

PENGENDALIAN MUTU BETON DENGAN METODE CONTROL CHART (SPC) DAN PROCESS CAPABILITY (SIX- SIGMA) PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI

Edy Gardjito

Department of Civil Engineering University of Kadiri

E-mail : edygardjito@yahoo.co.id

Abstract

Hasil penelitian terhadap pengendalian mutu beton K.250 : (a) dengan grafik kendali (control chart), grafik Individual (\bar{X}): batas atas UCL = 289 kg/cm², batas tengah \bar{X} = 263 kg/cm², batas bawah LCL = 238 kg/cm², mendeteksi 1 sampel diluar kendali dibawah batas LCL yaitu sampel nomor test 142, grafik Xbar-R dan Xbar-S chart : mendeteksi 2 sampel diatas garis UCL yaitu sampel nomor test 26; 118, grafik I-MR chart : mendeteksi 3 sampel diatas garis UCL yaitu sampel nomor test 26; 118; 235. (b) dengan grafik kapabilitas proses, nilai $C_p = 0,93$, $C_{pk} = 0,81$, dan $C_{pm} = 0,81$, ($C_p, C_{pk}, C_{pm} < 1$) maka proses produksi memiliki kapabilitas kurang cukup mampu menghasilkan mutu yang diharapkan, nilai PPM < LSL terdapat 876,78 (10,21%) sampel kurang dari standard mutu yang diharapkan (<263 kg/cm²). Nilai 6σ (sig sigma) = 59,1 kg/cm² > (USL-LSL) = 55 kg/cm² proses memiliki kapabilitas hampir tidak cukup. Nilai-Z (transformasi Z) terdapat 90,65% berada >250 kg/cm². Probability of defect 0,83% = 0,0083 < 0,05 atau 5%, memenuhi standart kinerja mutu yang diharapkan meskipun proses produksi memiliki kapabilitas hampir tidak cukup.

Kata Kunci : Control Chart, Capability Process, C_p , C_{pk} , C_{pm} , SixSigma (6σ), Z-Value, Probability of Defect..

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Propinsi Jawa Timur yang begitu luas terdiri dari 38 kabupaten / kota harus diimbangi dengan infrastruktur jalan dan jembatan yang memadai. Tetapi tidak semua jalan dan jembatan yang menghubungkan kabupaten dan kota di Jawa Timur telah memadai. Terutama *jalur lintas selatan (JLS)* Jawa Timur. Padahal pembangunan JLS Jawa Timur ini dimulai tahun 2002. Jika tuntas pembangunannya, maka jalur ini akan membentang mulai sisi barat Pacitan hingga sisi timur Banyuwangi sepanjang 618,8 km. Dana yang dibutuhkan untuk proyek pembangunan JLS amat besar diperkirakan Rp. 7,8 Trilyun (estimasi tahun 2010). Selain anggaran, ada berbagai persoalan yang membuat JLS tersendat diantaranya : topografi yang sangat berat, kesulitan penggunaan lahan perhutani, serta biaya pemeliharaan yang besar. Topografi tersebut sangat berat karena 65 persen JLS berada di wilayah pegunungan dan tepi pantai. Konsekuensinya,

tidak semua lokasi bisa dibangun jalan dengan fungsi arteri. Karena itu infrastruktur jalan dan jembatan menjadi kebutuhan utama dijalur selatan. Jika terwujud, dipastikan jalan dan jembatan tersebut dapat mengangkat kesejahteraan masyarakat di selatan Jawa Timur.

Khusus pembangunan JLS Kabupaten Pacitan ruas jalan Pacitan–Hadiwarno yang melintasi pantai Soge-Tawang, *badan jalan dibangun diatas pasir pantai (marine sand) dengan jarak 50 m dari tepi laut selatan jawa menggunakan konstruksi dinding penahan (retaining wall) dari beton bertulang maupun pasangan batu*. Oleh karena itu, berkaitan proses pengelolaan proyek (manajemen proyek dan rekayasa konstruksi) di JLS Pacitan, terutama pada pelaksanaan konstruksi dinding penahan (retaining wall) beton bertulang tinggi 7 meter, maka peneliti berusaha mengadakan *pengamatan (observasi) tentang perencanaan dan pengendalian mutu beton* pada pelaksanaan pekerjaan tersebut, dengan inti kajian mengenai *pengendalian mutu beton K.250 menggunakan grafik kendali (control chart) dan grafik kapabilitas proses (process capability)*.

