03	14-Nov-03	346	317	317	980	326.67	29	17.13
201	18-Oct-03	15-Nov-03	317	236	346	899	299.67	110	64.97
202	20-Oct-03	17-Nov-03	363	351	334	1048	349.33	29	17.13
203	21-Oct-03	18-Nov-03	374	374	340	1088	362.67	34	20.08
204	22-Oct-03	19-Nov-03	346	357	340	1043	347.67	17	10.04
205	23-Oct-03	20-Nov-03	305	299	294	898	299.33	11	6.50
206	24-Oct-03	21-Nov-03	346	334	346	1026	342.00	12	7.09
207	25-Oct-03	01-Dec-03	363	334	334	1031	343.67	29	17.13
208	27-Oct-03	01-Dec-03	351	311	363	1025	341.67	52	30.71
209	28-Oct-03	02-Dec-03	346	311	346	1003	334.33	35	20.67
210	29-Oct-03	03-Dec-03	392	403	288	1083	361.00	115	67.93
211	30-Oct-03	04-Dec-03	323	346	311	980	326.67	35	20.67
212	31-Oct-03	05-Dec-03	334	346	346	1026	342.00	12	7.09
213	01-Nov-03	06-Dec-03	357	340	351	1048	349.33	17	10.04
214	03-Nov-03	01-Dec-03	346	346	357	1049	349.67	11	6.50
215	04-Nov-03	02-Dec-03	351	334	357	1042	347.33	23	13.59
216	05-Nov-03	03-Dec-03	288	294	317	899	299.67	29	17.13
217	06-Nov-03	04-Dec-03	334	346	305	985	328.33	41	24.22
218	07-Nov-03	05-Dec-03	305	299	311	915	305.00	12	7.09
219	08-Nov-03	06-Dec-03	294	305	328	927	309.00	34	20.08
220	10-Nov-03	08-Dec-03	392	276	346	1014	338.00	116	68.52
221	11-Nov-03	09-Dec-03	374	346	374	1094	364.67	28	16.54
222	12-Nov-03	10-Dec-03	374	403	369	1146	382.00	34	20.08
223	13-Nov-03	11-Dec-03	374	311	288	973	324.33	86	50.80
224	14-Nov-03	12-Dec-03	323	323	334	980	326.67	11	6.50
225	15-Nov-03	13-Dec-03	311	334	363	1008	336.00	52	30.71

Lampiran 4 Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan pada Beton Ready Mix (Lanjutan)

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Pengukuran pada unit n=3			Perhitungan			
			Kuat Tekan Hasil pengukuran			Jumlah	Rata-rata X-bar	Range R	Standar deviasi S = R / d2
			Sample 1	Sample 2	Sample 3				
226	16-Nov-03	14-Dec-03	409	356	342	1107	369.00	67	39.57
227	17-Nov-03	15-Dec-03	363	357	351	1071	357.00	12	7.09
228	18-Nov-03	16-Dec-03	386	397	374	1157	385.67	23	13.59
229	19-Nov-03	17-Dec-03	386	397	374	1157	385.67	23	13.59
230	20-Nov-03	18-Dec-03	415	380	392	1187	395.67	35	20.67
231	05-Dec-03	02-Jan-04	340	299	328	967	322.33	41	24.22
232	06-Dec-03	03-Jan-04	346	311	311	968	322.67	35	20.67
233	08-Dec-03	05-Jan-04	357	357	351	1065	355.00	6	3.54
234	09-Dec-03	06-Jan-04	334	346	340	1020	340.00	12	7.09
235	10-Dec-03	07-Jan-04	380	392	397	1169	389.67	17	10.04
236	11-Dec-03	08-Jan-04	328	317	340	985	328.33	23	13.59
237	12-Dec-03	09-Jan-04	346	334	311	991	330.33	35	20.67
238	13-Dec-03	10-Jan-04	346	357	334	1037	345.67	23	13.59
239	15-Dec-03	12-Jan-04	369	346	374	1089	363.00	28	16.54
240	16-Dec-03	13-Jan-04	351	357	363	1071	357.00	12	7.09
241	17-Dec-03	14-Jan-04	392	369	380	1141	380.33	23	13.59
242	18-Dec-03	15-Jan-04	386	380	340	1106	368.67	46	27.17
243	19-Dec-03	16-Jan-04	397	386	386	1169	389.67	11	6.50
244	20-Dec-03	17-Jan-04	369	374	374	1117	372.33	5	2.95
245	22-Dec-03	19-Jan-04	403	392	346	1141	380.33	57	33.67
246	23-Dec-03	20-Jan-04	403	409	340	1152	384.00	69	40.76
247	24-Dec-03	21-Jan-04	397	363	374	1134	378.00	34	20.08
248	27-Dec-03	24-Jan-04	346	369	346	1061	353.67	23	13.59
249	29-Dec-03	26-Jan-04	340	386	346	1072	357.33	46	27.17
250	30-Dec-03	27-Jan-04	323	357	346	1026	342.00	34	20.08
251	31-Dec-03	28-Jan-04	397	386	351	1134	378.00	46	27.17
252	02-Jan-04	30-Jan-04	403	403	374	1180	393.33	29	17.13
253	03-Jan-04	31-Jan-04	374	374	363	1111	370.33	11	6.50
						Jumlah	85923.667	10835	
						Rata-rata	X-bar 339.619	R 42.826	S = R / d2 25.30

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan

Rata-Rata (mean) Proses = X-bar = 339.619

Standar Deviasi Proses = S = R-bar/d2 = 25.30

Nilai d2 untuk ukuran contoh n = 3 adalah 1.693

Lampiran 5. Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan Satu Batas Spesifikasi - LSL

Contoh	X-bar	Standar Deviasi	DPMO	Sigma
1	295.67	30.71	67464.96	2.9949407
2	278.00	27.17	149234.35	2.5397228
3	274.33	10.04	7178.38	3.9482108
4	270.67	6.50	642.60	4.7192652
5	286.00	10.63	325.39	4.9095139
6	297.33	2.95	0.00	6.928288
7	269.00	3.54	0.03	6.9317083
8	270.67	6.50	642.60	4.7192652
9	274.33	2.95	0.00	6.928288
10	269.67	5.91	373.27	4.8718917
11	273.33	8.86	3886.52	4.1617722
12	378.00	23.63	0.03	6.9281813
13	265.67	21.85	233216.50	2.228295
14	270.67	14.18	70039.55	2.9754965
15	372.33	10.04	0.00	6.928288
16	336.00	27.17	750.80	4.674375
17	336.00	16.54	0.09	6.7150446
18	363.00	16.54	0.00	8.3475796
19	307.67	30.71	29672.21	3.385633
20	279.33	23.63	105264.06	2.7521146
21	330.00	75.01	142357.06	2.5697894
22	350.67	59.07	43770.03	3.2085192
23	370.33	13.59	0.00	6.928288
24	303.33	88.01	271316.53	2.1088361
25	353.33	70.29	70285.40	2.9736688
26	325.00	67.34	131884.21	2.6175285
27	283.67	17.13	23849.99	3.4800316
28	374.33	24.22	0.13	6.6443801
29	349.67	20.67	0.67	6.3331119
30	359.00	47.25	10388.76	3.8120031
31	280.67	15.36	22049.39	3.5131506
32	274.33	28.94	197835.15	2.3493793
33	288.67	18.90	19750.24	3.5589349
34	275.00	25.40	160076.06	2.4941453
35	292.00	10.04	12.90	5.7076029
36	283.33	12.99	4877.57	4.0843902
37	286.00	12.99	2638.64	4.2896023
38	301.00	4.73	0.00	6.928288
39	271.33	20.67	148238.84	2.5440167
40	318.67	20.67	428.65	4.8335976
41	345.67	23.63	24.57	5.5596729
42	252.00	23.04	461095.95	1.5976731
43	328.33	37.80	18819.03	3.5787747
44	370.67	34.26	208.16	5.0295158
45	338.00	44.30	23180.23	3.4920967
46	328.67	35.44	12981.48	3.7267653
47	344.67	41.35	10848.60	3.7956274
48	325.00	2.95	0.00	6.928288
49	349.67	30.71	570.85	4.7530561
50	368.67	6.50	0.00	6.928288
51	329.33	66.15	114490.61	2.7029874
52	322.00	3.54	0.00	6.928288
53	349.67	30.12	455.21	4.8168415

Lampiran 5. Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan Satu Batas Spesifikasi - LSL (Lanjutan)

Contoh	X-bar	Standar Deviasi	DPMO	Sigma
54	349.67	33.67	1500.18	4.4677003
55	346.33	16.54	0.00	7.3398423
56	361.67	21.26	0.07	6.7631921
57	376.00	27.17	1.69	6.1465489
58	323.33	7.68	0.00	6.928288
59	355.00	30.71	305.49	4.9266971
60	373.00	19.49	0.00	7.8230984
61	329.67	17.72	3.24	6.0099639
62	324.67	1.77	0.00	6.928288
63	334.00	10.63	0.00	9.4223025
64	334.33	17.13	0.39	6.4379166
65	378.00	30.71	14.87	5.675524
66	338.00	10.63	0.00	6.928288
67	372.33	13.59	0.00	6.928288
68	353.00	23.63	6.21	5.8700563
69	344.00	23.63	33.16	5.4891312
70	334.33	34.26	6775.35	3.9689583
71	355.33	24.22	6.51	5.8598191
72	375.33	15.95	0.00	9.3659253
73	351.33	40.76	6342.86	3.9924722
74	355.00	9.45	0.00	6.928288
75	351.67	17.72	0.00	7.2514972
76	339.67	13.59	0.00	8.1186475
77	370.67	13.59	0.00	6.928288
78	357.33	47.84	12268.20	3.7486245
79	355.33	13.59	0.00	9.2694538
80	374.00	21.26	0.00	7.3432014
81	312.67	37.21	45441.27	3.1907606
82	341.67	17.13	0.04	6.8660316
83	344.00	3.54	0.00	6.928288
84	387.67	34.26	28.40	5.5257399
85	347.33	6.50	0.00	6.928288
86	332.33	85.06	165792.15	2.4709277
87	391.67	6.50	0.00	6.928288
88	318.67	44.30	59892.23	3.0556789
89	337.67	30.71	2102.47	4.3623638
90	345.67	30.12	726.13	4.6840572
91	307.00	23.63	7694.21	3.9231063
92	372.33	30.71	32.89	5.4910304
93	361.00	40.76	3170.02	4.2296558
94	359.00	10.63	0.00	6.928288
95	335.67	34.26	6072.93	4.0078779
96	320.33	20.67	319.83	4.9142167
97	326.33	17.13	3.89	5.9708822
98	387.67	30.71	3.56	5.9902484
99	340.00	10.63	0.00	6.928288
100	324.33	30.71	7585.71	3.9282612
101	340.00	7.09	0.00	6.928288
102	297.67	54.34	188950.37	2.3817708
103	330.67	13.59	0.00	7.4561703
104	320.67	13.59	0.09	6.7200833
105	334.33	20.67	21.44	5.5914167
106	309.00	30.71	26862.75	3.4290433

Lampiran 5. Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan
Satu Batas Spesifikasi - LSL (Lanjutan)

Contoh	X-bar	Standar Deviasi	DPMO	Sigma
107	364.67	37.80	1183.26	4.5399049
108	305.00	47.84	124087.56	2.6547932
109	290.00	3.54	0.00	6.928288
110	349.67	20.67	0.67	6.3331119
111	307.00	40.76	80055.36	2.9046993
112	314.67	47.84	87416.27	2.8568385
113	290.00	37.80	143497.19	2.5647383
114	293.67	6.50	0.00	8.2591734
115	338.00	20.08	5.56	5.8943309
116	401.33	24.22	0.00	7.7592825
117	365.00	7.09	0.00	6.928288
118	353.33	30.71	372.53	4.8724343
119	287.33	49.03	221656.88	2.2666094
120	392.00	30.71	1.82	6.1313317
121	390.00	27.17	0.12	6.6618098
122	441.67	27.17	0.00	8.5633586
123	345.67	23.63	24.57	5.5596729
124	368.67	54.34	14322.96	3.6883252
125	355.33	17.13	0.00	7.6638821
126	392.00	27.17	0.08	6.7354185
127	374.00	27.17	2.40	6.0729402
128	455.33	10.04	0.00	6.928288
129	378.00	27.17	1.18	6.2201576
130	309.00	27.17	14604.38	3.6806576
131	315.00	27.17	8164.37	3.9014837
132	370.33	20.67	0.00	7.3327881
133	368.67	30.71	54.05	5.3716522
134	366.33	13.59	0.00	6.928288
135	328.33	24.22	587.42	4.7449167
136	407.00	20.08	0.00	9.3270109
137	322.67	40.76	36799.34	3.2891002
138	368.67	54.34	14322.96	3.6883252
139	355.33	40.76	4790.20	4.0906171
140	403.33	24.22	0.00	7.8418678
141	316.67	54.93	111579.47	2.7181711
142	311.00	10.63	0.00	7.2609028
143	337.67	13.59	0.00	7.9714309
144	368.67	24.22	0.45	6.4103882
145	360.67	44.30	6144.09	4.0037589
146	374.33	33.67	107.65	5.2003436
147	343.67	60.84	61330.73	3.0436982
148	411.00	23.63	0.00	8.3249041
149	326.67	34.26	12378.58	3.745171
150	347.67	24.22	26.36	5.5432419
151	269.00	3.54	0.03	6.9317083
152	355.33	10.04	0.00	6.928288
153	393.67	57.89	6455.16	3.9862338
154	326.33	24.22	782.56	4.6623313
155	414.33	28.35	0.00	7.3049913
156	306.67	102.78	289860.39	2.0537926
157	334.00	37.21	11785.47	3.7640516
158	291.33	13.59	1103.38	4.5608949
159	363.00	40.76	2728.61	4.2787283

