

APLIKASI STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC) DALAM PENGENDALIAN VARIABILITAS KUAT TEKAN BETON

Iwan Rustendi

Email : iwan_rustendi@yahoo.com
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Wijayakusuma Purwokerto

ABSTRAK : Salah satu metode untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen adalah analisis pengendalian kualitas statistik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah produksi beton salah satu produsen *ready mix concrete* PT "Y" yang berkedudukan di Banyumas kualitasnya terkendali atau tidak terjadi penyimpangan (selalu konsisten) sepanjang pelaksanaan pekerjaan. Alat bantu atau metode yang digunakan dalam analisis variabilitas kekuatan beton adalah metode peta kendali (*control chart*). Untuk mengetahui apakah beton tersebut juga memenuhi syarat sesuai spesifikasi teknis, maka dilakukan juga analisis evaluasi berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Sampel yang diteliti adalah merupakan benda uji beton yang diuji di Laboratorium Teknik Sipil UNWIKU Purwokerto, yang berasal dari Proyek "X" yang berlokasi di Kabupaten Banyumas. Jumlah benda uji (sampel) sebanyak 68 buah di mana 2 buah benda uji yang berpasangan berasal dari 34 adukan (*truck mixer*) yang berbeda, sehingga satu nilai uji kuat tekan merupakan rata-rata kuat tekan 2 buah benda uji yang berpasangan. Perawatan benda uji dilakukan di laboratorium dan pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Dengan kuat tekan karakteristik f'_c rencana adalah 25 MPa, berdasarkan grafik peta kendali \bar{x} dan R diketahui bahwa data yang diuji seluruhnya berada dalam batas kendali yang telah ditetapkan, sehingga bisa dikatakan bahwa pekerjaan beton pada Proyek "X" tersebut terkendali atau tidak terjadi penyimpangan (selalu konsisten) dalam pembuatan adukan beton sepanjang pelaksanaan pekerjaan. Sementara berdasarkan evaluasi mutu beton sesuai SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung diketahui bahwa hanya terdapat 1 (satu) hasil uji yang merupakan rata-rata dari 3 pasangan benda uji nilainya kurang dari 25 MPa. Sehingga mutu beton pada Proyek "X" di Kabupaten Banyumas tersebut bisa dikategorikan memenuhi syarat atau diterima

KATA KUNCI : pekerjaan beton, analisis pengendalian kualitas statistik, kualitas beton

1. PENDAHULUAN

Setiap perusahaan yang memproduksi suatu produk dituntut untuk selalu berkompetisi dengan perusahaan lain yang memproduksi produk yang sejenis. Salah satu cara agar bisa memenangkan kompetisi atau paling tidak dapat bertahan di dalam kompetisi tersebut adalah dengan memberikan perhatian penuh terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Dengan kata lain untuk dapat berkompetisi dengan kompetitor, suatu perusahaan harus dapat mempertahankan kualitas produk yang dihasilkannya atau bahkan menciptakan produk yang lebih baik lagi. Menghasilkan kualitas produk yang terbaik diperlukan upaya perbaikan yang berkesinambungan (*continuous improvement*) terhadap kemampuan produk, manusia, proses dan lingkungan (La Hatani, 2007).

Kualitas dari produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan ditentukan berdasarkan ukuran-ukuran dan karakteristik tertentu. Suatu produk dikatakan berkualitas baik apabila dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen atau dapat diterima oleh konsumen sesuai spesifikasi, dan melalui proses yang baik yang diberikan oleh produsen. Produk yang berkualitas akan memberikan keuntungan bisnis bagi produsen, dan tentunya juga dapat memberikan kepuasan bagi konsumen dan menghindari banyaknya keluhan para konsumen (*costumer complain*) setelah menggunakan produk yang dibelinya.

Salah satu aktifitas dalam menciptakan kualitas agar sesuai standar adalah dengan menerapkan sistem pengendalian kualitas yang tepat, mempunyai tujuan dan tahapan yang jelas, serta memberikan inovasi dalam melakukan pencegahan dan penyelesaian masalah-masalah yang dihadapi. Kegiatan pengendalian kualitas dapat membantu perusahaan mempertahankan dan meningkatkan kualitas produknya dengan melakukan pengendalian terhadap tingkat kerusakan produk (*product defect*) sampai pada tingkat kerusakan nol (*zero defect*). Pengendalian kualitas juga bertujuan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan perusahaan maupun standar yang telah ditetapkan oleh badan lokal dan internasional yang mengelola tentang standarisasi mutu/kualitas.

Dalam pekerjaan konstruksi salah satu pekerjaan (produk) yang harus dikendalikan atau dikontrol adalah pekerjaan beton. Beton adalah material komposit yang diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah) dengan perbandingan tertentu. Hampir semua orang mengenal material ini dan tahu atau bisa membuatnya. Tapi sesungguhnya untuk mendapatkan beton yang berkualitas dalam hal ini kemudahan pengerjaannya (*workabilitas*) sesuai yang dikehendaki dan kekuatannya sesuai dengan yang disyaratkan (hasil evaluasinya memenuhi syarat) tidak mudah. Pada intinya beton adalah merupakan material yang rumit, karena kekuatannya sangat tergantung dari material penyusunnya (yang masing-masing mempunyai karakteristik yang bervariasi), juga tergantung pada kualitas pelaksanaan pembuatannya.

Kekuatan beton yang diproduksi di lapangan mempunyai kecenderungan untuk bervariasi dari adukan ke adukan yang berikutnya. Besar variasi itu tergantung pada beberapa faktor seperti (Tjokrodimuljo, 1996) :

- 1) Variasi mutu bahan (agregat)
- 2) Variasi cara pengadukan
- 3) Stabilitas pekerja

Atas dasar kecenderungan bervariasi tersebut maka pekerjaan beton perlu pengawasan atau pengendalian sepanjang proses pembuatannya (*daily control*) sehingga akan diperoleh beton yang baik (mutunya sesuai dengan yang direncanakan), yang direpresentasikan oleh hasil evaluasi kuat tekan benda uji yang memenuhi syarat (yang diterima). Pekerjaan beton yang baik (mutunya sesuai dengan yang direncanakan) salah satu indikatornya adalah hasil pengujian benda ujinya menunjukkan nilai yang cenderung seragam. Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971 bahwa kekuatan tekan karakteristik dipengaruhi oleh tingkat variabilitas kekuatan tekan masing-masing hasil uji, di mana makin rendah tingkat variabilitasnya (hasil uji cenderung seragam) maka makin tinggi kuat tekan karakteristik yang dihasilkan.

2. BATASAN PENELITIAN

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Sampel yang diteliti adalah merupakan benda uji beton yang diuji di Laboratorium Teknik Sipil UNWIKU Purwokerto, yang berasal dari Proyek "X" yang berlokasi di Kabupaten Banyumas.
- 2) Analisis variabilitas kekuatan beton menggunakan alat bantu atau metode peta kendali (*control chart*).
- 3) Untuk mengetahui apakah beton tersebut memenuhi syarat sesuai spesifikasi teknis, maka dilakukan juga analisis evaluasi berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

3. KAJIAN PUSTAKA

3.1 Pengendalian Kualitas Statistik

3.1.1 Pengertian pengendalian kualitas statistik

Pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan aktivitas/tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen.

Pengendalian kualitas statistik dengan menggunakan alat bantu statistik yang terdapat pada SPC (*Statistical Process Control*) dan SQC (*Statistical Quality Control*) merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola dan memperbaiki produk dan proses dengan menggunakan metode-metode statistik. Pengendalian kualitas statistik (*Statistical Quality Control/SQC*) sering disebut sebagai pengendalian proses statistik (*Statistical Process Control/SPC*).