1.2 Rumusan Masalah

Sejauh mana kuantitas beton yang telah diproduksi apakah sudah sesuai dengan mutu beton yang diharapkan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui faktor-faktor pengendalian mutu beton yang berpengaruh signifikan terhadap pencapaian kinerja proyek.

1.4 Manfaat Penelitian

Memahami proses mengolah data dari hasil test kuat tekan beton, mengetahui kemampuan proses produksi beton dan mengevaluasi jika terjadi penyimpangan mutu beton yang diproduksi.

1.5 Batasan Masalah

Lingkup kajian dititikberatkan pada penilaian kontrol mutu K.250 dari beton yang telah diproduksi, dengan varian nilai tes kuat tekan beton sebanyak 241 sampel. Dan kajian pada pekerjaan konstruksi dinding penahan beton tinggi 7 meter ini tidak dilakukan membandingkan dengan kondisi proyek-proyek lain.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perencanaan dan Pengendalian Proyek

Proses pengendalian proyek dibuat guna mewujudkan performa yang baik di dalam setiap tahap kegiatan. Proses perencanaan dibuat sebagai bahan acuan bagi pelaksanaan pekerjaan. Bahan acuan tersebut selanjutnya akan menjadi standar pelaksanaan pada proyek yang bersangkutan, meliputi spesifikasi teknik (mutu konstruksi), jadwal dan anggaran. Maka untuk dapat

melakukan pengendalian perlu adanya perencanaan. Upaya pengendalian adalah proses pengukuran, evaluasi dan membetulkan kinerja proyek. Ada 3 unsur yang perlu dikendalikan dan diukur didalam proyek konstruksi, yaitu :

1. kemajuan (progress) fisik yang dicapai dibandingkan terhadap kontrak,
2. pembiayaan terhadap rencana anggaran,
3. mutu hasil pekerjaan terhadap spesifikasi teknis.

2.2 Definisi Pengendalian Mutu

Pengendalian kualitas (kendali mutu) adalah usaha pengawasan dan tindakan turun tangan pada suatu pelaksanaan pekerjaan dengan tujuan hasil pekerjaan sesuai ketentuan yang telah ditetapkan dan atau disepakati dengan menghasilkan produk semurah mungkin dan memenuhi kebutuhan pengguna. Sedangkan sistem pengendalian kualitas (Quality Management System) adalah pengendalian terhadap keseluruhan kegiatan dan aktivitas yang ada dalam perusahaan yang meliputi : input, proses, dan output untuk perbaikan kualitas produk.

2.3 Definisi Peningkatan Mutu

Peningkatan kualitas (Quality Improvement) adalah tindakan perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi variasi pada proses dan produk. Titik-titik potensial pada proses dan produk adalah tahapan-tahapan proses yang perlu dilakukan dengan hati-hati dan penuh ketelitian, karena kesalahan pada tahap ini dapat mengakibatkan produk menjadi cacat (defect).

2.4 Proporsi Campuran Beton

Komposisi campuran beton pada dinding penahan (retaining wall) tinggi 7 meter, setiap volume 1m³ adukan beton adalah : semen 340 kg (8,5 zak @ 40 kg), air 170 kg, pasir 682 kg dan batu pecah 1113 kg (berat isi rata-rata 2,363 kg). Meskipun beton dibuat dengan proporsi (persentase komposisi) yang sudah tertentu, bisa saja terjadi variasi dari satu takaran ke takaran yang lain. Variasi bisa terjadi pada masing-masing bahan yang masuk kedalam pengaduk, khususnya agregat. Variasi juga terjadi pada proses, mulai dari penakaran, pengadukan, penuangan, pemadatan maupun perawatannya. Variasi juga bisa terjadi akibat pengambilan dan pengujian contoh benda uji beton.