Lampiran 5. Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan Satu Batas Spesifikasi - LSL (Lanjutan)

Contoh	X-bar	Standar Deviasi	DPMO	Sigma
160	305.33	41.35	89422.04	2.8443226
161	359.00	3.54	0.00	6.928288
162	334.00	40.76	19358.71	3.5671775
163	361.00	40.76	3170.02	4.2296558
164	407.00	7.09	0.00	6.928288
165	359.00	16.54	0.00	8.1057228
166	353.67	53.75	26599.21	3.4333068
167	365.00	3.54	0.00	6.928288
168	372.67	6.50	0.00	6.928288
169	364.67	10.04	0.00	6.928288
170	370.33	27.17	4.54	5.9379909
171	355.33	27.17	50.97	5.3859257
172	359.00	23.63	1.88	6.1240063
173	376.33	17.13	0.00	8.8897505
174	349.33	2.95	0.00	6.928288
175	320.67	10.04	0.00	8.5624696
176	351.67	57.89	39147.78	3.2606624
177	330.33	37.21	15174.05	3.6655172
178	318.67	54.34	102360.33	2.7682165
179	351.33	13.59	0.00	8.9769794
180	353.33	37.21	2687.99	4.2835966
181	308.00	15.95	129.85	5.1524907
182	336.33	13.59	0.00	7.8732862
183	320.67	51.39	83789.93	2.880022
184	307.33	37.21	60878.85	3.0474378
185	280.33	37.21	205576.47	2.3218664
186	292.00	23.63	36869.35	3.2882313
187	351.00	40.76	6490.44	3.9842935
188	324.67	47.84	58691.77	3.0658508
189	293.67	24.22	34882.22	3.313437
190	332.33	17.13	0.71	6.321158
191	313.00	10.63	0.00	7.4490139
192	320.67	37.80	30329.87	3.3759674
193	293.67	10.04	6.11	5.8735833
194	291.67	33.67	106566.14	2.7449985
195	357.67	44.89	8108.70	3.9039857
196	332.33	13.59	0.00	7.5788514
197	303.33	54.34	162054.33	2.4860498
198	336.00	34.26	5907.74	4.0176078
199	332.33	44.30	31148.14	3.3641811
200	326.67	17.13	3.56	5.990342
201	299.67	64.97	221165.51	2.2682629
202	349.33	17.13	0.00	7.3136063
203	362.67	20.08	0.01	7.1225858
204	347.67	10.04	0.00	6.928288
205	299.33	6.50	0.00	9.1302733
206	342.00	7.09	0.00	6.928288
207	343.67	17.13	0.02	6.9827902
208	341.67	30.71	1383.08	4.4925946
209	334.33	20.67	21.44	5.5914167
210	361.00	67.93	50732.39	3.1377935
211	326.67	20.67	99.39	5.220569
212	342.00	7.09	0.00	6.928288

Lampiran 5. Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan Satu Batas Spesifikasi - LSL (Lanjutan)

Contoh	X-bar	Standar Deviasi	DPMO	Sigma
213	349.33	10.04	0.00	6.928288
214	349.67	6.50	0.00	6.928288
215	347.33	13.59	0.00	8.6829942
216	299.67	17.13	1783.57	4.4141006
217	328.33	24.22	587.42	4.7449167
218	305.00	7.09	0.00	9.2928727
219	309.00	20.08	1587.32	4.4503015
220	338.00	68.52	98874.11	2.7879935
221	364.67	16.54	0.00	8.4483504
222	382.00	20.08	0.00	8.085272
223	324.33	50.80	71018.03	2.968251
224	326.67	6.50	0.00	6.928288
225	336.00	30.71	2491.73	4.308101
226	369.00	39.57	1292.17	4.5132873
227	357.00	7.09	0.00	6.928288
228	385.67	13.59	0.00	6.928288
229	385.67	13.59	0.00	6.928288
230	395.67	20.67	0.00	8.5581792
231	322.33	24.22	1362.54	4.4971606
232	322.67	20.67	210.08	5.0270833
233	355.00	3.54	0.00	6.928288
234	340.00	7.09	0.00	6.928288
235	389.67	10.04	0.00	6.928288
236	328.33	13.59	0.00	7.2844167
237	330.33	20.67	48.51	5.397931
238	345.67	13.59	0.00	8.5602803
239	363.00	16.54	0.00	8.3475796
240	357.00	7.09	0.00	6.928288
241	380.33	13.59	0.00	6.928288
242	368.67	27.17	6.03	5.8766504
243	389.67	6.50	0.00	6.928288
244	372.33	2.95	0.00	6.928288
245	380.33	33.67	52.54	5.3785541
246	384.00	40.76	493.88	4.7939891
247	378.00	20.08	0.00	7.8860954
248	353.67	13.59	0.00	9.1486056
249	357.33	27.17	37.55	5.4595344
250	342.00	20.08	2.18	6.0935074
251	378.00	27.17	1.18	6.2201576
252	393.33	17.13	0.00	6.928288
253	370.33	6.50	0.00	6.928288
Proses	339.61924	25,30	190,64	5.0527088

Lampiran 6 Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan
Dua Batas Spesifikasi – USL dan LSL

Contoh	X-bar	S	DPMO	Sigma
1	295.67	30.71	250745.60	2.1721453
2	278.00	27.17	196603.34	2.3538165
3	274.33	10.04	7178.90	3.948185
4	270.67	6.50	642.60	4.7192652
5	286.00	10.63	543.06	4.7672107
6	297.33	2.95	0.00	6.98828
7	269.00	3.54	0.03	6.9317083
8	270.67	6.50	642.60	4.7192652
9	274.33	2.95	0.00	6.98828
10	269.67	5.91	373.27	4.8718917
11	273.33	8.86	3886.53	4.1617715
12	378.00	23.63	989582.08	-0.810946
13	265.67	21.85	237341.17	2.2148814
14	270.67	14.18	70139.20	2.9747551
15	372.33	10.04	999999.45	-3.3731843
16	336.00	27.17	679331.91	1.0341686
17	336.00	16.54	776925.32	0.7381497
18	363.00	16.54	991675.88	-0.8943857
19	307.67	30.71	333913.38	1.9291326
20	279.33	23.63	136346.23	2.5968832
21	330.00	75.01	677411.84	1.0395264
22	350.67	59.07	721594.78	0.9124144
23	370.33	13.59	999724.55	-1.9547014
24	303.33	88.01	681137.39	1.0291183
25	353.33	70.29	735179.83	0.8714449
26	325.00	67.34	641362.75	1.1378963
27	283.67	17.13	34031.13	3.3245944
28	374.33	24.22	982274.85	-0.6031771
29	349.67	20.67	898057.38	0.22944
30	359.00	47.25	784779.46	0.7115629
31	280.67	15.36	24745.68	3.4643342
32	274.33	28.94	242844.09	2.1971832
33	288.67	18.90	52810.15	3.1181963
34	275.00	25.40	188426.51	2.3837095
35	292.00	10.04	895.69	4.6228016
36	283.33	12.99	5901.12	4.0180027
37	286.00	12.99	4639.03	4.1016346
38	301.00	4.73	1.07	6.2404
39	271.33	20.67	154130.98	2.5188757
40	318.67	20.67	409879.40	1.7278552
41	345.67	23.63	827040.01	0.5574673
42	252.00	23.04	462065.21	1.5952322
43	328.33	37.80	570734.43	1.3217557
44	370.67	34.26	916368.29	0.1189495
45	338.00	44.30	652318.03	1.1084137
46	328.67	35.44	572049.91	1.3184045
47	344.67	41.35	707344.78	0.9543557
48	325.00	2.95	706008.07	0.95824
49	349.67	30.71	804345.67	0.6427535
50	368.67	6.50	1000000.00	-5.4669579
51	329.33	66.15	650223.31	1.1140766
52	322.00	3.54	346409.14	1.8950333
53	349.67	30.12	808837.47	0.6263797
54	349.67	33.67	783853.62	0.7147257



Lampiran 6 Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan
Dua Batas Spesifikasi – USL dan LSL (Lanjutan)

Contoh	X-bar	S	DPMO	Sigma
55	346.33	16.54	917225.38	0.1133524
56	361.67	21.26	964037.87	-0.2995972
57	376.00	27.17	973562.25	-0.4359363
58	323.33	7.68	496536.41	1.5086821
59	355.00	30.71	848524.07	0.4698761
60	373.00	19.49	994530.33	-1.0446303
61	329.67	17.72	638202.23	1.1463425
62	324.67	1.77	762640.55	0.7851778
63	334.00	10.63	840615.05	0.5030111
64	334.33	17.13	738354.83	0.8617183
65	378.00	30.71	962284.19	-0.2778309
66	338.00	10.63	915156.64	0.1267889
67	372.33	13.59	999842.06	-2.1019188
68	353.00	23.63	894870.60	0.2471459
69	344.00	23.63	808400.33	0.6279834
70	334.33	34.26	631965.26	1.1629371
71	355.33	24.22	906357.25	0.1813481
72	375.33	15.95	999435.85	-1.7564123
73	351.33	40.76	759790.39	0.7943716
74	355.00	9.45	999586.62	-1.843675
75	351.67	17.72	944664.26	-0.0951823
76	339.67	13.59	884418.45	0.3026319
77	370.67	13.59	999748.58	-1.9792377
78	357.33	47.84	773183.08	0.7506294
79	355.33	13.59	990627.68	-0.850571
80	374.00	21.26	991334.41	-0.8796057
81	312.67	37.21	431947.38	1.6714184
82	341.67	17.13	856877.57	0.4336044
83	344.00	3.54	1000000.00	-4.3126333
84	387.67	34.26	969695.39	-0.3763356
85	347.33	6.50	999885.00	-2.1835576
86	332.33	85.06	707615.63	0.9535676
87	391.67	6.50	1000000.00	-4.31263
88	318.67	44.30	517347.37	1.4565029
89	337.67	30.71	680954.02	1.0296318
90	345.67	30.12	770823.03	0.7584399
91	307.00	23.63	251494.56	2.169794
92	372.33	30.71	944470.34	-0.0934498
93	361.00	40.76	825052.35	0.5652076
94	359.00	10.63	999593.57	-1.8483778
95	335.67	34.26	645923.64	1.1256618
96	320.33	20.67	441357.43	1.6475285
97	326.33	17.13	567988.72	1.3287441
98	387.67	30.71	981801.04	-0.592454
99	340.00	10.63	940776.13	-0.0613222
100	324.33	30.71	519706.57	1.4505828
101	340.00	7.09	990409.21	-0.8419833
102		54.34	506861.05	1.482801
103	330.67	13.59	703636.99	0.9651101
104	320.67	13.59	420272.32	1.7011969
105	334.33	20.67	701570.48	0.9710772
106	309.00	30.71	346458.05	1.8949008
107	364.67	37.80	863685.89	0.4029699

Lampiran 6 Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan
Dua Batas Spesifikasi – USL dan LSL (Lanjutan)

Contoh	X-bar	S	DPMO	Sigma
108	305.00	47.84	474360.86	1.5643121
109	290.00	3.54	0.00	6.98828
110	349.67	20.67	898057.38	0.22944
111	307.00	40.76	423752.33	1.6923033
112	314.67	47.84	514996.75	1.4623999
113	290.00	37.80	331971.00	1.9344771
114	293.67	6.50	2.37	6.0762297
115	338.00	20.08	766390.78	0.7729877
116	401.33	24.22	999354.73	-1.7180765
117	365.00	7.09	1000000.00	-4.3690667
118	353.33	30.71	835483.32	0.5239372
119	287.33	49.03	452621.72	1.6190403
120	392.00	30.71	987242.43	-0.7335128
121	390.00	27.17	992880.48	-0.9511757
122	441.67	27.17	999993.28	-2.8527276
123	345.67	23.63	827040.01	0.5574673
124	368.67	54.34	811902.03	0.6150729
125	355.33	17.13	968856.42	-0.364246
126	392.00	27.17	994211.52	-1.0247833
127	374.00	27.17	968722.00	-0.3623341
128	455.33	10.04	1000000.00	-4.36907
129	378.00	27.17	977760.03	-0.5095396
130	309.00	27.17	312666.37	1.9883065
131	315.00	27.17	386765.60	1.787759
132	370.33	20.67	988403.26	-0.7702325
133	368.67	30.71	929783.39	0.0258203
134	366.33	13.59	999211.88	-1.6602667
135	328.33	24.22	581297.58	1.2947859
136	407.00	20.08	999984.28	-2.6627882
137	322.67	40.76	529621.46	1.4256817
138	368.67	54.34	811902.03	0.6150729
139	355.33	40.76	788130.37	0.7000491
140	403.33	24.22	999517.71	-1.8006619
141	316.67	54.93	562801.05	1.3419253
142	311.00	10.63	121748.84	2.6662889
143	337.67	13.59	853175.59	0.4498493
144	368.67	24.22	969201.71	-0.3691886
145	360.67	44.30	806035.35	0.6366213
146	374.33	33.67	934943.61	-0.0136573
147	343.67	60.84	691809.27	0.9990147
148	411.00	23.63	999895.41	-2.20767
149	326.67	34.26	550361.31	1.3734258
150	347.67	24.22	841863.20	0.4978551
151	269.00	3.54	0.03	6.9317083
152	355.33	10.04	999264.09	-1.6801843
153	393.67	57.89	894060.77	0.2515832
154	326.33	24.22	548986.62	1.3768985
155	414.33	28.35	999330.05	-1.7072958
156	306.67	102.78	725193.06	0.9016612
157	334.00	37.21	623907.46	1.1842405
158	291.33	13.59	10231.36	3.8177536
159	363.00	40.76	837112.47	0.5173405
160	305.33	41.35	420493.95	1.70063