Dr. W. Edwards Deming adalah salah seorang yang memperkenalkan teknik penyelesaian masalah dan pengendalian dengan metode statistik tersebut (yang dikembangkan pertama kali oleh Shewhart) agar perusahaan dapat membedakan penyebab sistematis dan penyebab khusus dalam menangani kualitas. Ia berkeyakinan bahwa perbedaan atau variasi merupakan suatu fakta yang tidak dapat dihindari dalam kehidupan industri (Nasution, 2005).

3.1.2 Tujuan pengendalian kualitas statistik

Tujuan pengendalian proses statistik adalah sebagai berikut (Hubeis, 1997) :

- 1) Mengendalikan dan memantau terjadinya penyimpangan mutu produk
- 2) Memberikan peringatan dini untuk mencegah terjadinya penyimpangan mutu produk lebih lanjut
- 3) Memberikan petunjuk waktu yang tepat untuk segera melakukan tindakan koreksi dari proses yang menyimpang
- 4) Mengenali penyebab keragaman atau penyimpangan produk.

Tujuan utama pengendalian proses secara statistik adalah pengurangan variasi yang sistematis dalam karakteristik mutu kunci produk. Pengendalian proses secara statistik akan menstabilkan proses dan mengurangi variasi, sehingga menghasilkan biaya mutu yang lebih rendah dan mempertinggi posisi dalam kompetisi yang semakin ketat (Montgomery, 1996).

Mengetahui variasi suatu proses dalam menghasilkan *output* sangat penting, agar dapat mengambil tindakan-tindakan perbaikan terhadap proses itu secara tepat. Metode statistik diperlukan untuk mengidentifikasi penyimpangan dan menunjukkan penyebab

berbagai penyimpangan baik untuk proses produksi maupun bisnis, sehingga menyebabkan peningkatan produktivitas (Ryan, 1989).

Pengendalian proses secara statistik berarti proses itu dikendalikan berdasarkan catatan data yang secara terus menerus dikumpulkan dan dianalisis agar menghasilkan informasi yang dapat digunakan dalam mengendalikan dan meningkatkan proses sehingga proses memiliki kemampuan untuk memenuhi spesifikasi *output* yang diinginkan (Gaspersz, 1998).

3.1.3 Pembagian pengendalian kualitas statistik

Terdapat 2 (dua) jenis metode pengendalian kualitas secara statistika yang berbeda, yaitu:

1) *Acceptance Sampling*

Didefinisikan sebagai pengambilan satu sampel atau lebih secara acak dari suatu partai barang, memeriksa setiap barang di dalam sampel tersebut dan memutuskan berdasarkan hasil pemeriksaan itu, apakah menerima atau menolak keseluruhan partai. Jenis pemeriksaan ini dapat digunakan oleh pelanggan untuk menjamin bahwa pemasok memenuhi spesifikasi kualitas atau oleh produsen untuk menjamin bahwa standar kualitas dipenuhi sebelum pengiriman. Pengambilan sampel penerimaan lebih sering digunakan daripada pemeriksaan 100% karena biaya pemeriksaan jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya lolosnya barang yang tidak sesuai kepada pelanggan.

2) *Process Control*

Pengendalian proses adalah pemeriksaan produk atau jasa ketika barang tersebut masih sedang diproduksi (*WIP/Work In Process*). Sampel berkala diambil dari *output* proses produksi. Apabila setelah pemeriksaan sampel terdapat alasan untuk mempercayai bahwa karakteristik kualitas proses telah berubah, maka proses itu akan diberhentikan dan dicari penyebabnya. Penyebab tersebut dapat berupa perubahan pada operator, mesin ataupun pada bahan. Apabila penyebab ini telah dikemukakan dan diperbaiki, maka proses itu dapat dimulai kembali. Dengan memantau proses produksi tersebut melalui pengambilan sampel secara acak, maka pengendalian yang konstan dapat dipertahankan. Pengendalian proses didasarkan atas dua asumsi penting, yaitu:

a) Variabilitas

Bagaimana pun sempurnanya suatu rancangan proses, pasti terdapat variabilitas dalam karakteristik kualitas dari tiap unit. Variasi selama proses produksi tidak sepenuhnya dapat dihindari dan tidak pernah dapat dihilangkan sama sekali. Namun sebagian dari variasi tersebut dapat dicari penyebabnya serta diperbaiki.

b) Proses

Proses produksi tidak selalu berada dalam keadaan terkendali, karena lemahnya prosedur, operator yang tidak terlatih, pemeliharaan mesin yang tidak cocok dan sebagainya, maka variasi produksinya biasanya jauh lebih besar dari yang semestinya.

3.2 Alat Bantu Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas secara statistik dengan menggunakan SPC (*Statistical Process Control*) dan SQC (*Statistical Quality Control*), mempunyai 7 (tujuh) alat statistik utama yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mengendalikan kualitas yaitu; *check sheet*, histogram, *control chart*, diagram pareto, diagram sebab akibat, *scatter diagram* dan diagram proses (Heizer dan Render, 2006).

3.2.1 *Check sheet*

Check Sheet atau lembar pemeriksaan merupakan alat pengumpul dan penganalisis data yang disajikan dalam bentuk tabel yang berisi data jumlah barang yang diproduksi dan jenis ketidaksesuaian beserta jumlah yang dihasilkannya. Tujuan digunakannya *check sheet* ini adalah untuk mempermudah proses pengumpulan data dan analisis, serta untuk mengetahui area permasalahan berdasarkan frekuensi dari jenis atau penyebab dan mengambil keputusan untuk melakukan perbaikan atau tidak. Pelaksanaannya dilakukan dengan cara mencatat frekuensi munculnya karakteristik suatu produk yang berkenaan dengan kualitasnya. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengadakan analisis masalah kualitas.

Manfaat dipergunakannya *check sheet* adalah sebagai berikut :

- 1) Mempermudah pengumpulan data terutama untuk mengetahui bagaimana suatu masalah terjadi.
- 2) Mengumpulkan data tentang jenis masalah yang sedang terjadi.
- 3) Menyusun data secara otomatis sehingga lebih mudah untuk dikumpulkan.
- 4) Memisahkan antara opini dan fakta.

3.2.2 *Scatter diagram*

Scatter diagram atau diagram sebar atau disebut juga dengan peta korelasi adalah grafik yang menampilkan hubungan antara dua variabel apakah hubungan antara dua variabel tersebut kuat atau tidak yaitu antara faktor proses atau yang mempengaruhi proses dengan kualitas produk. Pada dasarnya diagram sebar merupakan suatu alat interpretasi data yang digunakan untuk menguji bagaimana kuatnya hubungan antara dua variabel dan menentukan jenis hubungan dari dua variabel tersebut, apakah positif, negatif, atau tidak ada hubungan.

3.2.3 *Diagram sebab-akibat (cause and effect diagram)*

Diagram sebab akibat (*cause and effect diagram*) yang sering disebut juga diagram tulang ikan (*fishbone chart*) berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang kita pelajari. Selain itu kita juga dapat melihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang dapat kita lihat dari panah-panah yang berbentuk tulang ikan pada diagram *fishbone* tersebut.

Diagram sebab akibat ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas dari Jepang yaitu Dr. Kaoru Ishikawa yang menggunakan uraian grafis dari unsur-unsur proses untuk menganalisa sumber-sumber potensial dari penyimpangan proses.

Faktor-faktor penyebab utama ini dapat dikelompokkan dalam :

- 1) *Material*/bahan baku
- 2) *Machine*/mesin
- 3) *Man*/tenaga kerja
- 4) *Method*/metode
- 5) *Environment*/lingkungan

Adapun kegunaan dari diagram sebab akibat adalah sebagai berikut :

- 1) Membantu mengidentifikasi akar penyebab masalah.
- 2) Menganalisa kondisi yang sebenarnya yang bertujuan untuk memperbaiki peningkatan kualitas.
- 3) Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi suatu masalah.