2.5 Grafik Kendali

Berkaitan dengan kekuatan beton, grafik kendali digunakan untuk mengetahui fluktuasi / stabilitas hasil test kuat tekan pada tiap-tiap benda uji yang diamati. Artinya grafik kendali dapat menggambarkan variasi data, sehingga dapat cepat diketahui bila ada penyimpangan sampel dari batas-batas kendali. Fungsi umum grafik kendali adalah :

- Membantu mengurangi variabilitas
- Memonitor kinerja proses setiap saat
- Memungkinkan proses koreksi untuk mencegah penolakan

- Trend dan kondisi diluar kendali terdeteksi secara cepat

Konsep grafik kendali maksudnya adalah sebagai berikut :

- 1) defect merupakan permasalahan didalam proses produk,
- 2) penyebab khusus defect (mungkin kesalahan operator, kondisi material, peralatan rusak),
- 3) penyebab umum defect (kesalahan pengujian, metode tidak sesuai, pengawasan lemah),
- 4) hilangkan penyebab tersebut dan hindari jumlah defect yang banyak (akibat dari recondition),
- 5) kelengkapan kepuasan kinerja proses.

Grafik kendali merupakan run-chart dalam suatu interval spesifikasi tertentu, biasanya dipakai 3 standar deviasi (3σ atau 3 sigma) disebut limit aksi, jika dipakai 2 sigma disebut limit peringatan. Grafik kendali terdiri dari 3 macam garis batas : (1) Batas kontrol atas / Upper control limit (UCL), (2) Rata-rata kualitas sampel atau garis tengah (\bar{X}), dan (3) Batas kontrol bawah / Lower control limit (LCL). Garis UCL dan LCL merupakan garis batas control limit pada \pm tiga garis standar deviasi (batas $\pm 3\sigma$) dari garis rata-rata kualitas sampel. Formula pada batas grafik kendali adalah sebagai berikut :

$$UCL = \bar{X} + 3\frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}; LCL = \bar{X} - 3\frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}; \text{batas } \pm 3\sigma \dots\dots(5)$$

Sumber : C.Tri Hendradi (2006)

Sampel yang berada didalam rentang UCL–LCL dikatakan berada dalam pengawasan atau biasanya dikatakan proses berada didalam kendali, sedangkan yang berada diluar rentang UCL–LCL dikatakan berada diluar pengawasan atau biasanya dikatakan proses berada diluar kendali. Secara umum berdasarkan tipe data (variabel dan atribut), grafik kendali dapat digolongkan dalam 2 kategori, yaitu :

- (1) diagram kontrol variabel yaitu X-S chart, X-R chart, I-MR chart,
- (2) diagram kontrol atribut yaitu np-chart, p-chart, c-chart, μ -chart.

Grafik kendali variabel memiliki tipe data kontinyu dan datanya diperoleh sebagai hasil pengukuran, contoh data hasil pengujian kuat tekan beton (kg/cm²). Sedangkan diagram kontrol atribut memiliki tipe data diskrit dan datanya diperoleh sebagai hasil perhitungan / penjumlahan (tipe data kualitatif). Sebagai contoh, menghitung proporsi cacat atau jumlah cacat dari pengujian kuat tekan beton (kg/cm²). Diagram kontrol X-S chart, X-R chart digunakan apabila tipe data yang diamati adalah variabel dengan subgroup sampel lebih dari 1. Diagram kontrol variabel memantau tingkat rata-rata kualitas melalui X chart, sedangkan pemantauan variabilitas kualitas dapat menggunakan pengukuran range (rentang) melalui R chart atau pengukuran standar deviasi melalui S chart.

Formula dari X chart, R chart dan S chart adalah sebagai berikut :

X chart : $UCL = \bar{\bar{X}} + A2.\bar{S}$;Garis pusat = $\bar{\bar{X}}$; $LCL = \bar{\bar{X}} - A2.\bar{S}$, kemudian R chart : $UCL = D4.\bar{R}$; Garis pusat = $\bar{\bar{R}}$; $LCL = D3.\bar{S}$, dan S chart : $UCL = D4.\bar{S}$; Garis pusat = $\bar{\bar{S}}$; $LCL = D3.\bar{S}$ (6)

Sumber : C.Tri Hendradi (2006)

$\bar{\bar{X}}$ = rata-rata keseluruhan subgroup.

$\bar{\bar{R}}$ = range (rentang) keseluruhan subgroup.

$\bar{\bar{S}}$ = standar deviasi keseluruhan subgroup.

A2, D3, D4= konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh jumlah pengamatan sampel dalam subgroup.