Lampiran 6 Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan
Dua Batas Spesifikasi – USL dan LSL (Lanjutan)

Contoh	X-bar	S	DPMO	Sigma
161	359.00	3.54	1000000.00	-4.36907
162	334.00	40.76	621959.25	1.1893695
163	361.00	40.76	825052.35	0.5652076
164	407.00	7.09	1000000.00	-4.36907
165	359.00	16.54	984322.13	-0.6525286
166	353.67	53.75	739913.44	0.8569214
167	365.00	3.54	1000000.00	-4.36907
168	372.67	6.50	1000000.00	-4.36907
169	364.67	10.04	999980.19	-2.6096745
170	370.33	27.17	957952.19	-0.2274013
171	355.33	27.17	880110.71	0.3244596
172	359.00	23.63	934067.07	-0.0067847
173	376.33	17.13	998999.93	-1.5902115
174	349.33	2.95	1000000.00	-4.36907
175	320.67	10.04	392731.11	1.7722078
176	351.67	57.89	726486.57	0.8977787
177	330.33	37.21	589076.97	1.2748288
178	318.67	54.34	567654.90	1.3295932
179	351.33	13.59	980115.31	-0.5561362
180	353.33	37.21	792104.69	0.6862543
181	308.00	15.95	167242.77	2.4651183
182	336.33	13.59	829452.98	0.5479942
183	320.67	51.39	562580.18	1.3424858
184	307.33	37.21	393836.86	1.7693326
185	280.33	37.21	329145.00	1.9422753
186	292.00	23.63	128792.51	2.6321175
187	351.00	40.76	757350.91	0.8021935
188	324.67	47.84	569252.49	1.3255286
189	293.67	24.22	144649.05	2.5596626
190	332.33	17.13	698999.07	0.9784761
191	313.00	10.63	163993.20	2.4781778
192	320.67	37.80	501509.38	1.4962165
193	293.67	10.04	1538.87	4.4598645
194	291.67	33.67	279525.37	2.0842521
195	357.67	44.89	785476.91	0.7091751
196	332.33	13.59	744593.09	0.842429
197	303.33	54.34	518017.47	1.4548215
198	336.00	34.26	649392.70	1.1163186
199	332.33	44.30	611054.96	1.2179303
200	326.67	17.13	575625.49	1.3092852
201	299.67	64.97	578617.62	1.3016417
202	349.33	17.13	934983.29	-0.0139701
203	362.67	20.08	974723.17	-0.4552492
204	347.67	10.04	992168.49	-0.9166745
205	299.33	6.50	106.08	5.2040788
206	342.00	7.09	995656.72	-1.12415
207	343.67	17.13	881625.97	0.3168459
208	341.67	30.71	725367.93	0.9011368
209	334.33	20.67	701570.48	0.9710772
210	361.00	67.93	760784.65	0.7911712
211	326.67	20.67	562876.24	1.3417344
212	342.00	7.09	995656.72	-1.12415
213	349.33	10.04	995097.83	-1.0826549

Lampiran 6 Kapabilitas Sigma dan DPMO Kuat Tekan Beton Ready Mix dengan
Dua Batas Spesifikasi – USL dan LSL (Lanjutan)

Contoh	X-bar	S	DPMO	Sigma
214	349.67	6.50	999973.58	-2.5426788
215	347.33	13.59	960940.12	-0.2617014
216	299.67	17.13	84727.95	2.8739542
217	328.33	24.22	581297.58	1.2947859
218	305.00	7.09	4716.72	4.0959333
219	309.00	20.08	238263.48	2.2118996
220	338.00	68.52	683243.57	1.0232117
221	364.67	16.54	993704.97	-0.9951595
222	382.00	20.08	998238.21	-1.4179333
223	324.33	50.80	578347.64	1.3023319
224	326.67	6.50	692436.90	0.9972303
225	336.00	30.71	661671.98	1.0829694
226	369.00	39.57	876683.15	0.3414354
227	357.00	7.09	999998.93	-3.2404
228	385.67	13.59	999997.71	-3.0833681
229	385.67	13.59	999997.71	-3.0833681
230	395.67	20.67	999763.54	-1.9956419
231	322.33	24.22	483796.59	1.5406271
232	322.67	20.67	486061.62	1.5349455
233	355.00	3.54	1000000.00	-4.36907
234	340.00	7.09	990409.21	-0.8419833
235	389.67	10.04	1000000.00	-5.0993808
236	328.33	13.59	641748.44	1.1368638
237	330.33	20.67	631377.49	1.1644961
238	345.67	13.59	949395.48	-0.1390203
239	363.00	16.54	991675.88	-0.8943857
240	357.00	7.09	999998.93	-3.2404
241	380.33	13.59	999986.10	-2.6907884
242	368.67	27.17	952150.33	-0.1660707
243	389.67	6.50	1000000.00	-4.36907
244	372.33	2.95	1000000.00	-4.36907
245	380.33	33.67	954636.04	-0.1915703
246	384.00	40.76	931972.70	0.0093546
247	378.00	20.08	996723.63	-1.2187588
248	353.67	13.59	987056.07	-0.7278899
249	357.33	27.17	894185.66	0.2509005
250	342.00	20.08	822823.51	0.573821
251	378.00	27.17	977760.03	-0.5095396
252	393.33	17.13	999977.74	-2.5826598
253	370.33	6.50	1000000.00	-5.7235063
Proses	339.61924	25.30	739487.29	0.8582345

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Slump cm	Range Bergerak MR	Standar Deviasi S = MR / d2
1	30-Nov-02	02-Jan-03	12	-	-
2	21-Dec-02	18-Jan-03	13	1	0.88652
3	02-Jan-03	30-Jan-03	12	1	0.88652
4	10-Jan-03	07-Feb-03	10	2	1.77305
5	16-Jan-03	13-Feb-03	12	2	1.77305
6	22-Jan-03	19-Feb-03	12	0	0.00000
7	27-Jan-03	24-Feb-03	12	0	0.00000
8	06-Feb-03	06-Mar-03	10	2	1.77305
9	10-Feb-03	10-Mar-03	15	5	4.43262
10	14-Feb-03	14-Mar-03	13	2	1.77305
11	15-Feb-03	15-Mar-03	15	2	1.77305
12	19-Feb-03	19-Mar-03	13	2	1.77305
13	20-Feb-03	20-Mar-03	12	1	0.88652
14	22-Feb-03	22-Mar-03	12	0	0.00000
15	25-Feb-03	25-Mar-03	10	2	1.77305
16	03-Mar-03	31-Mar-03	11	1	0.88652
17	04-Mar-03	01-Apr-03	12	1	0.88652
18	05-Mar-03	02-Apr-03	12	0	0.00000
19	06-Mar-03	03-Apr-03	11	1	0.88652
20	07-Mar-03	04-Apr-03	12	1	0.88652
21	08-Mar-03	05-Apr-03	12	0	0.00000
22	10-Mar-03	07-Apr-03	10	2	1.77305
23	11-Mar-03	08-Apr-03	10	0	0.00000
24	12-Mar-03	09-Apr-03	10	0	0.00000
25	13-Mar-03	10-Apr-03	13	3	2.65957
26	14-Mar-03	11-Apr-03	10	3	2.65957
27	15-Mar-03	12-Apr-03	10	0	0.00000
28	17-Mar-03	14-Apr-03	12	2	1.77305
29	18-Mar-03	15-Apr-03	12	0	0.00000
30	19-Mar-03	16-Apr-03	12	0	0.00000
31	20-Mar-03	17-Apr-03	12	0	0.00000
32	21-Mar-03	18-Apr-03	12	0	0.00000
33	22-Mar-03	19-Apr-03	10	2	1.77305
34	24-Mar-03	21-Apr-03	13	3	2.65957
35	25-Mar-03	22-Apr-03	13	0	0.00000
36	26-Mar-03	23-Apr-03	11	2	1.77305
37	27-Mar-03	24-Apr-03	12	1	0.88652
38	28-Mar-03	25-Apr-03	10	2	1.77305
39	29-Mar-03	26-Apr-03	12	2	1.77305
40	31-Mar-03	28-Apr-03	13	1	0.88652
41	01-Apr-03	29-Apr-03	12	1	0.88652
42	02-Apr-03	30-Apr-03	10	2	1.77305
43	03-Apr-03	01-May-03	11	1	0.88652
44	04-Apr-03	02-May-03	12	1	0.88652
45	05-Apr-03	03-May-03	12	0	0.00000
46	07-Apr-03	05-May-03	11	1	0.88652
47	08-Apr-03	06-May-03	12	1	0.88652
48	09-Apr-03	07-May-03	12	0	0.00000
49	10-Apr-03	08-May-03	12	0	0.00000
50	11-Apr-03	09-May-03	12	0	0.00000
51	12-Apr-03	10-May-03	13	1	0.88652
52	14-Apr-03	12-May-03	12	1	0.88652
53	15-Apr-03	13-May-03	12	0	0.00000
54	16-Apr-03	14-May-03	12	0	0.00000
55	17-Apr-03	15-May-03	13	1	0.88652
56	18-Apr-03	16-May-03	12	1	0.88652

Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Slump pada Beton Ready Mix (Lanjutan)

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Slump cm	Range Bergerak MR	Standar Deviasi S = MR / d2
57	19-Apr-03	17-May-03	12	0	0.00000
58	21-Apr-03	19-May-03	13	1	0.88652
59	22-Apr-03	20-May-03	15	2	1.77305
60	23-Apr-03	21-May-03	12	3	2.65957
61	24-Apr-03	22-May-03	12	0	0.00000
62	25-Apr-03	23-May-03	12	0	0.00000
63	26-Apr-03	24-May-03	12	0	0.00000
64	28-Apr-03	26-May-03	13	1	0.88652
65	29-Apr-03	27-May-03	12	1	0.88652
66	30-Apr-03	28-May-03	12	0	0.00000
67	01-May-03	29-May-03	12	0	0.00000
68	02-May-03	30-May-03	12	0	0.00000
69	03-May-03	31-May-03	12	0	0.00000
70	05-May-03	01-Jun-03	12	0	0.00000
71	06-May-03	02-Jun-03	11	1	0.88652
72	07-May-03	03-Jun-03	10	1	0.88652
73	08-May-03	05-Jun-03	12	2	1.77305
74	09-May-03	06-Jun-03	13	1	0.88652
75	10-May-03	07-Jun-03	12	1	0.88652
76	12-May-03	09-Jun-03	12	0	0.00000
77	13-May-03	10-Jun-03	12	0	0.00000
78	14-May-03	11-Jun-03	13	1	0.88652
79	15-May-03	12-Jun-03	10	3	2.65957
80	16-May-03	13-Jun-03	13	3	2.65957
81	17-May-03	14-Jun-03	12	1	0.88652
82	19-May-03	16-Jun-03	12	0	0.00000
83	20-May-03	17-Jun-03	13	1	0.88652
84	21-May-03	18-Jun-03	14	1	0.88652
85	22-May-03	19-Jun-03	13	1	0.88652
86	23-May-03	20-Jun-03	12	1	0.88652
87	24-May-03	21-Jun-03	11	1	0.88652
88	26-May-03	23-Jun-03	13	2	1.77305
89	27-May-03	24-Jun-03	11	2	1.77305
90	28-May-03	25-Jun-03	12	1	0.88652
91	29-May-03	26-Jun-03	12	0	0.00000
92	30-May-03	27-Jun-03	13	1	0.88652
93	31-May-03	28-Jun-03	12	1	0.88652
94	02-Jun-03	29-Jun-03	11	1	0.88652
95	03-Jun-03	01-Jul-03	10	1	0.88652
96	04-Jun-03	02-Jul-03	13	3	2.65957
97	05-Jun-03	03-Jul-03	12	1	0.88652
98	06-Jun-03	04-Jul-03	11	1	0.88652
99	07-Jun-03	05-Jul-03	10	1	0.88652
100	09-Jun-03	07-Jul-03	12	2	1.77305
101	10-Jun-03	08-Jul-03	12	0	0.00000
102	11-Jun-03	09-Jul-03	11	1	0.88652
103	12-Jun-03	10-Jul-03	12	1	0.88652
104	13-Jun-03	11-Jul-03	12	0	0.00000
105	14-Jun-03	12-Jul-03	11	1	0.88652
106	16-Jun-03	14-Jul-03	12	1	0.88652
107	17-Jun-03	15-Jul-03	13	1	0.88652
108	18-Jun-03	16-Jul-03	11	2	1.77305
109	19-Jun-03	17-Jul-03	12	1	0.88652
110	20-Jun-03	18-Jul-03	11	1	0.88652
111	21-Jun-03	19-Jul-03	12	1	0.88652
112	23-Jun-03	21-Jul-03	12	0	0.00000

Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Slump pada Beton Ready Mix (Lanjutan)