- 4) Membantu dalam pencarian fakta lebih lanjut.
- 5) Mengurangi kondisi-kondisi yang menyebabkan ketidaksesuaian produk dengan keluhan konsumen.
- 6) Menentukan standarisasi dari operasi yang sedang berjalan atau yang akan dilaksanakan.
- 7) Sarana pengambilan keputusan dalam menentukan pelatihan tenaga kerja.
- 8) Merencanakan tindakan perbaikan.

Langkah-langkah dalam membuat diagram sebab akibat adalah sebagai berikut :

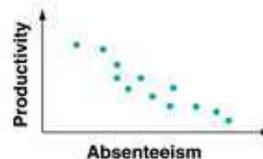
- 1) Mengidentifikasi masalah utama.
- 2) Menempatkan masalah utama tersebut disebelah kanan diagram.
- 3) Mengidentifikasi penyebab minor dan meletakkannya pada diagram utama.
- 4) Mengidentifikasi penyebab minor dan meletakkannya pada penyebab mayor.
- 5) Diagram telah selesai, kemudian dilakukan evaluasi untuk menentukan penyebab sesungguhnya.

Tools for Generating Ideas

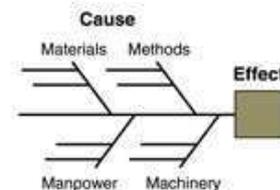
(a) *Check Sheet*: An organized method of recording data.

Defect	Hour							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	///	/		/	/	/	///	/
B	//	/	/	/			//	///
C	/	//					//	///

(b) *Scatter Diagram*: A graph of the value of one variable vs. another variable.

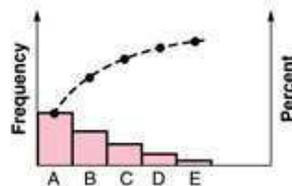


(c) *Cause and Effect Diagram*: A tool that identifies process elements (causes) that might effect an outcome.

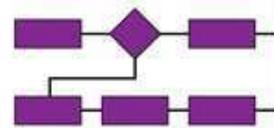


Tools to Organize the Data

(d) *Pareto Charts*: A graph to identify and plot problems or defects in descending order of frequency.

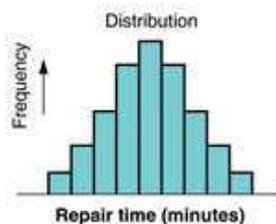


(e) *Flow Charts (Process Diagrams)*: A chart that describes the steps in a process.

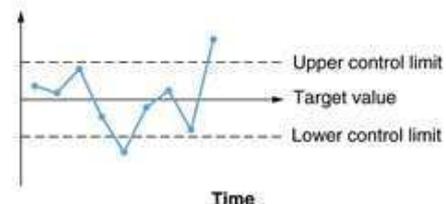


Tools for Identifying Problems

(f) *Histogram*: A distribution showing the frequency of occurrences of a variable.



(g) *Statistical Process Control Chart*: A chart with time on the horizontal axis to plot values of a statistic.



Gambar 1. Alat bantu pengendalian kualitas statistik

3.2.4 Diagram pareto

Diagram pareto (*pareto analysis*) pertama kali diperkenalkan oleh Alfredo Pareto dan digunakan pertama kali oleh Joseph Juran. Diagram pareto adalah grafik balok dan grafik baris yang menggambarkan perbandingan masing-masing jenis data terhadap keseluruhan. Dengan memakai diagram Pareto, dapat terlihat masalah mana yang dominan sehingga dapat mengetahui prioritas penyelesaian masalah. Fungsi diagram pareto adalah untuk mengidentifikasi atau menyeleksi masalah utama untuk peningkatan kualitas dari yang paling besar ke yang paling kecil.

Sedangkan kegunaan diagram pareto adalah untuk:

- 1) Menunjukkan masalah utama.
- 2) Menyatakan perbandingan masing-masing persoalan terhadap keseluruhan.
- 3) Menunjukkan tingkat perbaikan setelah tindakan perbaikan pada daerah yang terbatas.
- 4) Menunjukkan perbandingan masing-masing persoalan sebelum dan setelah perbaikan.

Dengan diagram pareto dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang penting, untuk mencari cacat yang terbesar dan yang paling berpengaruh. Pencarian cacat terbesar atau cacat yang paling berpengaruh dapat berguna untuk mencari beberapa wakil dari cacat yang teridentifikasi, kemudian dapat digunakan untuk membuat diagram sebab akibat. Hal ini perlu untuk dilakukan mengingat sangat sulit untuk mencari penyebab dari semua cacat yang teridentifikasi. Apabila semua cacat dianalisis untuk dicari penyebabnya maka hal tersebut hanya akan menghabiskan waktu dan biaya dengan sia-sia.

3.2.5 Diagram alir

Diagram alir atau diagram proses (*process flow chart*) menyajikan sebuah proses atau sistem dengan menggunakan kotak dan garis yang saling berhubungan. Diagram ini cukup sederhana, tetapi merupakan alat yang sangat baik untuk mencoba memahami sebuah proses atau menjelaskan langkah-langkah sebuah proses. Diagram alir dipergunakan sebagai alat analisis untuk:

- 1) Mengumpulkan data dan mengimplementasikan data juga merupakan ringkasan visual dari data itu sehingga memudahkan dalam pemahaman.
- 2) Menunjukkan *output* dari suatu proses.
- 3) Menunjukkan apa yang sedang terjadi dalam situasi tertentu sepanjang waktu.
- 4) Menunjukkan kecenderungan dari data sepanjang waktu.
- 5) Membandingkan dari data periode yang satu dengan periode lain, juga memeriksa perubahan-perubahan yang terjadi.

3.2.6 Histogram

Histogram adalah suatu alat yang berbentuk diagram batang yang menunjukkan tabulasi dari data yang diatur berdasarkan ukurannya sebagai alat bantu untuk menentukan variasi dalam suatu proses. Tabulasi data ini umumnya dikenal sebagai distribusi frekuensi. Histogram menunjukkan karakteristik-karakteristik dari data yang dibagi-bagi menjadi kelas-kelas. Histogram dapat berbentuk "normal" atau berbentuk seperti lonceng yang menunjukkan bahwa banyak data yang terdapat pada nilai rata-ratanya. Bentuk histogram yang miring atau tidak simetris menunjukkan bahwa banyak data yang tidak berada pada nilai rata-ratanya tetapi kebanyakan datanya berada pada batas atas atau bawah.

Manfaat histogram adalah sebagai berikut :

- 1) Memberikan gambaran populasi.

- 2) Memperlihatkan variabel dalam susunan data.
- 3) Mengembangkan pengelompokan yang logis.
- 4) Pola-pola variasi mengungkapkan fakta-fakta produk tentang proses.

3.2.7 Peta kendali

Peta kendali (*control chart*) adalah suatu alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu aktivitas/proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Peta kendali menunjukkan adanya perubahan data dari waktu ke waktu, tetapi tidak menunjukkan penyebab penyimpangan meskipun penyimpangan itu akan terlihat pada peta kendali.

Manfaat dari peta kendali adalah untuk:

- 1) Memberikan informasi apakah suatu proses produksi masih berada di dalam batas-batas kendali kualitas atau tidak terkendali.
- 2) Memantau proses produksi secara terus-menerus agar tetap stabil.
- 3) Menentukan kemampuan proses (*capability process*).
- 4) Mengevaluasi *performance* pelaksanaan dan kebijaksanaan pelaksanaan proses produksi.
- 5) Membantu menentukan kriteria batas penerimaan kualitas produk sebelum dipasarkan.

Peta kendali digunakan untuk membantu mendeteksi adanya penyimpangan dengan cara menetapkan batas-batas kendali :

- 1) *Upper control limit (UCL)* atau batas kendali atas
Merupakan garis batas atas untuk suatu penyimpangan yang masih diijinkan.
- 2) *Central line (CL)* atau garis pusat atau tengah
Merupakan garis yang melambangkan tidak adanya penyimpangan dari karakteristik sampel.
- 3) *Lower control limit (LCL)* atau batas kendali bawah
Merupakan garis batas bawah untuk suatu penyimpangan dari karakteristik sampel.