Grafik kendali I-MR chart (Individu Moving Range chart) digunakan apabila pada kondisi tertentu monitoring proses yaitu tingkat proses dan variasi proses hanya dilakukan pada unit individual secara bersamaan. Kondisi ini terjadi jika (1) tingkat produksi lambat, (2) adanya perbedaan hasil pengukuran akibat kesalahan analisis, (3) pada manufaktur produk memiliki variabilitas yang kecil. I-MR chart terdiri dari 2 diagram kontrol, yaitu (1) individual chart dan (2) moving range chart. Individual chart merupakan diagram kontrol rata-rata individual. Diagram ini menggunakan moving range antar rata-rata yang berurutan dalam menentukan batas UCL dan LCL. Sedangkan Moving Range chart merupakan diagram kontrol rata-rata subgroup. Menggunakan moving range chart untuk menghilangkan variasi within-sampel. Formula dari Individual Moving Range chart adalah :

IMR chart : $UCL = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{MR}}{d_2}$; Garis pusat = $\bar{\bar{X}}$; $LCL = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{MR}}{d_2}$ (7)

Sumber : C.Tri Hendradi (2006)

$\bar{\bar{X}}$ = rata-rata pengukuran.

\bar{MR} = rata-rata rentang bergerak (moving range), rentang bergerak merupakan nilai selisih rentang 2 titik berturutan.

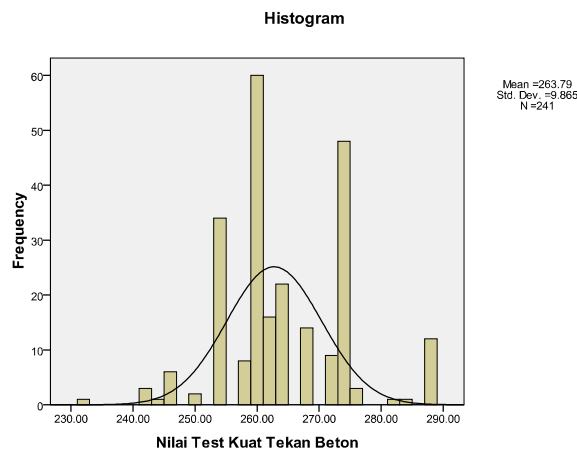
d_2 = konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh rentangbergerak (moving range).

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

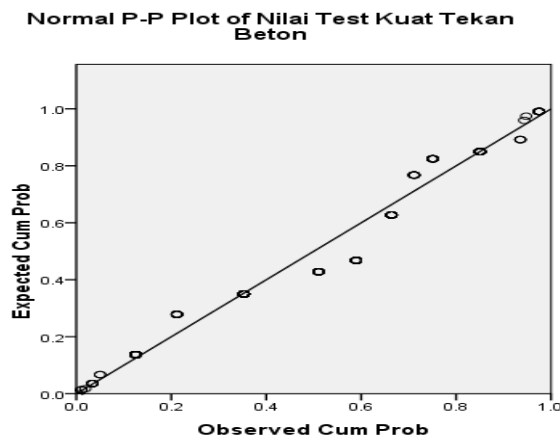
Tabel 1: Statistik Deskriptif Nilai Kuat Tekan Beton 241 sampel

Descriptive Statistics							
	N	Range	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation
Nilai Test Kuat Tekan Beton	241	55.00	232.00	287.00	63574.00	263.7925	9.86484
Valid N (listwise)	241						