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Slump cm	Range Bergerak MR	Standar Deviasi S = MR / d2
113	24-Jun-03	22-Jul-03	12	0	0.00000
114	25-Jun-03	23-Jul-03	13	1	0.88652
115	26-Jun-03	24-Jul-03	12	1	0.88652
116	27-Jun-03	25-Jul-03	11	1	0.88652
117	28-Jun-03	26-Jul-03	12	1	0.88652
118	01-Jul-03	29-Jul-03	13	1	0.88652
119	04-Jul-03	01-Aug-03	13	0	0.00000
120	07-Jul-03	04-Aug-03	12	1	0.88652
121	10-Jul-03	07-Aug-03	12	0	0.00000
122	14-Jul-03	11-Aug-03	11	1	0.88652
123	17-Jul-03	14-Aug-03	12	1	0.88652
124	18-Jul-03	15-Aug-03	12	0	0.00000
125	19-Jul-03	16-Aug-03	12	0	0.00000
126	21-Jul-03	18-Aug-03	11	1	0.88652
127	22-Jul-03	19-Aug-03	10	1	0.88652
128	23-Jul-03	20-Aug-03	13	3	2.65957
129	24-Jul-03	21-Aug-03	13	0	0.00000
130	25-Jul-03	22-Aug-03	14	1	0.88652
131	26-Jul-03	23-Aug-03	12	2	1.77305
132	28-Jul-03	25-Aug-03	12	0	0.00000
133	29-Jul-03	26-Aug-03	11	1	0.88652
134	30-Jul-03	27-Aug-03	13	2	1.77305
135	31-Jul-03	28-Aug-03	11	2	1.77305
136	01-Aug-03	29-Aug-03	12	1	0.88652
137	02-Aug-03	30-Aug-03	12	0	0.00000
138	04-Aug-03	01-Sep-03	11	1	0.88652
139	05-Aug-03	02-Sep-03	12	1	0.88652
140	06-Aug-03	03-Sep-03	13	1	0.88652
141	07-Aug-03	04-Sep-03	12	1	0.88652
142	08-Aug-03	05-Sep-03	12	0	0.00000
143	09-Aug-03	06-Sep-03	11	1	0.88652
144	11-Aug-03	08-Sep-03	14	3	2.65957
145	12-Aug-03	09-Sep-03	12	2	1.77305
146	13-Aug-03	10-Sep-03	13	1	0.88652
147	14-Aug-03	11-Sep-03	13	0	0.00000
148	15-Aug-03	12-Sep-03	14	1	0.88652
149	16-Aug-03	13-Sep-03	13	1	0.88652
150	19-Aug-03	16-Sep-03	12	1	0.88652
151	20-Aug-03	17-Sep-03	11	1	0.88652
152	21-Aug-03	18-Sep-03	12	1	0.88652
153	22-Aug-03	19-Sep-03	11	1	0.88652
154	23-Aug-03	20-Sep-03	13	2	1.77305
155	25-Aug-03	22-Sep-03	14	1	0.88652
156	26-Aug-03	23-Sep-03	13	1	0.88652
157	27-Aug-03	24-Sep-03	12	1	0.88652
158	28-Aug-03	25-Sep-03	13	1	0.88652
159	29-Aug-03	26-Sep-03	14	1	0.88652
160	30-Aug-03	27-Sep-03	13	1	0.88652
161	01-Sep-03	29-Sep-03	13	0	0.00000
162	02-Sep-03	30-Sep-03	12	1	0.88652
163	03-Sep-03	01-Oct-03	13	1	0.88652
164	04-Sep-03	02-Oct-03	12	1	0.88652
165	05-Sep-03	03-Oct-03	12	0	0.00000
166	06-Sep-03	04-Oct-03	11	1	0.88652
167	08-Sep-03	06-Oct-03	13	2	1.77305
168	09-Sep-03	07-Oct-03	12	1	0.88652

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Slump cm	Range Bergerak MR	Standar Deviasi S = MR / d2
169	10-Sep-03	08-Oct-03	11	1	0.88652
170	11-Sep-03	09-Oct-03	10	1	0.88652
171	12-Sep-03	10-Oct-03	12	2	1.77305
172	13-Sep-03	11-Oct-03	13	1	0.88652
173	15-Sep-03	13-Oct-03	14	1	0.88652
174	16-Sep-03	14-Oct-03	14	0	0.00000
175	17-Sep-03	15-Oct-03	12	2	1.77305
176	18-Sep-03	16-Oct-03	11	1	0.88652
177	19-Sep-03	17-Oct-03	11	0	0.00000
178	20-Sep-03	18-Oct-03	12	1	0.88652
179	23-Sep-03	21-Oct-03	12	0	0.00000
180	24-Sep-03	22-Oct-03	13	1	0.88652
181	25-Sep-03	23-Oct-03	12	1	0.88652
182	26-Sep-03	24-Oct-03	11	1	0.88652
183	27-Sep-03	25-Oct-03	12	1	0.88652
184	29-Sep-03	27-Oct-03	11	1	0.88652
185	30-Sep-03	28-Oct-03	11	0	0.00000
186	01-Oct-03	29-Oct-03	13	2	1.77305
187	02-Oct-03	30-Oct-03	14	1	0.88652
188	03-Oct-03	31-Oct-03	14	0	0.00000
189	04-Oct-03	01-Nov-03	15	1	0.88652
190	06-Oct-03	03-Nov-03	15	0	0.00000
191	07-Oct-03	04-Nov-03	12	3	2.65957
192	08-Oct-03	05-Nov-03	11	1	0.88652
193	09-Oct-03	06-Nov-03	12	1	0.88652
194	10-Oct-03	07-Nov-03	12	0	0.00000
195	11-Oct-03	08-Nov-03	13	1	0.88652
196	13-Oct-03	10-Nov-03	12	1	0.88652
197	14-Oct-03	11-Nov-03	11	1	0.88652
198	15-Oct-03	12-Nov-03	10	1	0.88652
199	16-Oct-03	13-Nov-03	12	2	1.77305
200	17-Oct-03	14-Nov-03	12	0	0.00000
201	18-Oct-03	15-Nov-03	12	0	0.00000
202	20-Oct-03	17-Nov-03	11	1	0.88652
203	21-Oct-03	18-Nov-03	12	1	0.88652
204	22-Oct-03	19-Nov-03	13	1	0.88652
205	23-Oct-03	20-Nov-03	10	3	2.65957
206	24-Oct-03	21-Nov-03	12	2	1.77305
207	25-Oct-03	01-Dec-03	14	2	1.77305
208	27-Oct-03	01-Dec-03	13	1	0.88652
209	28-Oct-03	02-Dec-03	12	1	0.88652
210	29-Oct-03	03-Dec-03	12	0	0.00000
211	30-Oct-03	04-Dec-03	11	1	0.88652
212	31-Oct-03	05-Dec-03	11	0	0.00000
213	01-Nov-03	06-Dec-03	12	1	0.88652
214	03-Nov-03	01-Dec-03	13	1	0.88652
215	04-Nov-03	02-Dec-03	12	1	0.88652
216	05-Nov-03	03-Dec-03	12	0	0.00000
217	06-Nov-03	04-Dec-03	13	1	0.88652
218	07-Nov-03	05-Dec-03	12	1	0.88652
219	08-Nov-03	06-Dec-03	11	1	0.88652
220	10-Nov-03	08-Dec-03	13	2	1.77305
221	11-Nov-03	09-Dec-03	14	1	0.88652
222	12-Nov-03	10-Dec-03	12	2	1.77305
223	13-Nov-03	11-Dec-03	12	0	0.00000
224	14-Nov-03	12-Dec-03	11	1	0.88652

Contoh	tanggal pembuatan	tgl pengukuran (28 hari)	Slump cm	Range Bergerak MR	Standar Deviasi S = MR / d2
225	15-Nov-03	13-Dec-03	12	1	0.88652
226	16-Nov-03	14-Dec-03	13	1	0.88652
227	17-Nov-03	15-Dec-03	13	0	0.00000
228	18-Nov-03	16-Dec-03	11	2	1.77305
229	19-Nov-03	17-Dec-03	12	1	0.88652
230	20-Nov-03	18-Dec-03	14	2	1.77305
231	05-Dec-03	02-Jan-04	11	3	2.65957
232	06-Dec-03	03-Jan-04	12	1	0.88652
233	08-Dec-03	05-Jan-04	12	0	0.00000
234	09-Dec-03	06-Jan-04	14	2	1.77305
235	10-Dec-03	07-Jan-04	10	4	3.54610
236	11-Dec-03	08-Jan-04	11	1	0.88652
237	12-Dec-03	09-Jan-04	11	0	0.00000
238	13-Dec-03	10-Jan-04	12	1	0.88652
239	15-Dec-03	12-Jan-04	12	0	0.00000
240	16-Dec-03	13-Jan-04	13	1	0.88652
241	17-Dec-03	14-Jan-04	10	3	2.65957
242	18-Dec-03	15-Jan-04	12	2	1.77305
243	19-Dec-03	16-Jan-04	11	1	0.88652
244	20-Dec-03	17-Jan-04	14	3	2.65957
245	22-Dec-03	19-Jan-04	13	1	0.88652
246	23-Dec-03	20-Jan-04	12	1	0.88652
247	24-Dec-03	21-Jan-04	12	0	0.00000
248	27-Dec-03	24-Jan-04	11	1	0.88652
249	29-Dec-03	26-Jan-04	12	1	0.88652
250	30-Dec-03	27-Jan-04	13	1	0.88652
251	31-Dec-03	28-Jan-04	14	1	0.88652
252	02-Jan-04	30-Jan-04	14	0	0.00000
253	03-Jan-04	31-Jan-04	13	1	0.88652
		Jumlah	3052	259	-
		Rata-rata	12.063	MR 1.024	S = MR / d2 0.908

Catatan : MR = nilai absolut selisih pengukuran sesudah dan pengukuran

sebelum, misal: MR untuk contoh ke-2 adalah: Absolut ($X_2 - X_1$) =

Absolut (13-12) = 1. Nilai MR selalu positif

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan (overall process)

Rata-Rata (mean) Proses = $X_{\text{bar}} = 12.063$

Standar Deviasi Proses = $S = MR / d2 = 0.908$

Nilai d_2 yang dipergunakan adalah untuk ukuran contoh $n = 2$, yaitu: 1.128

Lampiran 8 Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix

Contoh	X	S	DPMO	Sigma
1	12	-	-	-
2	13	0.88652	130017.15	2.626
3	12	0.88652	24070.63	3.476
4	10	1.77305	512035.32	1.470
5	12	1.77305	259319.92	2.145
6	12	-	-	-
7	12	-	-	-
8	10	1.77305	512035.32	1.470
9	15	4.43262	718903.69	0.920
10	13	1.77305	331700.05	1.935
11	15	1.77305	716024.12	0.929
12	13	1.77305	331700.05	1.935
13	12	0.88652	24070.63	3.476
14	12	-	-	-
15	10	1.77305	512035.32	1.470
16	11	0.88652	130017.15	2.626
17	12	0.88652	24070.63	3.476
18	12	-	-	-
19	11	0.88652	130017.15	2.626
20	12	0.88652	24070.63	3.476
21	12	-	-	-
22	10	1.77305	512035.32	1.470
23	10	-	-	-
24	10	-	-	-
25	13	2.65957	483118.41	1.542
26	10	2.65957	566290.68	1.333
27	10	-	-	-
28	12	1.77305	259319.92	2.145
29	12	-	-	-
30	12	-	-	-
31	12	-	-	-
32	12	-	-	-
33	10	1.77305	512035.32	1.470
34	13	2.65957	483118.41	1.542
35	13	-	-	-
36	11	1.77305	331700.05	1.935
37	12	0.88652	24070.63	3.476
38	10	1.77305	512035.32	1.470
39	12	1.77305	259319.92	2.145
40	13	0.88652	130017.15	2.626
41	12	0.88652	24070.63	3.476
42	10	1.77305	512035.32	1.470
43	11	0.88652	130017.15	2.626
44	12	0.88652	24070.63	3.476
45	12	-	-	-
46	11	0.88652	130017.15	2.626
47	12	0.88652	24070.63	3.476
48	12	-	-	-
49	12	-	-	-
50	12	-	-	-
51	13	0.88652	130017.15	2.626
52	12	0.88652	24070.63	3.476
53	12	-	-	-

Lampiran 8 Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix
(Lanjutan)

Contoh	X	S	DPMO	Sigma
54	12	-	-	-
55	13	0.88652	130017.15	2.626
56	12	0.88652	24070.63	3.476
57	12	-	-	-
58	13	0.88652	130017.15	2.626
59	15	1.77305	716024.12	0.929
60	12	2.65957	452051.06	1.620
61	12	-	-	-
62	12	-	-	-
63	12	-	-	-
64	13	0.88652	130017.15	2.626
65	12	0.88652	24070.63	3.476
66	12	-	-	-
67	12	-	-	-
68	12	-	-	-
69	12	-	-	-
70	12	-	-	-
71	11	0.88652	130017.15	2.626
72	10	0.88652	500003.21	1.500
73	12	1.77305	259319.92	2.145
74	13	0.88652	130017.15	2.626
75	12	0.88652	24070.63	3.476
76	12	-	-	-
77	12	-	-	-
78	13	0.88652	130017.15	2.626
79	10	2.65957	566290.68	1.333
80	13	2.65957	483118.41	1.542
81	12	0.88652	24070.63	3.476
82	12	-	-	-
83	13	0.88652	130017.15	2.626
84	14	0.88652	500003.21	1.500
85	13	0.88652	130017.15	2.626
86	12	0.88652	24070.63	3.476
87	11	0.88652	130017.15	2.626
88	13	1.77305	331700.05	1.935
89	11	1.77305	331700.05	1.935
90	12	0.88652	24070.63	3.476
91	12	-	-	-
92	13	0.88652	130017.15	2.626
93	12	0.88652	24070.63	3.476
94	11	0.88652	130017.15	2.626
95	10	0.88652	500003.21	1.500
96	13	2.65957	483118.41	1.542
97	12	0.88652	24070.63	3.476
98	11	0.88652	130017.15	2.626
99	10	0.88652	500003.21	1.500
100	12	1.77305	259319.92	2.145
101	12	-	-	-
102	11	0.88652	130017.15	2.626
103	12	0.88652	24070.63	3.476
104	12	-	-	-
105	11	0.88652	130017.15	2.626
106	12	0.88652	24070.63	3.476