Terdapat 2 kondisi yang dapat terjadi pada saat berada dalam proses yaitu:

- 1) Proses terkendali
Suatu proses dapat dikatakan terkendali (*process control*) apabila nilai-nilai variasi yang diplot pada peta kendali memiliki pola:
 - a) Terdapat 2 atau 3 titik yang dekat dengan garis pusat.
 - b) Sedikit titik-titik yang dekat dengan batas kendali.
 - c) Titik-titik terletak bolak-balik di antara garis pusat.
 - d) Jumlah titik-titik pada kedua sisi dari garis pusat seimbang.
 - e) Tidak ada yang melewati batas-batas kendali.
- 2) Proses tidak terkendali
Beberapa titik pada peta kendali yang membentuk grafik, memiliki berbagai macam bentuk yang dapat memberitahukan kapan proses dalam keadaan tidak terkendali dan perlu dilakukan perbaikan. Perlu diperhatikan, bahwa adanya kemungkinan titik-titik tersebut dapat menjadi penyebab terjadinya penyimpangan pada proses berikutnya.
 - a) Deret
Apabila terdapat 7 titik berturut-turut pada peta kendali yang selalu berada di atas atau di bawah garis tengah secara berurutan.

b) Kecenderungan

Bila dari 7 titik berturut-turut cenderung menuju ke atas atau ke bawah garis tengah atau membentuk sekumpulan titik yang membentuk garis yang naik atau turun.

c) Perulangan

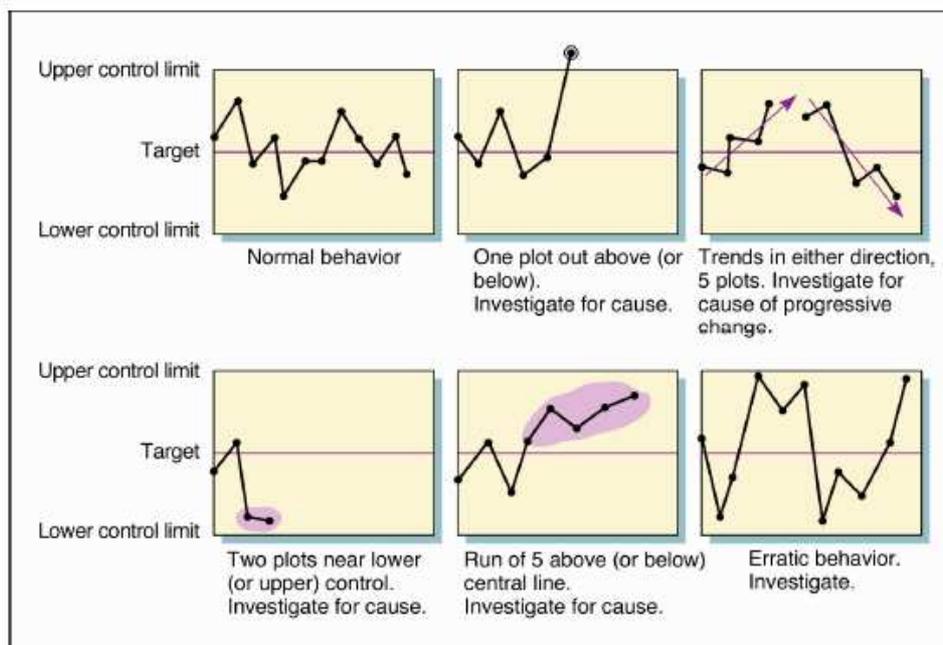
Dari sekumpulan titik terdapat titik yang menunjukkan pola yang hampir sama dalam selang waktu yang sama.

d) Terjepit dalam batas kendali

Apabila dari sekelompok titik terdapat beberapa titik pada peta kendali cenderung selalu jatuh dekat garis tengah atau batas kendali atas maupun bawah

e) Pelompatan

Apabila beberapa titik yang jatuh dekat batas kendali tertentu secara tiba-tiba titik selanjutnya jatuh di dekat batas kendali yang lain.



Gambar 2. Bentuk-bentuk penyimpangan

Untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi, maka digunakan peta kendali yang secara garis besar di bagi menjadi 2 jenis:

1) Peta kendali variabel

Peta kendali variabel digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang bersifat variabel dan dapat diukur. Seperti: berat, ketebalan, panjang, volume, diameter. Peta kendali variabel biasanya digunakan untuk pengendalian proses yang didominasi oleh mesin. Peta kendali variabel dibagi menjadi 2 :

a) Peta kendali rata-rata (\bar{x} chart)

Digunakan untuk mengetahui rata-rata pengukuran antar sub grup yang diperiksa.

b) Peta kendali rentang (R chart)

Digunakan untuk mengetahui besarnya rentang atau selisih antara nilai pengukuran yang terbesar dengan nilai pengukuran terkecil di dalam sub grup yang diperiksa.

2) Peta kendali atribut

Peta kendali atribut digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang tidak dapat diukur tetapi dapat dihitung sehingga kualitas produk dapat dibedakan dalam karakteristik baik atau buruk, berhasil atau gagal. Peta kendali atribut dibagi menjadi 4 :

- a) Peta kendali kerusakan (p chart)
Digunakan untuk menganalisis banyaknya barang ditolak yang ditemukan dalam pemeriksaan atau sederetan pemeriksaan terhadap total barang yang diperiksa.
- b) Peta kendali kerusakan per unit (np chart)
Digunakan untuk menganalisis banyaknya butir yang ditolak per unit.
- c) Peta kendali ketidaksesuaian (c chart)
Digunakan untuk menganalisis dengan cara menghitung jumlah produk yang mengalami ketidaksesuaian dengan cara spesifikasi.
- d) Peta kendali ketidaksesuaian per unit (u chart)
Digunakan untuk menganalisa dengan cara menghitung jumlah produk yang mengalami ketidaksesuaian per unit.

Peta kendali untuk jenis atribut ini memiliki perbedaan dalam penggunaannya. Perbedaan tersebut adalah peta kendali p dan np digunakan untuk menganalisis produk yang mengalami kerusakan dan tidak dapat diperbaiki lagi, sedangkan peta kendali c dan u digunakan untuk menganalisis produk yang mengalami cacat atau ketidaksesuaian dan masih dapat diperbaiki.

3.3 Pekerjaan Beton

3.3.1 Kuat Tekan Benda Uji Beton

Menurut SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, bahwa kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Secara matematis kuat tekan beton dinyatakan sebagai,

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan,

f_c = kuat tekan beton (MPa atau kg/cm^2)

P = beban maksimum yang menyebabkan benda uji hancur (N atau kg)

A = luas penampang silinder (mm^2 atau cm^2)

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI – 2), standar benda uji yang digunakan adalah berupa kubus berukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$. Sedangkan dalam SNI T – 15 – 1991 – 03 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung benda uji tidak lagi berupa kubus tapi berupa silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Namun walaupun demikian hasil uji dari benda uji kubus $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ masih mungkin digunakan dengan mengadakan konversi ke dalam benda uji silinder $150 \times 300 \text{ mm}$ dengan persamaan sebagai berikut,

$$f_c = \left[0,76 + 0,2^{10} \log \left(\frac{f_{ck}}{15} \right) \right] f_{ck} \quad (2)$$

dengan,

f_c = kuat tekan silinder beton (MPa)

f_{ck} = kuat tekan kubus beton (MPa)

3.3.2 Evaluasi Pekerjaan Beton

Evaluasi pekerjaan beton atau pemeriksaan mutu beton dan mutu pelaksanaan dilakukan untuk menjamin terjaganya komposisi dari campuran, tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) dan kekuatan betonnya (Mulyono, 2004). Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah kekuatannya sesuai dengan yang direncanakan atau memenuhi kuat tekan karakteristik yang disyaratkan dalam spesifikasi teknis, dan untuk menentukan langkah-langkah preventif dengan tidak mengesampingkan nilai-nilai ekonomis.