Sumber : Analisis Peneliti

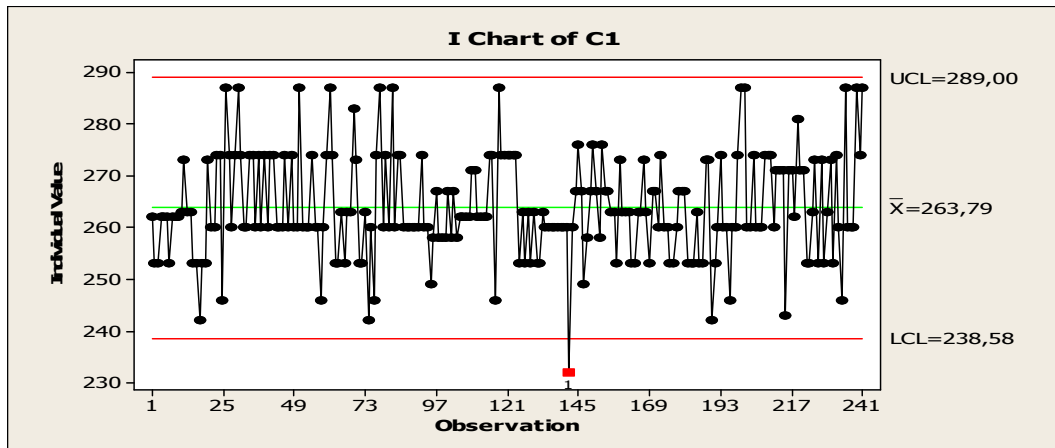


Gambar 1: Histogram Nilai Kuat Tekan Beton 241 sampel



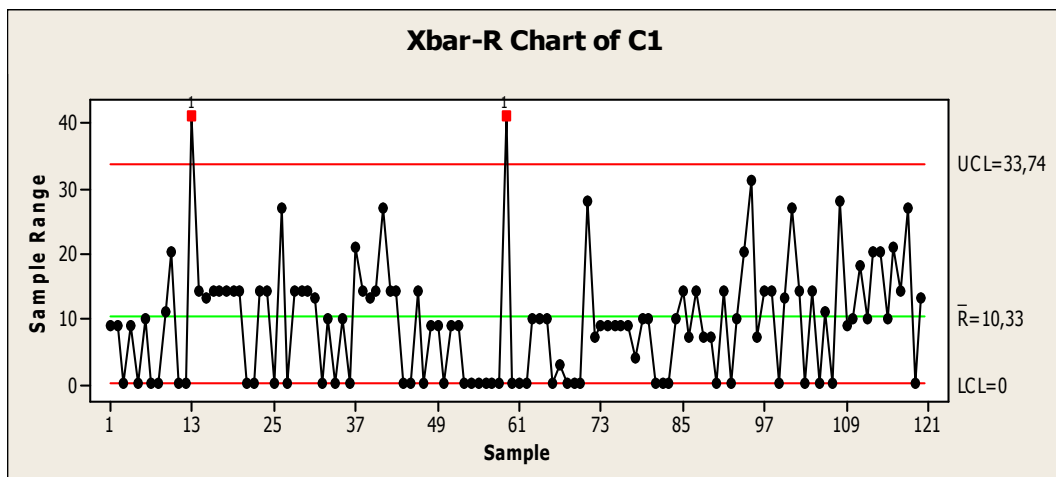
Gambar 2: Normalitas Data Nilai Kuat Tekan Beton 241 sampel

Grafik Kendali (Control Chart)



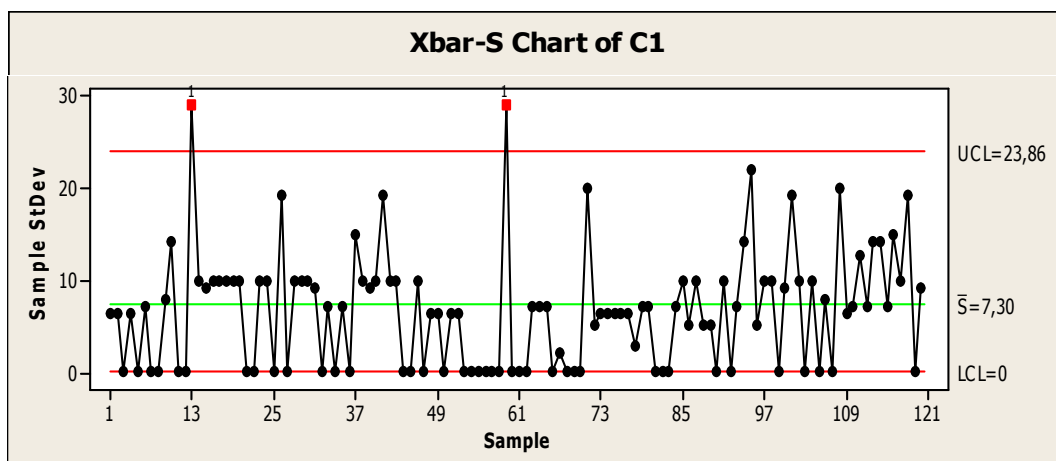
Gambar 3: Grafik I chart Nilai Test Kuat Tekan Beton 241 sampel