Lampiran 8 Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix
(Lanjutan)

Contoh	X	S	DPMO	Sigma
107	13	0.88652	130017.15	2.626
108	11	1.77305	331700.05	1.935
109	12	0.88652	24070.63	3.476
110	11	0.88652	130017.15	2.626
111	12	0.88652	24070.63	3.476
112	12	-	-	-
113	12	-	-	-
114	13	0.88652	130017.15	2.626
115	12	0.88652	24070.63	3.476
116	11	0.88652	130017.15	2.626
117	12	0.88652	24070.63	3.476
118	13	0.88652	130017.15	2.626
119	13	-	-	-
120	12	0.88652	24070.63	3.476
121	12	-	-	-
122	11	0.88652	130017.15	2.626
123	12	0.88652	24070.63	3.476
124	12	-	-	-
125	12	-	-	-
126	11	0.88652	130017.15	2.626
127	10	0.88652	500003.21	1.500
128	13	2.65957	483118.41	1.542
129	13	-	-	-
130	14	0.88652	500003.21	1.500
131	12	1.77305	259319.92	2.145
132	12	-	-	-
133	11	0.88652	130017.15	2.626
134	13	1.77305	331700.05	1.935
135	11	1.77305	331700.05	1.935
136	12	0.88652	24070.63	3.476
137	12	-	-	-
138	11	0.88652	130017.15	2.626
139	12	0.88652	24070.63	3.476
140	13	0.88652	130017.15	2.626
141	12	0.88652	24070.63	3.476
142	12	-	-	-
143	11	0.88652	130017.15	2.626
144	14	2.65957	566290.68	1.333
145	12	1.77305	259319.92	2.145
146	13	0.88652	130017.15	2.626
147	13	-	-	-
148	14	0.88652	500003.21	1.500
149	13	0.88652	130017.15	2.626
150	12	0.88652	24070.63	3.476
151	11	0.88652	130017.15	2.626
152	12	0.88652	24070.63	3.476
153	11	0.88652	130017.15	2.626
154	13	1.77305	331700.05	1.935
155	14	0.88652	500003.21	1.500
156	13	0.88652	130017.15	2.626
157	12	0.88652	24070.63	3.476
158	13	0.88652	130017.15	2.626
159	14	0.88652	500003.21	1.500

Lampiran 8 Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix
(Lanjutan)

Contoh	X	S	DPMO	Sigma
160	13	0.88652	130017.15	2.626
161	13	-	-	-
162	12	0.88652	24070.63	3.476
163	13	0.88652	130017.15	2.626
164	12	0.88652	24070.63	3.476
165	12	-	-	-
166	11	0.88652	130017.15	2.626
167	13	1.77305	331700.05	1.935
168	12	0.88652	24070.63	3.476
169	11	0.88652	130017.15	2.626
170	10	0.88652	500003.21	1.500
171	12	1.77305	259319.92	2.145
172	13	0.88652	130017.15	2.626
173	14	0.88652	500003.21	1.500
174	14	-	-	-
175	12	1.77305	259319.92	2.145
176	11	0.88652	130017.15	2.626
177	11	-	-	-
178	12	0.88652	24070.63	3.476
179	12	-	-	-
180	13	0.88652	130017.15	2.626
181	12	0.88652	24070.63	3.476
182	11	0.88652	130017.15	2.626
183	12	0.88652	24070.63	3.476
184	11	0.88652	130017.15	2.626
185	11	-	-	-
186	13	1.77305	331700.05	1.935
187	14	0.88652	500003.21	1.500
188	14	-	-	-
189	15	0.88652	870340.05	0.372
190	15	-	-	-
191	12	2.65957	452051.06	1.620
192	11	0.88652	130017.15	2.626
193	12	0.88652	24070.63	3.476
194	12	-	-	-
195	13	0.88652	130017.15	2.626
196	12	0.88652	24070.63	3.476
197	11	0.88652	130017.15	2.626
198	10	0.88652	500003.21	1.500
199	12	1.77305	259319.92	2.145
200	12	-	-	-
201	12	-	-	-
202	11	0.88652	130017.15	2.626
203	12	0.88652	24070.63	3.476
204	13	0.88652	130017.15	2.626
205	10	2.65957	566290.68	1.333
206	12	1.77305	259319.92	2.145
207	14	1.77305	512035.32	1.470
208	13	0.88652	130017.15	2.626
209	12	0.88652	24070.63	3.476
210	12	-	-	-
211	11	0.88652	130017.15	2.626
212	11	-	-	-

Lampiran 8 Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix
(Lanjutan)

Contoh	X	S	DPMO	Sigma
160	13	0.88652	130017.15	2.626
161	13	-	-	-
162	12	0.88652	24070.63	3.476
163	13	0.88652	130017.15	2.626
164	12	0.88652	24070.63	3.476
165	12	-	-	-
166	11	0.88652	130017.15	2.626
167	13	1.77305	331700.05	1.935
168	12	0.88652	24070.63	3.476
169	11	0.88652	130017.15	2.626
170	10	0.88652	500003.21	1.500
171	12	1.77305	259319.92	2.145
172	13	0.88652	130017.15	2.626
173	14	0.88652	500003.21	1.500
174	14	-	-	-
175	12	1.77305	259319.92	2.145
176	11	0.88652	130017.15	2.626
177	11	-	-	-
178	12	0.88652	24070.63	3.476
179	12	-	-	-
180	13	0.88652	130017.15	2.626
181	12	0.88652	24070.63	3.476
182	11	0.88652	130017.15	2.626
183	12	0.88652	24070.63	3.476
184	11	0.88652	130017.15	2.626
185	11	-	-	-
186	13	1.77305	331700.05	1.935
187	14	0.88652	500003.21	1.500
188	14	-	-	-
189	15	0.88652	870340.05	0.372
190	15	-	-	-
191	12	2.65957	452051.06	1.620
192	11	0.88652	130017.15	2.626
193	12	0.88652	24070.63	3.476
194	12	-	-	-
195	13	0.88652	130017.15	2.626
196	12	0.88652	24070.63	3.476
197	11	0.88652	130017.15	2.626
198	10	0.88652	500003.21	1.500
199	12	1.77305	259319.92	2.145
200	12	-	-	-
201	12	-	-	-
202	11	0.88652	130017.15	2.626
203	12	0.88652	24070.63	3.476
204	13	0.88652	130017.15	2.626
205	10	2.65957	566290.68	1.333
206	12	1.77305	259319.92	2.145
207	14	1.77305	512035.32	1.470
208	13	0.88652	130017.15	2.626
209	12	0.88652	24070.63	3.476
210	12	-	-	-
211	11	0.88652	130017.15	2.626
212	11	-	-	-

Lampiran 8 Kapabilitas Sigma dan DPMO Slump dari Proses Beton Ready Mix
(Lanjutan)

Contoh	X	S	DPMO	Sigma
213	12	0.88652	24070.63	3.476
214	13	0.88652	130017.15	2.626
215	12	0.88652	24070.63	3.476
216	12	-	-	-
217	13	0.88652	130017.15	2.626
218	12	0.88652	24070.63	3.476
219	11	0.88652	130017.15	2.626
220	13	1.77305	331700.05	1.935
221	14	0.88652	500003.21	1.500
222	12	1.77305	259319.92	2.145
223	12	-	-	-
224	11	0.88652	130017.15	2.626
225	12	0.88652	24070.63	3.476
226	13	0.88652	130017.15	2.626
227	13	-	-	-
228	11	1.77305	331700.05	1.935
229	12	0.88652	24070.63	3.476
230	14	1.77305	512035.32	1.470
231	11	2.65957	483118.41	1.542
232	12	0.88652	24070.63	3.476
233	12	-	-	-
234	14	1.77305	512035.32	1.470
235	10	3.54610	629659.96	1.169
236	11	0.88652	130017.15	2.626
237	11	-	-	-
238	12	0.88652	24070.63	3.476
239	12	-	-	-
240	13	0.88652	130017.15	2.626
241	10	2.65957	566290.68	1.333
242	12	1.77305	259319.92	2.145
243	11	0.88652	130017.15	2.626
244	14	2.65957	566290.68	1.333
245	13	0.88652	130017.15	2.626
246	12	0.88652	24070.63	3.476
247	12	-	-	-
248	11	0.88652	130017.15	2.626
249	12	0.88652	24070.63	3.476
250	13	0.88652	130017.15	2.626
251	14	0.88652	-	-
252	14	-	-	-
253	13	0.88652	130017.15	2.626
PROSES	X 12.06324	S 0.90755	DPMO 27919.59	Sigma 3.412

Ukuran Contoh (n)	Nilai-nilai d2 Untuk Pendugaan S
2	1.128
3	1.693
4	2.059
5	2.326
6	2.534
7	2.704
8	2.847
9	2.97
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	3.64
19	3.689
20	3.735
21	3.778
22	3.819
23	3.858
24	3.895
25	3.931
30	4.096
40	4.322
50	4.498
60	4.639
70	4.755
80	4.854
90	4.939
100	5.015

Lampiran 10 Luas Area di bawah Kurva Normal Standar Kumulatif Z

Luas area di bawah kurva normal standar kumulatif Z

<i>z</i>	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09
-3,40	0,000337	0,000325	0,000313	0,000302	0,000291	0,000280	0,000270	0,000260	0,000251	0,000242
-3,30	0,000483	0,000467	0,000450	0,000434	0,000419	0,000404	0,000390	0,000376	0,000362	0,000350
-3,20	0,000687	0,000664	0,000641	0,000619	0,000598	0,000577	0,000557	0,000538	0,000519	0,000501
-3,10	0,000968	0,000936	0,000904	0,000874	0,000845	0,000816	0,000789	0,000762	0,000736	0,000711
-3,00	0,001350	0,001306	0,001264	0,001223	0,001183	0,001144	0,001107	0,001070	0,001035	0,001001
-2,90	0,001866	0,001807	0,001750	0,001695	0,001641	0,001589	0,001538	0,001489	0,001441	0,001395
-2,80	0,002555	0,002477	0,002401	0,002327	0,002256	0,002186	0,002118	0,002052	0,001988	0,001926
-2,70	0,003467	0,003364	0,003264	0,003167	0,003072	0,002980	0,002890	0,002803	0,002718	0,002635
-2,60	0,004661	0,004527	0,004397	0,004269	0,004145	0,004025	0,003907	0,003793	0,003681	0,003573
-2,50	0,006210	0,006037	0,005868	0,005703	0,005543	0,005386	0,005234	0,005085	0,004940	0,004799
-2,40	0,008198	0,007976	0,007760	0,007549	0,007344	0,007143	0,006947	0,006756	0,006569	0,006387
-2,30	0,010724	0,010444	0,010170	0,009903	0,009642	0,009387	0,009137	0,008894	0,008656	0,008424
-2,20	0,013903	0,013553	0,013209	0,012874	0,012545	0,012224	0,011911	0,011604	0,011304	0,011011
-2,10	0,017864	0,017429	0,017003	0,016586	0,016177	0,015778	0,015386	0,015003	0,014629	0,014262
-2,00	0,022750	0,022216	0,021692	0,021178	0,020675	0,020182	0,019699	0,019226	0,018763	0,018309
-1,90	0,028716	0,028067	0,027429	0,026803	0,026190	0,025588	0,024998	0,024419	0,023852	0,023295
-1,80	0,035930	0,035148	0,034379	0,033625	0,032884	0,032157	0,031443	0,030742	0,030054	0,029379
-1,70	0,044563	0,043633	0,042716	0,041815	0,040929	0,040059	0,039204	0,038364	0,037538	0,036727
-1,60	0,054709	0,053699	0,052616	0,051551	0,050303	0,049471	0,048457	0,047460	0,046479	0,045514
-1,50	0,066807	0,065522	0,064256	0,063008	0,061780	0,060571	0,059380	0,058208	0,057053	0,055917
-1,40	0,080757	0,079270	0,077804	0,076359	0,074934	0,073529	0,072145	0,070781	0,069437	0,068112
-1,30	0,096801	0,095098	0,093418	0,091759	0,090123	0,088508	0,086915	0,085344	0,083793	0,082264
-1,20	0,115070	0,113140	0,111235	0,109349	0,107488	0,105650	0,103835	0,102042	0,100273	0,098525
-1,10	0,135666	0,133500	0,131557	0,129238	0,127143	0,125072	0,123024	0,121001	0,119000	0,117025
-1,00	0,158655	0,156248	0,153864	0,151505	0,149170	0,146859	0,144572	0,142310	0,140071	0,137857
-0,90	0,184060	0,181411	0,178786	0,176186	0,173609	0,171056	0,168528	0,166023	0,163543	0,161087
-0,80	0,211855	0,208970	0,206108	0,203269	0,200454	0,197662	0,194894	0,192150	0,189430	0,186753
-0,70	0,241964	0,238852	0,235762	0,232695	0,229650	0,226627	0,223627	0,220650	0,217695	0,214764
-0,60	0,274253	0,270931	0,267629	0,264347	0,261086	0,257846	0,254627	0,251429	0,248252	0,245097
-0,50	0,308538	0,305026	0,301532	0,298056	0,294598	0,291160	0,287740	0,284339	0,280957	0,277595
-0,40	0,344578	0,340903	0,337243	0,333598	0,329969	0,326355	0,322758	0,319178	0,315614	0,312067
-0,30	0,382089	0,378281	0,374484	0,370700	0,366928	0,363169	0,359424	0,355691	0,351973	0,348268
-0,20	0,420740	0,416834	0,412936	0,409046	0,405165	0,401294	0,397432	0,393580	0,389759	0,385908
-0,10	0,460172	0,456205	0,452242	0,448283	0,444330	0,440382	0,436441	0,432505	0,428576	0,424655
0,00	0,500000	0,496011	0,492022	0,488033	0,484017	0,480061	0,476078	0,472097	0,468119	0,464144