Pada tahap awal evaluasi pekerjaan beton dilakukan dengan pengujian terhadap benda uji (*specimen*) berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm apabila evaluasi berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, atau kubus berukuran 150x150x150 mm apabila evaluasi berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI – 2).

Selama masa pelaksanaan, mutu beton dan mutu pelaksanaan harus diperiksa secara kontinyu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji. Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI – 2) jumlah benda uji minimum 20 buah untuk pekerjaan beton lebih besar 60 m³ (setiap 1 mutu) dengan interval pengambilan setiap 5 m³ pengadukan beton dengan minimum 1 benda uji setiap hari. Dengan alasan-alasan tertentu misal pekerjaannya kurang dari 60 m³ sehingga dianggap tidak praktis atau tidak dapat dilakukan, maka jumlah benda uji yang dibuat boleh kurang dari 20 buah asal pembuatannya dilakukan dengan interval jumlah pengecoran kira-kira sama.

Sementara dalam SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, tidak menyebutkan secara eksplisit jumlah benda uji yang harus dibuat untuk pekerjaan evaluasi. Tiga kriteria berikut merupakan frekuensi minimum pengambilan contoh uji yang disyaratkan untuk setiap mutu beton :

- 1) Sekali setiap hari untuk setiap mutu beton yang dicor, atau tidak kurang dari
- 2) Sekali untuk setiap 120 m³ dari setiap mutu beton yang dicor setiap hari, atau tidak kurang dari
- 3) Sekali untuk setiap 500 m² dari luasan permukaan lantai atau dinding yang dicor setiap hari.

Satu hasil uji kuat tekan harus merupakan nilai kuat tekan rata-rata dari dua contoh uji silinder yang berasal dari adukan beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau pada umur uji yang ditetapkan untuk penentuan nilai kuat tekan.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI – 2) Pasal 4.7 apabila σ'_{bk} adalah kuat tekan beton karakteristik yang disyaratkan dan S_r adalah deviasi standar yang rencana, maka mutu beton dan mutu pelaksanaan dianggap memenuhi syarat apabila dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- 1) Tidak boleh lebih dari 1 nilai diantara 20 nilai hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari σ'_{bk}
- 2) Tidak boleh satu pun nilai rata-rata dari 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari $(\sigma'_{bk} + 0,82 S_r)$
- 3) Selisih antara nilai tertinggi dan nilai terendah di antara 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut tidak boleh lebih besar dari 4,3 S_r .

- 4) Dalam segala hal, hasil pemeriksaan 20 benda uji berturut-turut harus memenuhi $\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,64S$, di mana S dan σ'_{bm} adalah deviasi standar dan kuat tekan beton rata-rata menurut Pasal 4.5. ayat (1) Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.

Apabila benda uji kurang dari 20, maka mutu beton tersebut dianggap memenuhi syarat apabila nilai rata-rata dari setiap 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut adalah lebih besar dari $(\sigma'_{bk} + 0,82 S_r)$.

Sementara berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, pada butir 7.6.3.3 disebutkan bahwa apabila f'_c adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, maka kuat tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika kedua persyaratan berikut terpenuhi :

- 1) Setiap nilai rata-rata dari tiga uji kuat tekan beton yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari f'_c .
- 2) Tidak ada nilai uji kuat tekan yang dihitung sebagai nilai rata-rata dari dua hasil uji contoh silinder mempunyai nilai di bawah f'_c melebihi dari 3,5 MPa.

Jika salah satu dari kedua syarat tersebut tidak terpenuhi, maka harus diambil langkah-langkah untuk meningkatkan hasil uji kuat tekan rata-rata pada pengecoran beton berikutnya. Sedangkan jika ketentuan nomor 2 tidak terpenuhi maka harus dilakukan analisis untuk menjamin bahwa tahanan struktur dalam memikul beban masih dalam batas yang aman. Dan jika kepastian nilai kuat tekan beton yang rendah telah diketahui dan hasil perhitungan menunjukkan bahwa tahanan struktur dalam memikul beban berkurang secara signifikan, maka harus dilakukan uji contoh beton yang diambil dari daerah yang dipermasalahkan dengan cara beton inti (*core drill*).

4. METODE PENELITIAN

4.1 Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah berupa benda uji beton yang diuji di Laboratorium Teknik Sipil UNWIKU Purwokerto yang berasal dari Proyek "X" di Kabupaten Banyumas pada pekerjaan balok dan pelat lantai. Beton yang digunakan merupakan produksi salah satu produsen *ready mix concrete* PT "Y" di wilayah Banyumas. Berdasarkan spesifikasi teknis (dokumen kontrak) mutu rencana beton yaitu f'_c 25 MPa atau setara K 300. Sedangkan benda uji beton adalah berupa silinder 150 x 300 mm.

4.2 Jumlah Sampel

Benda uji atau sampel semuanya berjumlah 68 buah dimana sesuai dengan kode yang ada pada benda uji setiap satu pasang benda uji (2 buah benda uji yang berpasangan) adalah berasal atau diambil dari satu adukan yang sama (dari satu *truck mixer*). Sehingga setelah diuji, nilai kuat tekan rata-rata dua buah benda uji yang berpasangan tersebut merupakan satu data hasil uji tekan dari suatu adukan.

Berdasarkan kode yang ada, teknik pengambilan benda uji (sampel) setiap pasang dilakukan secara acak (*random*) dari beberapa *truck mixer* pada setiap hari pengecoran. Dengan demikian dalam setiap hari pengecoran lebih dari satu pasang benda uji yang diambil. Hal ini sudah memenuhi atau bahkan melampaui frekuensi minimum pengambilan benda uji yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

4.3 Perawatan Benda Uji

Benda uji atau sampel dikirim ke Laboratorium Teknik Sipil UNWIKU sekitar 2 – 3 hari setelah pencetakan. Di laboratorium benda uji mengalami proses perawatan dengan cara disimpan di tempat lembab dan ditutupi karung basah. Proses perawatan dilakukan sampai batas waktu benda uji akan dites pada umur 28 hari.

5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Kuat Tekan Benda Uji Beton

Perhitungan kuat tekan benda uji beton mengacu pada SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Dengan membagi besarnya beban P (Newton) yang menyebabkan benda uji hancur dengan luas permukaan bidang tekan yang berupa lingkaran diameter 150 mm ($A = 17.622,5 \text{ mm}^2$) maka akan didapatkan nilai kuat tekan f_c (MPa) masing-masing benda uji. Nilai kuat masing-masing benda uji selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kuat tekan benda uji beton