Sumber : Analisis Peneliti



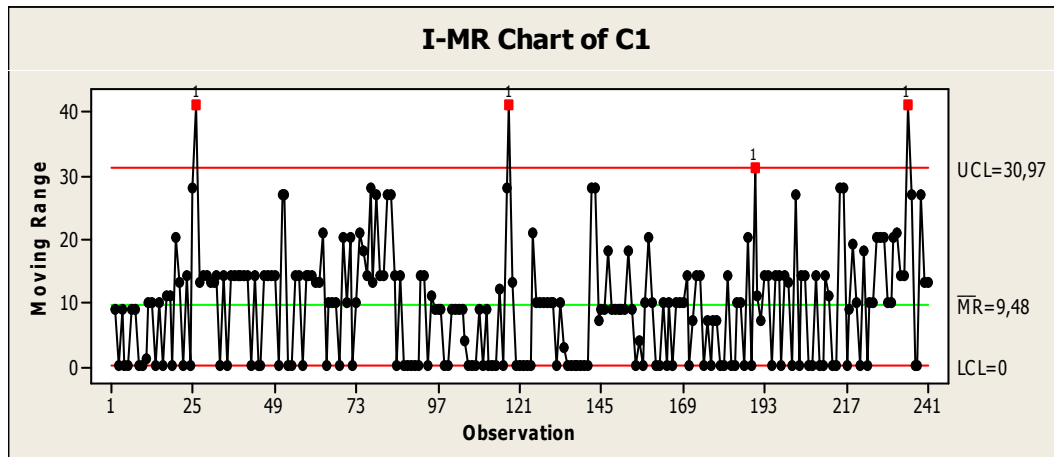
Gambar 4: Grafik Xbar-R Nilai Test Kuat Tekan Beton 241 sampel

Sumber : Analisis Peneliti



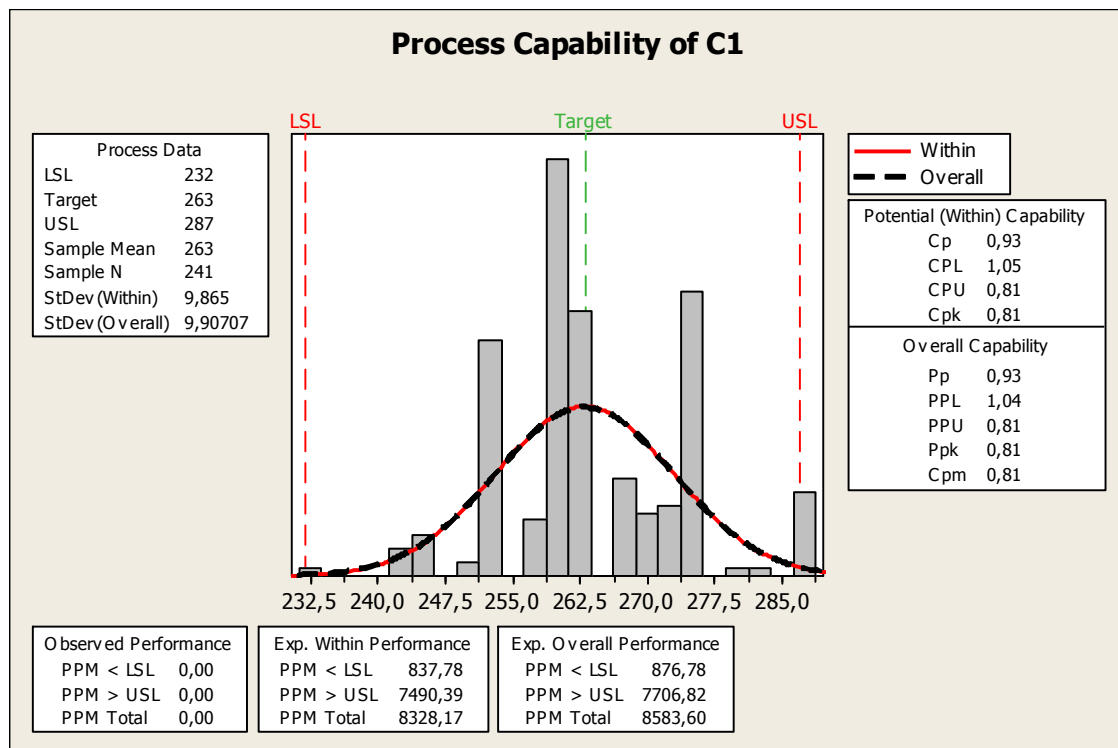
Gambar 5: Grafik Xbar-S Nilai Test Kuat Tekan Beton 241 sampel