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Formula yang digunakan: =normdist(z-value)

Lampiran 10 Luas Area di bawah Kurva Normal Standar Kumulatif Z (Lanjutan)

Luas area di bawah kurva normal standar kumulatif Z:

<i>z</i>	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,00	0,500000	0,503989	0,507978	0,511967	0,515953	0,519939	0,523922	0,527903	0,531881	0,535856
0,10	0,539828	0,543795	0,547758	0,551717	0,555670	0,559618	0,563559	0,567495	0,571424	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	0,901199	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	0,944084
1,60	0,945201	0,946301	0,947381	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	0,971284	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	0,989516	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	0,993241	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	0,995603	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	0,999113	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	0,999930	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 ^a									
5,50	0,99999998									
6,00	0,99999999									

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Formula yang digunakan: =normsdist(z-value)

Lampiran 11 Daftar Nilai Kritis untuk Distribusi Khi-Kuadrat

Derajat Bebas (n)	Tingkat Signifikansi (α)											
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,90	0,80	0,20	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000039	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	0,0642	1,6424	2,7055	3,8415	5,0239	6,6349	7,8794
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,1026	0,2107	0,4463	3,2189	4,6052	5,9915	7,3778	9,2104	12,8381
3	0,0717	0,1148	0,2158	0,3518	0,5844	1,0052	4,6416	6,2514	7,8147	9,3484	11,3449	14,8602
4	0,2070	0,2971	0,4844	0,7107	1,0636	1,6488	5,9886	7,7794	9,4877	11,1433	13,2767	16,7496
5	0,4118	0,5143	0,8312	1,1435	1,6103	2,3425	7,2893	9,2363	11,0705	12,8325	15,0863	20,2777
6	0,6757	0,8721	1,2375	1,6354	2,2041	3,0701	8,5581	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	21,9549
7	0,9893	1,2390	1,6899	2,1673	2,8331	3,8223	9,8032	12,0170	14,0671	16,0128	18,4753	23,5893
8	1,3444	1,6465	2,1797	2,7326	3,4895	4,5936	11,0301	13,3616	15,5073	17,5345	20,0902	26,7369
9	1,7349	2,0879	2,7004	3,3231	4,1682	5,3801	12,2421	14,6837	16,9190	19,0228	21,6660	28,2997
10	2,1558	2,5582	3,2470	3,9403	4,8652	6,1791	13,4420	15,9872	18,3070	20,4832	23,2093	29,8193
11	2,6032	3,0535	3,8157	4,5748	5,5778	6,9887	14,6314	17,2750	19,6752	21,9200	24,7250	31,3194
12	3,0738	3,5706	4,4038	5,2260	6,3038	7,8073	15,8120	18,5493	21,0261	23,3367	26,2170	32,8015
13	3,5630	4,1069	5,0087	5,8919	7,0415	8,6339	16,9848	19,8119	22,3620	24,7356	27,6882	34,2671
14	4,0747	4,6604	5,6287	6,5706	7,7895	9,4673	18,1508	21,0641	23,6848	26,1189	29,1412	37,1564
15	4,6009	5,2294	6,2621	7,2609	8,5468	10,3070	19,3107	22,3071	24,9958	27,4884	30,5780	38,5821
16	5,1422	5,8122	6,9077	7,9616	9,3122	11,1521	20,4651	23,5418	26,2962	28,8453	31,9999	39,9969
17	5,6974	6,4037	7,5642	8,6718	10,0852	12,0023	21,6146	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	41,4809
18	6,2648	7,0149	8,2307	9,3901	10,8649	12,8570	22,7595	25,9894	28,8693	31,5264	34,8052	42,7957
19	6,8439	7,6327	9,0065	10,1170	11,6509	13,7158	23,9004	27,2036	30,1435	32,8523	36,1908	44,1814
20	7,4338	8,2604	9,5908	10,8508	12,4426	14,5784	25,0375	28,4120	31,4104	34,1696	37,5663	46,9280
21	8,0316	8,8972	10,2829	11,5013	13,2396	15,4446	26,1711	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	48,2808
22	8,6427	9,5125	10,9823	12,5380	14,0415	16,3140	27,3015	30,8133	33,9245	36,7807	40,2894	49,6450
23	9,2604	10,1937	11,6885	13,0005	14,8480	17,1865	28,4288	32,0069	35,1725	38,0756	41,6383	50,9936
24	9,8862	10,8563	12,4011	13,9484	15,6587	18,0618	29,5533	33,1962	36,4150	39,3641	42,9798	52,3355
25	10,5196	11,5230	13,1197	14,6114	16,4734	18,9397	30,6752	34,3816	37,6525	40,6465	44,3140	53,6719
26	11,1602	12,1982	13,8439	15,3792	17,2919	19,8202	31,7946	35,5632	38,8851	41,9231	45,6116	55,0025
27	11,8077	12,8785	14,5734	16,1514	18,1139	20,7030	32,9117	36,7412	40,1153	43,1945	46,9628	56,3280
28	12,4615	13,5647	15,3079	16,9279	18,9392	21,5880	34,0266	37,9159	41,3372	44,4608	48,2782	58,9657
29	13,1211	14,2564	16,0471	17,7084	19,7677	22,4751	35,1394	39,0875	42,5569	45,7224	49,5878	60,2746
30	13,7867	14,9535	16,7908	18,4927	20,5992	21,3641	36,2502	40,2560	43,7730	46,9792	50,8922	61,5811
35	17,1917	18,5089	20,5694	22,4650	24,7966	27,8359	41,7780	46,0588	49,8018	53,2033	57,3420	68,0526
40	20,7066	22,1642	24,4331	26,5091	29,0503	32,3449	47,2685	51,8050	55,7585	59,3417	63,6908	75,7059
45	24,3110	25,9012	28,3662	30,6123	33,3504	36,8844	52,7288	57,5053	61,6562	65,4101	69,9569	82,0006
50	27,9908	29,7067	32,3574	34,7642	37,6886	41,4492	58,1638	63,1671	67,5048	71,4202	76,1558	89,4770
55	31,7349	33,5705	36,3981	38,9381	42,0596	46,0356	63,5772	68,7962	73,3115	77,3804	82,2920	95,6492
60	35,5344	37,4848	40,4817	43,1880	46,4589	50,6406	68,9721	74,3970	79,0820	83,2977	88,3794	101,7757
65	39,3832	41,4436	44,6030	47,4496	50,8829	55,2620	74,3506	79,9730	84,8206	89,1772	94,4220	109,0742
70	43,2753	45,4417	48,7575	51,7393	53,3289	59,8978	79,7147	85,5270	90,3313	95,0231	100,4251	115,1163
75	47,2061	49,4751	52,9419	56,0541	59,7946	64,5466	85,0658	91,0615	96,2167	100,8393	106,3929	122,5244
80	51,1719	53,5400	57,1532	60,3915	64,2778	69,2070	90,4053	96,5782	101,8795	106,6285	112,3288	128,2987
85	55,1695	57,6139	61,3888	64,7494	68,7771	73,8779	95,7343	102,0789	107,5217	112,3933	118,2356	134,2466
90	59,1963	61,7540	65,6466	69,1260	73,2911	78,5584	101,0537	107,5650	113,1452	118,1359	124,1162	141,3509
95	63,2495	65,8983	69,9249	73,5198	77,6184	83,2478	106,3643	113,0377	118,7516	123,8580	129,9725	147,2468
100	67,3275	70,0650	74,2219	77,9294	82,3581	87,9453	111,6667	118,4980	124,3421	129,5613	135,8069	153,1215

Sumber: nilai-nilai diperoleh menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Catatan: formula yang digunakan = $chi^2_{crit}(probability, deg_freedom)$

Lampiran 11 Daftar Nilai Kritis untuk Distribusi Khi-Kuadrat (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO						
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.386	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.563	0,53	833.977	1,04	677.242	1,55	480.061
0,03	929.219	0,54	831.472	1,05	673.645	1,56	476.078
0,04	927.855	0,55	828.944	1,06	670.031	1,57	472.097
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	666.402	1,58	468.119
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.144
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.172
0,08	922.196	0,59	818.589	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.850	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.656	0,64	805.106	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.505
0,15	911.492	0,66	799.546	1,17	629.300	1,68	428.576
0,16	909.877	0,67	796.731	1,18	625.516	1,69	424.655
0,17	908.241	0,68	793.892	1,19	621.719	1,70	420.740
0,18	906.582	0,69	791.030	1,20	617.911	1,71	416.834
0,19	904.902	0,70	788.145	1,21	614.092	1,72	412.936
0,20	903.199	0,71	785.236	1,22	610.261	1,73	409.046
0,21	901.475	0,72	782.305	1,23	606.420	1,74	405.165
0,22	899.727	0,73	779.350	1,24	602.568	1,75	401.294
0,23	897.958	0,74	776.373	1,25	598.706	1,76	397.432
0,24	896.165	0,75	773.373	1,26	594.835	1,77	393.580
0,25	894.350	0,76	770.350	1,27	590.954	1,78	389.739
0,26	892.512	0,77	767.305	1,28	587.064	1,79	385.908
0,27	890.651	0,78	764.238	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169
0,33	878.999	0,84	745.373	1,35	559.618	1,86	359.424
0,34	876.976	0,85	742.154	1,36	555.670	1,87	355.691
0,35	874.928	0,86	738.914	1,37	551.717	1,88	351.975
0,36	872.857	0,87	735.653	1,38	547.758	1,89	348.268
0,37	870.762	0,88	732.371	1,39	543.795	1,90	344.578
0,38	868.643	0,89	729.069	1,40	539.828	1,91	340.903
0,39	866.500	0,90	725.747	1,41	535.856	1,92	337.243
0,40	864.334	0,91	722.405	1,42	531.881	1,93	333.598
0,41	862.143	0,92	719.043	1,43	527.903	1,94	329.969
0,42	859.929	0,93	715.661	1,44	523.922	1,95	326.355
0,43	857.690	0,94	712.260	1,45	519.939	1,96	322.758
0,44	855.428	0,95	708.840	1,46	515.953	1,97	319.178
0,45	853.141	0,96	705.402	1,47	511.967	1,98	315.614
0,46	850.830	0,97	701.944	1,48	507.978	1,99	312.067
0,47	848.495	0,98	698.468	1,49	503.989	2,00	308.538
0,48	846.136	0,99	694.974	1,50	500.000	2,01	305.026
0,49	843.752	1,00	691.462	1,51	496.011	2,02	301.532
0,50	841.345	1,01	687.933	1,52	492.022	2,03	298.056

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Lampiran 12 Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	14.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.429	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,43	26.803	3,94	7.344
2,42	178.786	2,93	76.359	3,44	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.216	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

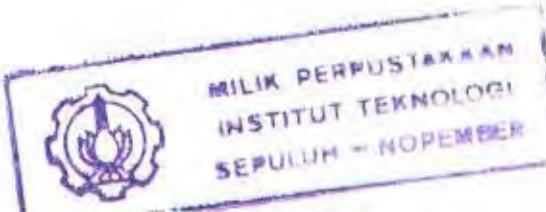
Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Lampiran 12 Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola
(Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4.940	4,59	1.001	5,10	159	5,61	20
4,09	4.799	4,60	968	5,11	153	5,62	19
4,10	4.661	4,61	936	5,12	147	5,63	18
4,11	4.527	4,62	904	5,13	142	5,64	17
4,12	4.397	4,63	874	5,14	136	5,65	17
4,13	4.269	4,64	845	5,15	131	5,66	16
4,14	4.145	4,65	816	5,16	126	5,67	15
4,15	4.025	4,66	789	5,17	121	5,68	15
4,16	3.907	4,67	762	5,18	117	5,69	14
4,17	3.793	4,68	736	5,19	112	5,70	13
4,18	3.681	4,69	711	5,20	108	5,71	13
4,19	3.573	4,70	687	5,21	104	5,72	12
4,20	3.467	4,71	664	5,22	100	5,73	12
4,21	3.364	4,72	641	5,23	96	5,74	11
4,22	3.264	4,73	619	5,24	92	5,75	11
4,23	3.167	4,74	598	5,25	88	5,76	10
4,24	3.072	4,75	577	5,26	85	5,77	10
4,25	2.980	4,76	557	5,27	82	5,78	9
4,26	2.890	4,77	538	5,28	78	5,79	9
4,27	2.803	4,78	519	5,29	75	5,80	9
4,28	2.718	4,79	501	5,30	72	5,81	8
4,29	2.635	4,80	483	5,31	70	5,82	8
4,30	2.555	4,81	467	5,32	67	5,83	7
4,31	2.477	4,82	450	5,33	64	5,84	7
4,32	2.401	4,83	434	5,34	62	5,85	7
4,33	2.327	4,84	419	5,35	59	5,86	7
4,34	2.256	4,85	404	5,36	57	5,87	6
4,35	2.186	4,86	390	5,37	54	5,88	6
4,36	2.118	4,87	376	5,38	52	5,89	6
4,37	2.052	4,88	362	5,39	50	5,90	5
4,38	1.988	4,89	350	5,40	48	5,91	5
4,39	1.926	4,90	337	5,41	46	5,92	5
4,40	1.866	4,91	325	5,42	44	5,93	5
4,41	1.807	4,92	313	5,43	42	5,94	5
4,42	1.750	4,93	302	5,44	41	5,95	4
4,43	1.695	4,94	291	5,45	39	5,96	4
4,44	1.641	4,95	280	5,46	37	5,97	4
4,45	1.589	4,96	270	5,47	36	5,98	4
4,46	1.538	4,97	260	5,48	34	5,99	4
4,47	1.489	4,98	251	5,49	33	6,00	3
4,48	1.441	4,99	242	5,50	32		
4,49	1.395	5,00	233	5,51	30		
4,50	1.350	5,01	224	5,52	29		
4,51	1.306	5,02	216	5,53	28		
4,52	1.264	5,03	208	5,54	27		
4,53	1.223	5,04	200	5,55	26		
4,54	1.183	5,05	193	5,56	25		
4,55	1.144	5,06	185	5,57	24		
4,56	1.107	5,07	179	5,58	23		
4,57	1.070	5,08	172	5,59	22		
4,58	1.035	5,09	165	5,60	21		

Catatan: Tabel konversi ini mencakup pergeseran 1,5-sigma untuk semua nilai Z.