No.	Kode benda uji	P (Newton)		A (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	
		I	II		I	II
1	6/8/12 (TM3)	512.000	583.000	17.662,50	29	33
2	6/8/12 (TM5)	530.000	424.000	17.662,50	30	24
3	7/8/12 (TM4)	477.000	442.000	17.662,50	27	25
4	7/8/12 (TM6)	424.000	530.000	17.662,50	24	30
5	7/8/12 (TM9)	424.000	548.000	17.662,50	24	31
6	8/8/12 (TM1)	495.000	459.000	17.662,50	28	26
7	8/8/12 (TM4)	548.000	512.000	17.662,50	31	29
8	11/8/12 (TM2)	459.000	424.000	17.662,50	26	24
9	11/8/12 (TM6)	442.000	512.000	17.662,50	25	29
10	12/8/12 (TM1)	512.000	548.000	17.662,50	29	31
11	12/8/12 (TM6)	459.000	477.000	17.662,50	26	27
12	14/8/12 (TM2)	530.000	459.000	17.662,50	30	26
13	14/8/12 (TM4)	495.000	565.000	17.662,50	28	32
14	15/8/12 (TM2)	530.000	565.000	17.662,50	30	32
15	15/8/12 (TM4)	389.000	459.000	17.662,50	22	26
16	17/8/12 (TM1)	424.000	477.000	17.662,50	24	27
17	17/8/12 (TM5)	512.000	442.000	17.662,50	29	25
18	17/8/12 (TM8)	459.000	548.000	17.662,50	26	31
19	19/8/12 (TM1)	565.000	530.000	17.662,50	32	30
20	19/8/12 (TM4)	424.000	459.000	17.662,50	24	26
21	20/8/12 (TM1)	565.000	495.000	17.662,50	32	28
22	20/8/12 (TM6)	459.000	530.000	17.662,50	26	30
23	22/8/12 (TM2)	459.000	495.000	17.662,50	26	28
24	22/8/12 (TM6)	442.000	495.000	17.662,50	25	28
25	22/8/12 (TM7)	477.000	406.000	17.662,50	27	23
26	27/8/12 (TM2)	459.000	495.000	17.662,50	26	28

27	27/8/12 (TM3)	548.000	459.000	17.662,50	31	26
28	28/8/12 (TM1)	477.000	406.000	17.662,50	27	23
29	28/8/12 (TM4)	389.000	459.000	17.662,50	22	26
30	28/8/12 (TM5)	424.000	459.000	17.662,50	24	26
31	1/9/12 (TM3)	565.000	530.000	17.662,50	32	30
32	1/9/12 (TM4)	477.000	512.000	17.662,50	27	29
33	2/9/12 (TM1)	477.000	495.000	17.662,50	27	28
34	2/9/12 (TM2)	459.000	512.000	17.662,50	26	29

5.2 Analisis Pengendalian Kualitas Statistik

Alat bantu pengendalian proses statistik yang digunakan adalah peta kendali (*control chart*), yaitu jenis bagan kendali rata-rata (*x chart*) dan kendali rentang (*R chart*). Bagan kendali rata-rata dan kendali rentang digunakan untuk memantau proses yang mempunyai karakteristik berdimensi kontinu dengan jenis data yang diolah berupa data variabel. Langkah awal analisis kendali rata-rata (*x chart*) dan kendali rentang (*R chart*) adalah menentukan garis pusat *CL* (*control limit*) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 diketahui bahwa nilai $\bar{x} = 27,47$ dan $\bar{R} = 3,24$, sehingga batas-batas pengendaliannya adalah sebagai berikut :

1) Untuk batas kendali \bar{x}

$$\begin{aligned}
 \text{Garis pusat CL (Control Limit)} &= \bar{x} \\
 &= 27,47 \\
 \text{Batas kendali atas UCL (Upper Control Limit)} &= \bar{x} + A_2 \bar{R} \\
 &= 27,47 + (1,88 \cdot 3,24) \\
 &= 33,56 \\
 \text{Batas kendali bawah LCL (Lower Control Limit)} &= \bar{x} - A_2 \bar{R} \\
 &= 27,47 - (1,88 \cdot 3,24) \\
 &= 21,32
 \end{aligned}$$

2) Untuk batas kendali \bar{R}

$$\begin{aligned}
 \text{Garis pusat CL (Control Limit)} &= \bar{R} \\
 &= 3,24 \\
 \text{Batas kendali atas UCL (Upper Control Limit)} &= D_4 \bar{R} \\
 &= 3,269 \cdot 3,24 \\
 &= 10,59 \\
 \text{Batas kendali bawah LCL (Lower Control Limit)} &= D_3 \bar{R} \\
 &= 0 \cdot 3,24 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Hasil analisis data yang diperoleh menggunakan analisis bagan kendali \bar{x} dan \bar{R} dapat dilihat pada Gambar 3. Bagan kendali \bar{x} menyatakan rata-rata kuat tekan sampel beton sedangkan bagan kendali \bar{R} menyatakan variasi/rentang (*range*) kuat tekan setiap sampel beton.

Berdasarkan grafik peta kendali \bar{x} dan \bar{R} dapat dilihat bahwa data yang dihasilkan seluruhnya berada dalam batas kendali yang telah ditetapkan, sehingga bisa dikatakan bahwa pekerjaan beton pada Proyek "X" tersebut terkendali atau tidak terjadi penyimpangan (selalu konsisten) dalam pembuatan adukan beton sepanjang pelaksanaan pekerjaan. Atau walaupun

terjadi penyimpangan tapi tidak begitu signifikan. Penyimpangan dalam pembuatan adukan beton di sini antara lain dalam konteks penakaran (penimbangan) material, cara pencampuran (pengadukan), dan konsistensi penggunaan material. Karena proses pembuatan adukan beton sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan, maka adonan yang dihasilkan merupakan adukan beton yang homogen, sehingga menghasilkan kuat tekan beton yang relatif seragam.

Tapi walaupun kuat tekan yang dihasilkan variabilitasnya kecil, belum tentu mutu yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam spesifikasi teknis yaitu beton mutu $f'c$ 25 MPa. Untuk memastikan apakah mutu beton yang dihasilkan memenuhi syarat (tercapai) maka harus dievaluasi dengan standar yang berlaku.

Tabel 2. Kuat tekan benda uji nilai x dan nilai R

No.	Kode benda uji	Kuat tekan (MPa)		Hasil uji x	R
		I	II		
1	6/8/12 (TM3)	29	33	31	4
2	6/8/12 (TM5)	30	24	27	6
3	7/8/12 (TM4)	27	25	26	2
4	7/8/12 (TM6)	24	30	27	6
5	7/8/12 (TM9)	24	31	27,5	7
6	8/8/12 (TM1)	28	26	27	2
7	8/8/12 (TM4)	31	29	30	2
8	11/8/12 (TM2)	26	24	25	2
9	11/8/12 (TM6)	25	29	27	4
10	12/8/12 (TM1)	29	31	30	2
11	12/8/12 (TM6)	26	27	26,5	1
12	14/8/12 (TM2)	30	26	28	4
13	14/8/12 (TM4)	28	32	30	4
14	15/8/12 (TM2)	30	32	31	2
15	15/8/12 (TM4)	22	26	24	4
16	17/8/12 (TM1)	24	27	25,5	3
17	17/8/12 (TM5)	29	25	27	4
18	17/8/12 (TM8)	26	31	28,5	5
19	19/8/12 (TM1)	32	30	31	2
20	19/8/12 (TM4)	24	26	25	2
21	20/8/12 (TM1)	32	28	30	4
22	20/8/12 (TM6)	26	30	28	4
23	22/8/12 (TM2)	26	28	27	2
24	22/8/12 (TM6)	25	28	26,5	3
25	22/8/12 (TM7)	27	23	25	4
26	27/8/12 (TM2)	26	28	27	2
27	27/8/12 (TM3)	31	26	28,5	5
28	28/8/12 (TM1)	27	23	25	4
29	28/8/12 (TM4)	22	26	24	4
30	28/8/12 (TM5)	24	26	25	2
31	1/9/12 (TM3)	32	30	31	2
32	1/9/12 (TM4)	27	29	28	2
33	2/9/12 (TM1)	27	28	27,5	1
34	2/9/12 (TM2)	26	29	27,5	3
Rata-rata				27,47	3,24