Sumber : Analisis Peneliti



Gambar 6: Grafik I-MR Nilai Test Kuat Tekan Beton 241 sampel

Sumber : Analisis Peneliti



Gambar 4.18 Capability Process Test Kuat Tekan Beton 241 sampel

Sumber : Analisis Peneliti

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Nilai $C_p = 0,93$, $C_{pk} = 0,81$, dan $C_{pm} = 0,81$ mendekati angka 1, mengindikasikan proses memiliki kapabilitas kurang cukup mampu menghasilkan standart mutu yang diharapkan. Nilai $PPM < LSL = 876,78$ artinya dari satu juta sampel yang diproduksi terdapat 876,78 (10,21%) sampel kuat tekan rata-ratanya kurang dari standart mutu yang diharapkan ($< 263 \text{ kg/cm}^2$).

Diperiksa dengan 6σ (sig sigma) = $6 \times 9,865 = 59,1 \text{ kg/cm}^2 > (USL - LSL) = 55 \text{ kg/cm}^2$, proses memiliki kapabilitas hampir tidak cukup. Diperiksa dengan nilai-Z (transformasi Z atau Z-value) terdapat 90,65% data berada antara 250 kg/cm^2 dan 300 kg/cm^2 (atau 9,35% berada $< 250 \text{ kg/cm}^2$). Serta memiliki probability of defect sebesar 0,83%, artinya probability (sig) = $0,0083 \leq 0,05$ atau 5% , dapat disimpulkan bahwa nilai hasil test kuat tekan beton 241 sampel tersebut masih memenuhi standart kinerja mutu yang diharapkan meskipun proses memiliki kapabilitas hampir tidak cukup.

4.2 Saran

- 1) Apabila penyelenggara proyek merasa bahwa indeks kapabilitas proses (Cp, Cpk, Cpm) tersebut sudah terpenuhi, maka kinerja proyek konstruksi yang dihasilkan akan semakin baik pula.
- 2) Dalam rangka penjaminan mutu konstruksi yang dihasilkan (ukuran kinerja proyek) maka setiap pelaksanaan kegiatan proyek terlebih dulu harus membuat Rencana Mutu (tepat mutu, tepat waktu, tepat biaya). Terdapat 2 jenis Rencana mutu yaitu **Rencana Mutu Proyek (RMP)** yang disusun oleh Pejabat Pembuat Komitmen (PPK), dan **Rencana Mutu Kontrak (RMK)** yang disusun oleh Kontraktor. Sedangkan Konsultan selain menyusun RMK (terkait dokumen kontrak), juga menyusun Standard Operation Procedure (SOP), Instruksi Kerja dan Daftar Simak atau Daftar Periksa yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ervianto WI, 2002, Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi, Andi, Yogyakarta. Yogyakarta.
- [2] L.Wahyudi, Syahril A.R, 1999, Struktur Beton Bertulang (SNI T-15-1991-03), Gramedia, Jakarta.
- [3] Paul Nugraha, 2007, Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi, LPPM Univ. Kristen Petra, Surabaya.
- [4] Pujo Aji, Rachmat Purwono, 2010, Pengendalian Mutu Beton, ITS Press, Surabaya.
- [5] Suharto Iman, 1999, Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid I, II, Erlangga, Jakarta.
- [6] Tri Hendradi, 2006, Statistik Six Sigma Dengan Minitab, Andi, Yogyakarta.

- [7] Suratno. (2009). Pengaruh Perbedaan Tipe Fungsi Keanggotaan Pada Pengendali Logika Fuzzy Terhadap Tanggapan Waktu Sistem Orde Dua Secara Umum. 1–10.
- [8] Wardhani, L. K., & Haerani, E. (2011). Analisis Pengaruh Pemilihan Fuzzy Membership Function Terhadap Output Sebuah Sistem Fuzzy Logic. Sntiki Iii 2011, 326–333.
- [9] Mustaqim, M. I., Marliansyah, J., Rahmi, A., Sipil, M. T., Teknik, F., Pengaraian, Pradana, S. A. (2013). Tugas akhir, (Pembimbing I), 2506.
- [10] SNI 15-2049-2004.Jakarta: “Semen Portland.” Departemen Pekerjaan Umum. Badan Standardisasi Nasional. (2004).