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)



Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO
6,68	0,00	933.193	16,11	0,51	838.913	31,56	1,02	684.386
6,81	0,01	931.888	16,35	0,52	836.457	31,92	1,03	680.822
6,94	0,02	930.563	16,60	0,53	833.977	32,28	1,04	677.242
7,08	0,03	929.219	16,85	0,54	831.472	32,64	1,05	673.645
7,21	0,04	927.855	17,11	0,55	828.944	33,00	1,06	670.031
7,35	0,05	926.471	17,36	0,56	826.391	33,36	1,07	666.402
7,49	0,06	925.066	17,62	0,57	823.814	33,72	1,08	662.757
7,64	0,07	923.641	17,88	0,58	821.214	34,09	1,09	659.097
7,78	0,08	922.196	18,14	0,59	818.589	34,46	1,10	655.422
7,93	0,09	920.730	18,41	0,60	815.940	34,83	1,11	651.732
8,08	0,10	919.243	18,67	0,61	813.267	35,20	1,12	648.027
8,23	0,11	917.736	18,94	0,62	810.570	35,57	1,13	644.309
8,38	0,12	916.207	19,22	0,63	807.850	35,94	1,14	640.576
8,53	0,13	914.656	19,49	0,64	805.106	36,32	1,15	636.831
8,69	0,14	913.085	19,77	0,65	802.338	36,69	1,16	633.072
8,85	0,15	911.492	20,05	0,66	799.546	37,07	1,17	629.300
9,01	0,16	909.877	20,33	0,67	796.731	37,45	1,18	625.516
9,18	0,17	908.241	20,61	0,68	793.892	37,83	1,19	621.719
9,34	0,18	906.582	20,90	0,69	791.030	38,21	1,20	617.911
9,51	0,19	904.902	21,19	0,70	788.145	38,59	1,21	614.092
9,68	0,20	903.199	21,48	0,71	785.236	38,97	1,22	610.261
9,85	0,21	901.475	21,77	0,72	782.305	39,36	1,23	606.420
10,03	0,22	899.727	22,07	0,73	779.350	39,74	1,24	602.568
10,20	0,23	897.958	22,36	0,74	776.373	40,13	1,25	598.706
10,38	0,24	896.165	22,66	0,75	773.373	40,52	1,26	594.835
10,57	0,25	894.350	22,97	0,76	770.350	40,90	1,27	590.954
10,75	0,26	892.512	23,27	0,77	767.305	41,29	1,28	587.064
10,93	0,27	890.651	23,58	0,78	764.238	41,68	1,29	583.166
11,12	0,28	888.767	23,89	0,79	761.148	42,07	1,30	579.260
11,31	0,29	886.860	24,20	0,80	758.036	42,47	1,31	575.345
11,51	0,30	884.930	24,51	0,81	754.903	42,86	1,32	571.424
11,70	0,31	882.977	24,83	0,82	751.748	43,25	1,33	567.495
11,90	0,32	881.000	25,14	0,83	748.571	43,64	1,34	563.559
12,10	0,33	878.999	25,46	0,84	745.373	44,04	1,35	559.618
12,30	0,34	876.976	25,78	0,85	742.154	44,43	1,36	555,670
12,51	0,35	874.928	26,11	0,86	738.914	44,83	1,37	551,717
12,71	0,36	872.857	26,43	0,87	735.653	45,22	1,38	547,758
12,92	0,37	870.762	26,76	0,88	732.371	45,62	1,39	543,795
13,14	0,38	868.643	27,09	0,89	729.069	46,02	1,40	539,828
13,35	0,39	866.500	27,43	0,90	725.747	46,41	1,41	535,856
13,57	0,40	864.334	27,76	0,91	722.405	46,81	1,42	531,881
13,79	0,41	862.143	28,10	0,92	719.043	47,21	1,43	527,903
14,01	0,42	859.929	28,43	0,93	715.661	47,61	1,44	523,922
14,23	0,43	857.690	28,77	0,94	712.260	48,01	1,45	519,939
14,46	0,44	855.428	29,12	0,95	708.840	48,40	1,46	515,953
14,69	0,45	853.141	29,46	0,96	705.402	48,80	1,47	511,967
14,92	0,46	850.830	29,81	0,97	701.944	49,20	1,48	507,978
15,15	0,47	848.495	30,15	0,98	698.468	49,60	1,49	503,989
15,39	0,48	846.136	30,50	0,99	694.974	50,00	1,50	500,000
15,62	0,49	843.752	30,85	1,00	691.462	50,40	1,51	496,011
15,87	0,50	841.345	31,21	1,01	687.933	50,80	1,52	492,022

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO
51,20	1,53	488.033	70,54	2,04	294.598	85,31	2,55	146.859
51,60	1,54	484.047	70,88	2,05	291.160	85,54	2,56	144.572
51,99	1,55	480.061	71,23	2,06	287.740	85,77	2,57	142.510
52,39	1,56	476.078	71,57	2,07	284.339	85,99	2,58	140.071
52,79	1,57	472.097	71,90	2,08	280.957	86,21	2,59	137.857
53,19	1,58	468.119	72,24	2,09	277.595	86,43	2,60	135.666
53,59	1,59	464.144	72,57	2,10	274.253	86,65	2,61	133.500
53,98	1,60	460.172	72,91	2,11	270.931	86,86	2,62	131.357
54,38	1,61	456.205	73,24	2,12	267.629	87,08	2,63	129.238
54,78	1,62	452.242	73,57	2,13	264.347	87,29	2,64	127.143
55,17	1,63	448.283	73,89	2,14	261.086	87,49	2,65	125.072
55,57	1,64	444.330	74,22	2,15	257.846	87,70	2,66	123.024
55,96	1,65	440.382	74,54	2,16	254.627	87,90	2,67	121.001
56,36	1,66	436.441	74,86	2,17	251.429	88,10	2,68	119.000
56,75	1,67	432.505	75,17	2,18	248.252	88,30	2,69	117.023
57,14	1,68	428.576	75,49	2,19	245.097	88,49	2,70	115.070
57,53	1,69	424.655	75,80	2,20	241.964	88,69	2,71	113.140
57,93	1,70	420.740	76,11	2,21	238.852	88,88	2,72	111.233
58,32	1,71	416.834	76,42	2,22	235.762	89,07	2,73	109.349
58,71	1,72	412.936	76,73	2,23	232.695	89,25	2,74	107.488
59,10	1,73	409.046	77,04	2,24	229.650	89,44	2,75	105.650
59,48	1,74	405.165	77,34	2,25	226.627	89,62	2,76	103.835
59,87	1,75	401.294	77,64	2,26	223.627	89,80	2,77	102.042
60,26	1,76	397.432	77,94	2,27	220.650	89,97	2,78	100.273
60,64	1,77	393.580	78,23	2,28	217.695	90,15	2,79	98.525
61,03	1,78	389.739	78,52	2,29	214.764	90,32	2,80	96.801
61,41	1,79	385.908	78,81	2,30	211.855	90,49	2,81	95.098
61,79	1,80	382.089	79,10	2,31	208.970	90,66	2,82	93.418
62,17	1,81	378.281	79,39	2,32	206.108	90,82	2,83	91.759
62,55	1,82	374.484	79,67	2,33	203.269	90,99	2,84	90.123
62,93	1,83	370.700	79,95	2,34	200.454	91,15	2,85	88.508
63,31	1,84	366.928	80,23	2,35	197.662	91,31	2,86	86.915
63,68	1,85	363.169	80,51	2,36	194.894	91,47	2,87	85.344
64,06	1,86	359.424	80,79	2,37	192.150	91,62	2,88	83.793
64,43	1,87	355.691	81,06	2,38	189.430	91,77	2,89	82.264
64,80	1,88	351.973	81,33	2,39	186.733	91,92	2,90	80.757
65,17	1,89	348.268	81,59	2,40	184.060	92,07	2,91	79.270
65,54	1,90	344.578	81,86	2,41	181.411	92,22	2,92	77.804
65,91	1,91	340.903	82,12	2,42	178.786	92,36	2,93	76.359
66,28	1,92	337.243	82,38	2,43	176.186	92,51	2,94	74.934
66,64	1,93	333.598	82,64	2,44	173.609	92,65	2,95	73.529
67,00	1,94	329.969	82,89	2,45	171.056	92,79	2,96	72.145
67,36	1,95	326.355	83,15	2,46	168.528	92,92	2,97	70.781
67,72	1,96	322.758	83,40	2,47	166.023	93,06	2,98	69.437
68,08	1,97	319.178	83,65	2,48	163.543	93,19	2,99	68.112
68,44	1,98	315.614	83,89	2,49	161.087	93,32	3,00	66.807
68,79	1,99	312.067	84,13	2,50	158.655	93,45	3,01	65.522
69,15	2,00	308.538	84,38	2,51	156.248	93,57	3,02	64.256
69,50	2,01	305.026	84,61	2,52	153.864	93,70	3,03	63.008
69,85	2,02	301.532	84,85	2,53	151.505	93,82	3,04	61.780
70,19	2,03	298.056	85,08	2,54	149.170	93,94	3,05	60.571

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO
94,06	3,06	59.380	98,08	3,57	19.226	99,51	4,08	4.940
94,18	3,07	58.208	98,12	3,58	18.763	99,52	4,09	4.799
94,29	3,08	57.053	98,17	3,59	18.309	99,53	4,10	4.661
94,41	3,09	55.917	98,21	3,60	17.864	99,55	4,11	4.527
94,52	3,10	54.799	98,26	3,61	17.429	99,56	4,12	4.397
94,63	3,11	53.699	98,30	3,62	17.003	99,57	4,13	4.269
94,74	3,12	52.616	98,34	3,63	16.586	99,59	4,14	4.145
94,84	3,13	51.551	98,38	3,64	16.177	99,60	4,15	4.025
94,95	3,14	50.503	98,42	3,65	15.778	99,61	4,16	3.907
95,05	3,15	49.471	98,46	3,66	15.386	99,62	4,17	3.793
95,15	3,16	48.457	98,50	3,67	15.003	99,63	4,18	3.681
95,25	3,17	47.460	98,54	3,68	14.629	99,64	4,19	3.573
95,35	3,18	46.479	98,57	3,69	14.262	99,65	4,20	3.467
95,45	3,19	45.514	98,61	3,70	13.903	99,66	4,21	3.364
95,54	3,20	44.565	98,64	3,71	13.553	99,67	4,22	3.264
95,64	3,21	43.633	98,68	3,72	13.209	99,68	4,23	3.167
95,73	3,22	42.716	98,71	3,73	12.874	99,69	4,24	3.072
95,82	3,23	41.815	98,75	3,74	12.545	99,70	4,25	2.980
95,91	3,24	40.929	98,78	3,75	12.224	99,71	4,26	2.890
95,99	3,25	40.059	98,81	3,76	11.911	99,72	4,27	2.803
96,08	3,26	39.204	98,84	3,77	11.604	99,73	4,28	2.718
96,16	3,27	38.364	98,87	3,78	11.304	99,74	4,29	2.635
96,25	3,28	37.538	98,90	3,79	11.011	99,74	4,30	2.555
96,33	3,29	36.727	98,93	3,80	10.724	99,75	4,31	2.477
96,41	3,30	35.930	98,96	3,81	10.444	99,76	4,32	2.401
96,49	3,31	35.148	98,98	3,82	10.170	99,77	4,33	2.327
96,56	3,32	34.379	99,01	3,83	9.903	99,77	4,34	2.256
96,64	3,33	33.625	99,04	3,84	9.642	99,78	4,35	2.186
96,71	3,34	32.884	99,06	3,85	9.387	99,79	4,36	2.118
96,78	3,35	32.157	99,09	3,86	9.137	99,79	4,37	2.052
96,86	3,36	31.443	99,11	3,87	8.894	99,80	4,38	1.988
96,93	3,37	30.742	99,13	3,88	8.656	99,81	4,39	1.926
96,99	3,38	30.054	99,16	3,89	8.424	99,81	4,40	1.866
97,06	3,39	29.379	99,18	3,90	8.198	99,82	4,41	1.807
97,13	3,40	28.716	99,20	3,91	7.976	99,83	4,42	1.750
97,19	3,41	28.067	99,22	3,92	7.760	99,83	4,43	1.695
97,26	3,42	27.429	99,25	3,93	7.549	99,84	4,44	1.641
97,32	3,43	26.803	99,27	3,94	7.344	99,84	4,45	1.589
97,38	3,44	26.190	99,29	3,95	7.143	99,85	4,46	1.538
97,44	3,45	25.588	99,31	3,96	6.947	99,85	4,47	1.489
97,50	3,46	24.998	99,32	3,97	6.756	99,86	4,48	1.441
97,56	3,47	24.419	99,34	3,98	6.569	99,86	4,49	1.395
97,61	3,48	23.852	99,36	3,99	6.387	99,87	4,50	1.350
97,67	3,49	23.295	99,38	4,00	6.210	99,87	4,51	1.306
97,73	3,50	22.750	99,40	4,01	6.037	99,87	4,52	1.264
97,78	3,51	22.216	99,41	4,02	5.868	99,88	4,53	1.223
97,83	3,52	21.692	99,43	4,03	5.703	99,88	4,54	1.183
97,88	3,53	21.178	99,45	4,04	5.543	99,89	4,55	1.144
97,93	3,54	20.675	99,46	4,05	5.386	99,89	4,56	1.107
97,98	3,55	20.182	99,48	4,06	5.234	99,89	4,57	1.070
98,03	3,56	19.699	99,49	4,07	5.085	99,90	4,58	1.035