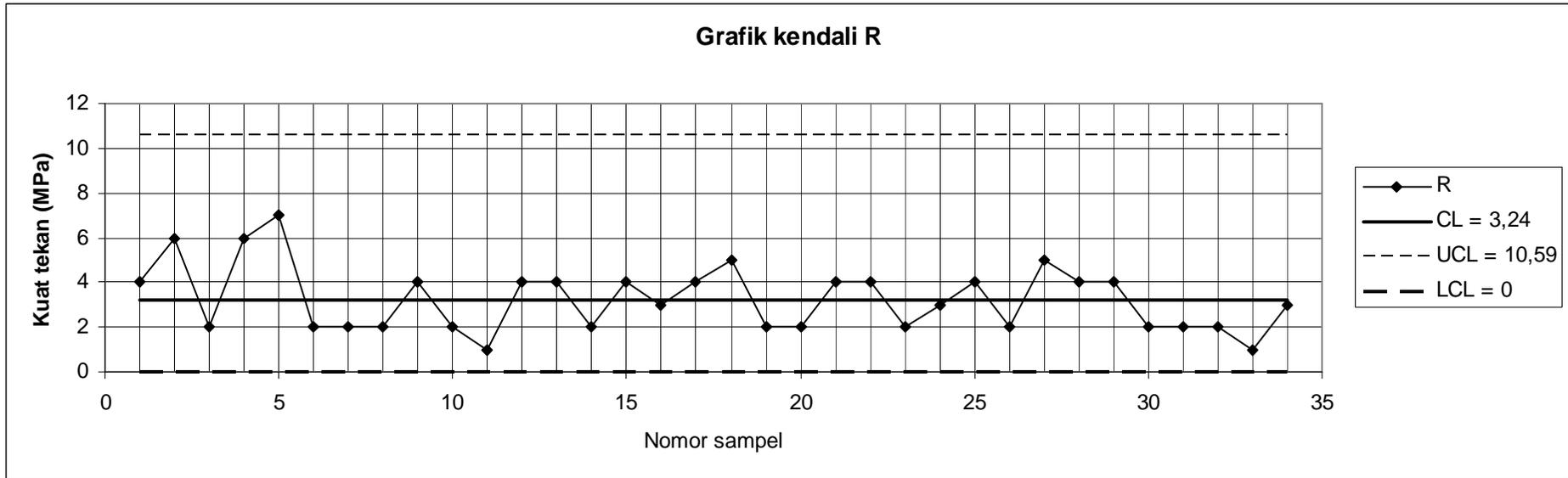
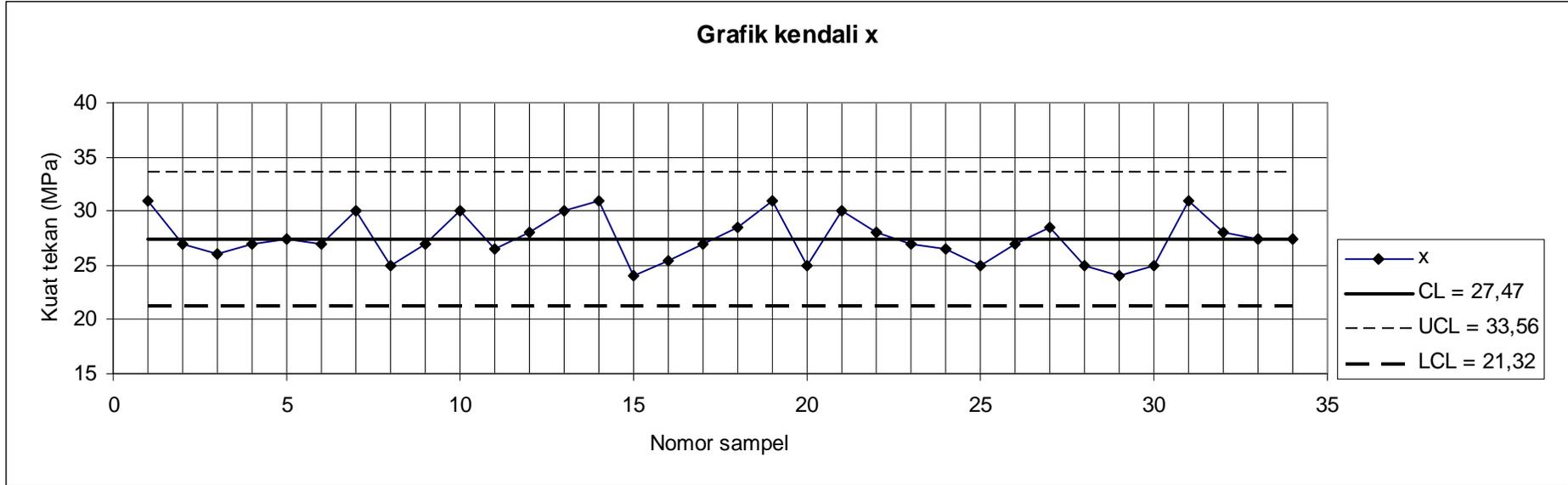
5.3 Evaluasi Kuat Tekan Beton

Kuat tekan karakteristik beton rencana pada pekerjaan pengecoran balok dan pelat lantai Proyek "X" di Kabupaten Banyumas sesuai spesifikasi teknis adalah $f'c$ 25 MPa, maka menurut SNI 03-2847-2002 beton tersebut dapat dikategorikan memenuhi syarat apabila :

- 1) Setiap nilai rata-rata dari tiga uji kuat tekan beton yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari 25 MPa.
- 2) Tidak ada nilai uji kuat tekan yang dihitung sebagai nilai rata-rata dari dua hasil uji contoh silinder mempunyai nilai di bawah 21,5 MPa.

Untuk lebih mempermudah dan memahami hasil evaluasi kuat tekan beton tersebut maka perhitungan evaluasi kuat tekan beton disajikan pada Tabel 3 dan grafik Gambar 4.

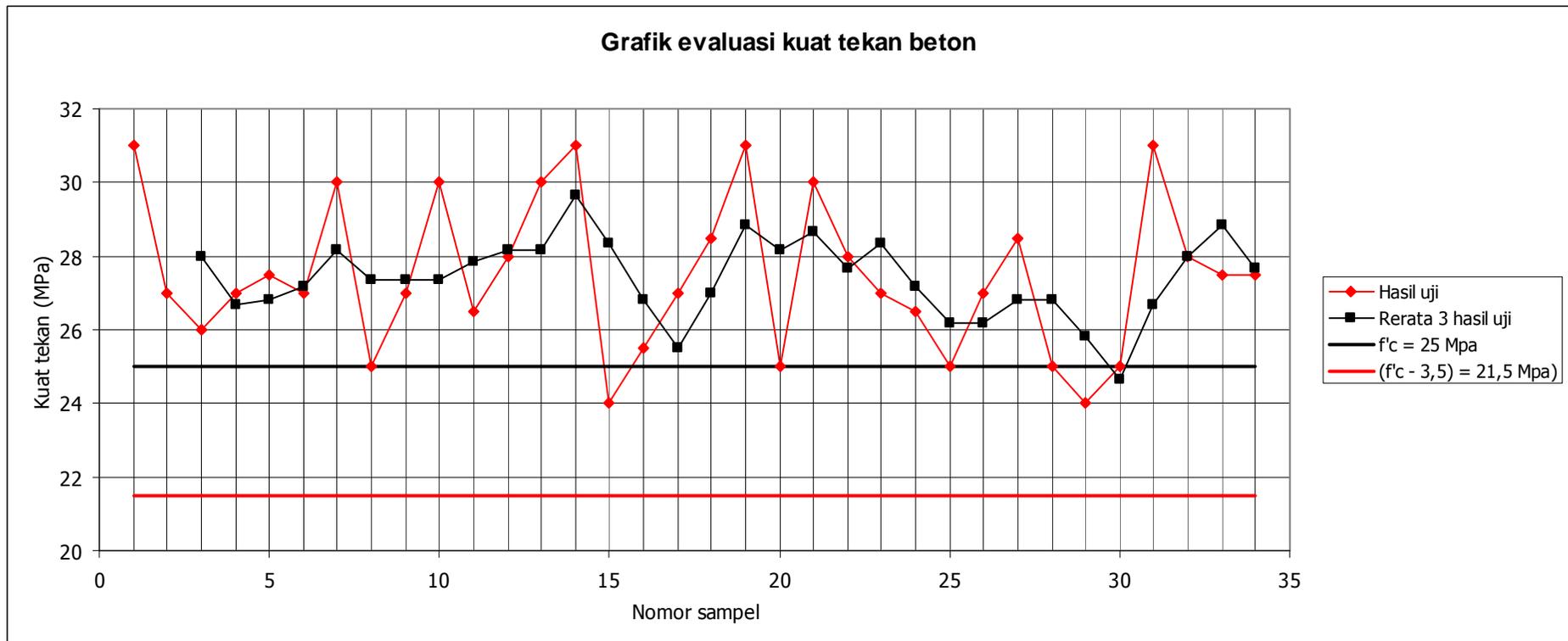
Dari Tabel 3 dan grafik pada Gambar 4 terlihat bahwa hanya terdapat 1 (satu) hasil uji yang merupakan rata-rata dari 3 pasangan benda uji nilainya kurang dari 25 MPa. Sehingga mutu beton pada Proyek "X" di Kabupaten Banyumas tersebut bisa dikategorikan memenuhi syarat atau diterima.



Gambar 3. Grafik kendali x dan kendali R

Tabel 3 Evaluasi kuat tekan beton

No.	Kode benda uji	Kuat tekan (MPa)		Hasil uji	Rata-rata 3 hasil uji	Syarat 1	Syarat 2
		I	II			$f'c = 25$ MPa	(25 - 3,5) MPa
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(6) > 25 MPa	(5) > 21,5 MPa
1	6/8/12 (TM3)	29	33	31	-		OK
2	6/8/12 (TM5)	30	24	27	-		OK
3	7/8/12 (TM4)	27	25	26	28,0	OK	OK
4	7/8/12 (TM6)	24	30	27	26,7	OK	OK
5	7/8/12 (TM9)	24	31	27,5	26,8	OK	OK
6	8/8/12 (TM1)	28	26	27	27,2	OK	OK
7	8/8/12 (TM4)	31	29	30	28,2	OK	OK
8	11/8/12 (TM2)	26	24	25	27,3	OK	OK
9	11/8/12 (TM6)	25	29	27	27,3	OK	OK
10	12/8/12 (TM1)	29	31	30	27,3	OK	OK
11	12/8/12 (TM6)	26	27	26,5	27,8	OK	OK
12	14/8/12 (TM2)	30	26	28	28,2	OK	OK
13	14/8/12 (TM4)	28	32	30	28,2	OK	OK
14	15/8/12 (TM2)	30	32	31	29,7	OK	OK
15	15/8/12 (TM4)	22	26	24	28,3	OK	OK
16	17/8/12 (TM1)	24	27	25,5	26,8	OK	OK
17	17/8/12 (TM5)	29	25	27	25,5	OK	OK
18	17/8/12 (TM8)	26	31	28,5	27,0	OK	OK
19	19/8/12 (TM1)	32	30	31	28,8	OK	OK
20	19/8/12 (TM4)	24	26	25	28,2	OK	OK
21	20/8/12 (TM1)	32	28	30	28,7	OK	OK
22	20/8/12 (TM6)	26	30	28	27,7	OK	OK
23	22/8/12 (TM2)	26	28	27	28,3	OK	OK
24	22/8/12 (TM6)	25	28	26,5	27,2	OK	OK
25	22/8/12 (TM7)	27	23	25	26,2	OK	OK
26	27/8/12 (TM2)	26	28	27	26,2	OK	OK
27	27/8/12 (TM3)	31	26	28,5	26,8	OK	OK
28	28/8/12 (TM1)	27	23	25	26,8	OK	OK
29	28/8/12 (TM4)	22	26	24	25,8	OK	OK
30	28/8/12 (TM5)	24	26	25	24,7	NOT OK	OK
31	1/9/12 (TM3)	32	30	31	26,7	OK	OK
32	1/9/12 (TM4)	27	29	28	28,0	OK	OK
33	2/9/12 (TM1)	27	28	27,5	28,8	OK	OK
34	2/9/12 (TM2)	26	29	27,5	27,7	OK	OK



Gambar 4. Grafik evaluasi kuat tekan beton

6. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil dari analisis *statistical process control* (SPC) pada pekerjaan pembetonan (pengecoran) pada Proyek "X" di Kabupaten Banyumas adalah sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan hasil analisis peta kendali (*control chart*) bahwa proses pembuatan adukan betonnya masuk dalam kategori terkendali atau tingkat pengerjaannya baik karena menghasilkan kekuatan beton yang relatif seragam.
- 2) Berdasarkan evaluasi mutu beton sesuai SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, bahwa mutu beton pada Proyek "X" di Kabupaten Banyumas bisa dikategorikan memenuhi syarat atau diterima sebagai beton fc 25 MPa atau setara K 300.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S., 1998, *Manajemen Operasi Dan Produksi*, LP FE UI, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI-2)*, Penerbit Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Feigenbaum, V. A., 1989, *Kendali Mutu Terpadu – Terjemahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Gasperz, V., 2005, *Total Quality Management*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Heizer, J. and Barry Render, 2006, *Operations Management (Manajemen Operasi)*, Salemba Empat, Jakarta.
- Hubeis, M., 1997, *Menuju Industri Kecil Profesional di Era Globalisasi Melalui Pemberdayaan Manajemen Industri*, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Montgomery, D.C., 1996, *Introduction to Statistical Quality Control - Third Edition*, John Willey and Son Inc., New York.
- Muhandri, T. dan D. Kadarisman, 2005, *Sistem Jaminan Mutu Industri Pangan*, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nasution, M. N., 2005, *Manajemen Mutu Terpadu*, Ghalia Indonesia, Bogor.
- Nugraha, P. dan Antoni, 2007, *Teknologi Beton – Dari Material, Pembuatan ke Beton Kinerja Tinggi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Prawirosentono, S., 2007, *Filosofi Baru Tentang Manajemen Mutu Terpadu Abad 21 - Kiat Membangun Bisnis Kompetitif*, Bumi Aksara, Bogor.
- Ryan, T.P., 1989, *Statistical Methode for Quality Improvement*, John Wiley and Son, Inc., New York.
- Tjokrodimuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Konstanta bagan kendali

Ukuran sampel (n)	Bagan kendali R		Bagan kendali X-bar	Simpangan baku proses		
	D3	D4	A2	d2	c4	d3
2	0	3.269	1.880	1.128	0.7979	0.853
3	0	2.574	1.023	1.693	0.8862	0.888
4	0	2.282	0.729	2.059	0.9213	0.880
5	0	2.114	0.577	2.326	0.9400	0.864
6	0	2.004	0.483	2.534	0.9515	0.848
7	0.076	1.924	0.419	2.704	0.9594	0.833
8	0.136	1.864	0.373	2.847	0.9650	0.820
9	0.184	1.816	0.337	2.970	0.9693	0.808
10	0.223	1.777	0.308	3.078	0.9727	0.797
11	0.256	1.744	0.285	3.173	0.9754	0.787
12	0.283	1.717	0.266	3.258	0.9776	0.778
13	0.307	1.693	0.249	3.336	0.9794	0.770
14	0.328	1.672	0.235	3.407	0.9810	0.763
15	0.347	1.653	0.223	3.472	0.9823	0.756
16	0.363	1.637	0.212	3.532	0.9835	0.750
17	0.378	1.622	0.203	3.588	0.9845	0.744
18	0.391	1.608	0.194	3.640	0.9854	0.739
19	0.403	1.597	0.187	3.689	0.9862	0.734
20	0.415	1.585	0.180	3.735	0.9869	0.729
21	0.425	1.575	0.173	3.778	0.9876	0.724
22	0.434	1.566	0.167	3.819	0.9882	0.720
23	0.443	1.557	0.162	3.858	0.9887	0.716
24	0.451	1.548	0.157	3.895	0.9892	0.712
25	0.459	1.541	0.153	3.931	0.9896	0.708