Sumber: nilai-nilai dihangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO
99,90	4,59	1.001	99,9841	5,10	159	99,9980	5,61	20
99,90	4,60	968	99,9847	5,11	153	99,9981	5,62	19
99,91	4,61	936	99,9853	5,12	147	99,9982	5,63	18
99,91	4,62	904	99,9858	5,13	142	99,9983	5,64	17
99,91	4,63	874	99,9864	5,14	136	99,9983	5,65	17
99,92	4,64	845	99,9869	5,15	131	99,9984	5,66	16
99,92	4,65	816	99,9874	5,16	126	99,9985	5,67	15
99,92	4,66	789	99,9879	5,17	121	99,9985	5,68	15
99,92	4,67	762	99,9883	5,18	117	99,9986	5,69	14
99,93	4,68	736	99,9888	5,19	112	99,9987	5,70	13
99,93	4,69	711	99,9892	5,20	108	99,9987	5,71	13
99,93	4,70	687	99,9896	5,21	104	99,9988	5,72	12
99,93	4,71	664	99,9900	5,22	100	99,9988	5,73	12
99,94	4,72	641	99,9904	5,23	96	99,9989	5,74	11
99,94	4,73	619	99,9908	5,24	92	99,9989	5,75	11
99,94	4,74	598	99,9912	5,25	88	99,9990	5,76	10
99,94	4,75	577	99,9915	5,26	85	99,9990	5,77	10
99,94	4,76	557	99,9918	5,27	82	99,9991	5,78	9
99,95	4,77	538	99,9922	5,28	78	99,9991	5,79	9
99,95	4,78	519	99,9925	5,29	75	99,9991	5,80	9
99,95	4,79	501	99,9928	5,30	72	99,9992	5,81	8
99,95	4,80	483	99,9930	5,31	70	99,9992	5,82	8
99,95	4,81	467	99,9933	5,32	67	99,9993	5,83	7
99,96	4,82	450	99,9936	5,33	64	99,9993	5,84	7
99,96	4,83	434	99,9938	5,34	62	99,9993	5,85	7
99,96	4,84	419	99,9941	5,35	59	99,9993	5,86	7
99,96	4,85	404	99,9943	5,36	57	99,9994	5,87	6
99,96	4,86	390	99,9946	5,37	54	99,9994	5,88	6
99,96	4,87	376	99,9948	5,38	52	99,9994	5,89	6
99,96	4,88	362	99,9950	5,39	50	99,9995	5,90	5
99,97	4,89	350	99,9952	5,40	48	99,9995	5,91	5
99,97	4,90	337	99,9954	5,41	46	99,9995	5,92	5
99,97	4,91	325	99,9956	5,42	44	99,9995	5,93	5
99,97	4,92	313	99,9958	5,43	42	99,9995	5,94	5
99,97	4,93	302	99,9959	5,44	41	99,9996	5,95	4
99,97	4,94	291	99,9961	5,45	39	99,9996	5,96	4
99,97	4,95	280	99,9963	5,46	37	99,9996	5,97	4
99,97	4,96	270	99,9964	5,47	36	99,9996	5,98	4
99,97	4,97	260	99,9966	5,48	34	99,9996	5,99	4
99,97	4,98	251	99,9967	5,49	33	99,9997	6,00	3
99,976	4,99	242	99,9968	5,50	32			
99,977	5,00	233	99,9970	5,51	30			
99,978	5,01	224	99,9971	5,52	29			
99,978	5,02	216	99,9972	5,53	28			
99,979	5,03	208	99,9973	5,54	27			
99,980	5,04	200	99,9974	5,55	26			
99,981	5,05	193	99,9975	5,56	25			
99,982	5,06	185	99,9976	5,57	24			
99,982	5,07	179	99,9977	5,58	23			
99,983	5,08	172	99,9978	5,59	22			
99,984	5,09	165	99,9979	5,60	21			

Catatan: Tabel ini memakai pergeseran 1,5-Sigma untuk semua nilai Z

Lampiran 14 Nilai-nilai Target Pengendalian Kualitas untuk Dua Spesifikasi¹³⁷ (USL dan LSL) dan Toleransi Maksimum Standar Deviasi Proses

Target Sigma	S_{Maks}	Target Sigma	S_{Maks}	Target Sigma	S_{Maks}
1,00	$0,500000 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,05	$0,163934 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,10	$0,098039 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,05	$0,176190 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,10	$0,161290 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,15	$0,097087 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,10	$0,154545 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,15	$0,158730 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,20	$0,096154 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,15	$0,134783 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,20	$0,156250 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,25	$0,095238 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,20	$0,116667 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,25	$0,153846 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,30	$0,094340 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,25	$0,100000 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,30	$0,151515 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,35	$0,093458 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,30	$0,384615 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,35	$0,149254 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,40	$0,092593 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,35	$0,370370 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,40	$0,147059 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,45	$0,091743 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,40	$0,357143 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,45	$0,144928 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,50	$0,090909 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,45	$0,344828 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,50	$0,142857 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,55	$0,090090 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,50	$0,333333 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,55	$0,140845 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,60	$0,089286 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,55	$0,322581 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,60	$0,138889 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,65	$0,088496 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,60	$0,312500 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,65	$0,136986 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,70	$0,087719 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,65	$0,303030 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,70	$0,135135 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,75	$0,086957 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,70	$0,294118 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,75	$0,133333 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,80	$0,086207 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,75	$0,285714 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,80	$0,131579 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,85	$0,085470 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,80	$0,277778 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,85	$0,129870 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,90	$0,084746 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,85	$0,270270 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,90	$0,128205 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,95	$0,084034 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,90	$0,263158 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	3,95	$0,126582 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,00	$0,083333 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
1,95	$0,256410 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,00	$0,125000 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,05	$0,082645 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,00	$0,250000 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,05	$0,123457 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,10	$0,081967 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,05	$0,243902 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,10	$0,121951 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,15	$0,081301 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,10	$0,238095 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,15	$0,120482 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,20	$0,080645 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,15	$0,232558 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,20	$0,119048 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,25	$0,080000 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,20	$0,227273 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,25	$0,117647 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,30	$0,079365 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,25	$0,222222 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,30	$0,116279 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,35	$0,078740 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,30	$0,217391 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,35	$0,114943 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,40	$0,078125 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,35	$0,212766 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,40	$0,113636 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,45	$0,077519 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,40	$0,208333 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,45	$0,112360 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,50	$0,076923 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,45	$0,204082 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,50	$0,111111 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,55	$0,076336 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,50	$0,200000 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,55	$0,109890 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,60	$0,075758 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,55	$0,196078 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,60	$0,108696 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,65	$0,075188 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,60	$0,192408 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,65	$0,107527 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,70	$0,074627 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,65	$0,188679 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,70	$0,106383 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,75	$0,074074 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,70	$0,185185 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,75	$0,105263 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,80	$0,073529 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,75	$0,181818 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,80	$0,104167 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,85	$0,072993 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,80	$0,178571 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,85	$0,103093 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,90	$0,072464 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,85	$0,175439 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,90	$0,102041 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	6,95	$0,071942 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,90	$0,172414 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	4,95	$0,101010 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	7,00	$0,071429 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
2,95	$0,169492 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,00	$0,100000 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	7,05	$0,070922 \times (\text{USL}-\text{LSL})$
3,00	$0,166667 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	5,05	$0,099010 \times (\text{USL}-\text{LSL})$	7,10	$0,070423 \times (\text{USL}-\text{LSL})$

Sumber: nilai-nilai dihanggikkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Catatan: formula yang digunakan: $[1 / (2 \times \text{target Sigma})] \times (\text{USL} - \text{LSL})$

Lampiran 15 Nilai-nilai Target Pengendalian Kualitas untuk Satu Batas Spesifikasi¹³⁸
 (SL) dan Toleransi Maksimum Standar Deviasi Proses

Target Sigma	S_{Max}	Target Sigma	S_{Max}	Target Sigma	S_{Max}
1,00	$1,000000 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,05	$0,327869 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,10	$0,196078 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,05	$0,952381 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,10	$0,322581 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,15	$0,194175 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,10	$0,909091 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,15	$0,317460 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,20	$0,192308 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,15	$0,869565 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,20	$0,312500 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,25	$0,190476 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,20	$0,833333 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,25	$0,307692 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,30	$0,188679 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,25	$0,800000 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,30	$0,303030 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,35	$0,186916 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,30	$0,769231 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,35	$0,298507 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,40	$0,185185 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,35	$0,740741 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,40	$0,294118 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,45	$0,183486 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,40	$0,714286 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,45	$0,289855 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,50	$0,181818 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,45	$0,689655 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,50	$0,285714 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,55	$0,180180 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,50	$0,666667 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,55	$0,281690 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,60	$0,178571 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,55	$0,645161 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,60	$0,277778 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,65	$0,176991 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,60	$0,625000 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,65	$0,273973 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,70	$0,175439 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,65	$0,606061 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,70	$0,270270 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,75	$0,173913 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,70	$0,588235 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,75	$0,266667 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,80	$0,172414 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,75	$0,571429 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,80	$0,263158 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,85	$0,170940 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,80	$0,555556 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,85	$0,259740 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,90	$0,169492 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,85	$0,540541 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,90	$0,256410 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,95	$0,168067 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,90	$0,526316 \times \text{absolut (SL-T)}$	3,95	$0,253165 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,00	$0,166667 \times \text{absolut (SL-T)}$
1,95	$0,512821 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,00	$0,250000 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,05	$0,165289 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,00	$0,500000 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,05	$0,246914 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,10	$0,163934 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,05	$0,487805 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,10	$0,243902 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,15	$0,162602 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,10	$0,476190 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,15	$0,240964 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,20	$0,161290 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,15	$0,465116 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,20	$0,238095 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,25	$0,160000 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,20	$0,454545 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,25	$0,235294 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,30	$0,158730 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,25	$0,444444 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,30	$0,232558 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,35	$0,157480 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,30	$0,434783 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,35	$0,229885 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,40	$0,156250 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,35	$0,425532 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,40	$0,227273 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,45	$0,155059 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,40	$0,416667 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,45	$0,224719 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,50	$0,153846 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,45	$0,408163 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,50	$0,222222 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,55	$0,152672 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,50	$0,400000 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,55	$0,219780 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,60	$0,151515 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,55	$0,392157 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,60	$0,217391 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,65	$0,150376 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,60	$0,384615 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,65	$0,215054 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,70	$0,149254 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,65	$0,377358 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,70	$0,212766 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,75	$0,148148 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,70	$0,370370 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,75	$0,210526 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,80	$0,147059 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,75	$0,363636 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,80	$0,208333 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,85	$0,145985 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,80	$0,357143 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,85	$0,206186 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,90	$0,144928 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,85	$0,350877 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,90	$0,204082 \times \text{absolut (SL-T)}$	6,95	$0,143885 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,90	$0,344828 \times \text{absolut (SL-T)}$	4,95	$0,202020 \times \text{absolut (SL-T)}$	7,00	$0,142857 \times \text{absolut (SL-T)}$
2,95	$0,338983 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,00	$0,200000 \times \text{absolut (SL-T)}$	7,05	$0,141844 \times \text{absolut (SL-T)}$
3,00	$0,333333 \times \text{absolut (SL-T)}$	5,05	$0,198020 \times \text{absolut (SL-T)}$	7,10	$0,140845 \times \text{absolut (SL-T)}$

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Catatan: jika nilai target (T) tidak ditetapkan, maka gunakan nilai rata-rata proses ($X-bar$) untuk menggantikan nilai T di atas. Formula yang digunakan: $[1/\text{target Sigma}] \times \text{absolut (SL-T)}$.