

Pengendalian Mutu Pekerjaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gudang X di Kota Tangerang

Jalaludin Jalaludin¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Dian Nusantara
Jl. Tanjung Duren Barat II No. 1, Grogol, Jakarta Barat, Indonesia
jalaludin@dosen.undira.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan pengendalian mutu pada pekerjaan struktur beton bertulang dalam proyek pembangunan Gudang X di Kota Tangerang, Indonesia. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif yang didukung oleh analisis statistik untuk menilai konsistensi dan keandalan mutu beton serta baja tulangan yang digunakan dalam proyek. Metode statistik yang diterapkan meliputi distribusi frekuensi, perhitungan rata-rata (\bar{X}), standar deviasi, dan koefisien variasi. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan teknik Statistical Process Control (SPC) dengan memanfaatkan peta kendali \bar{X} dan R untuk memantau dan mengevaluasi kestabilan proses mutu beton berdasarkan mutu rencana K-300, K-350, dan K-400. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton dan kuat tarik baja tulangan berada dalam batas kendali mutu yang dapat diterima. Nilai koefisien variasi sebesar 9,87% menempatkan mutu beton pada kategori terbaik sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam SNI 03-6815-2002 untuk pengujian laboratorium. Grafik peta kendali menunjukkan bahwa sebagian besar data berada dalam batas atas dan bawah kendali, dengan sedikit penyimpangan. Temuan ini menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu telah dilaksanakan secara konsisten dan terdokumentasi dengan baik pada setiap tahapan konstruksi, sehingga mendukung tercapainya kualitas struktur yang direncanakan secara optimal.

Kata kunci: pengendalian mutu, struktur beton bertulang, analisis statistik, peta kendali, mutu beton.

Abstract

This study aims to evaluate the implementation of quality control in reinforced concrete structural work within the construction project of Warehouse X in Tangerang City, Indonesia. A descriptive approach was employed, supported by statistical analysis, to assess the consistency and reliability of both concrete and reinforcing steel used in the project. The statistical methods applied include frequency distribution, mean (\bar{X}), standard deviation, and coefficient of variation. Additionally, the study incorporates Statistical Process Control (SPC) techniques by utilizing \bar{X} and R control charts to monitor and evaluate the process stability of concrete compressive strength based on design grades K-300, K-350, and K-400. The findings indicate that the strength values of concrete and reinforcing steel fall within acceptable control limits. The calculated coefficient of variation is 9.87%, placing the concrete quality in the highest category based on the Indonesian National Standard (SNI 03-6815-2002) criteria, especially for laboratory-based testing. The control charts reveal that most data points remain within upper and lower control limits, with only minimal deviations. These results confirm that the quality control process was consistently implemented and well-documented throughout all construction stages, including preparation, reinforcement placement, formwork, and casting. The study concludes that adequate quality control contributes significantly to achieving the intended structural performance and project reliability.

Keywords: quality control, reinforced concrete structure, statistical analysis, control chart, concrete quality.

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, industri konstruksi semakin berkembang pesat. Sejalan dengan perkembangan tersebut, maka tuntutan terhadap mutu pekerjaan menjadi semakin tinggi, terutama pada proyek-

proyek struktur bangunan seperti gudang, hotel, apartemen, maupun fasilitas publik lainnya. Terlebih lagi berbagai macam perkuatan struktural telah bermunculan dan penggunaannya semakin meluas, yang pada akhirnya mendorong peningkatan kualitas proyek konstruksi secara keseluruhan [1]. Salah satu aspek fundamental dalam mewujudkan kualitas

konstruksi adalah pengendalian mutu, terutama pada elemen-elemen struktur utama seperti beton bertulang. Manajemen pengendalian mutu sangat diandalkan [2], guna memastikan bahwa seluruh proses konstruksi berjalan sesuai spesifikasi teknis yang telah ditentukan [3]. Hal ini penting, mengingat proyek konstruksi memiliki tiga elemen utama yaitu mutu, waktu, dan biaya. Yang mana kegagalan dalam satu elemen, khususnya mutu, dapat memengaruhi estimasi durasi dan total biaya proyek [4].

Perlu digarisbawahi, pengendalian mutu bukan sekedar upaya teknis, melainkan bagian dari strategi manajerial yang mengintegrasikan berbagai tahapan dalam siklus proyek konstruksi. Proyek yang sedang berlangsung seringkali mengalami penyimpangan dari rencana awal, sehingga pengawasan dan pengendalian mutu diperlukan untuk meminimalkan potensi deviasi terhadap mutu yang dipersyaratkan [5]-[6]. Sebagai contoh, pengendalian dalam pemilihan bahan, pencampuran beton, pengujian laboratorium, proses pengecoran, hingga tahap *curing* atau perawatan beton [7]. Kurangnya perhatian terhadap salah satu tahapan tersebut dapat menyebabkan cacat struktural seperti beton keropos, sebagaimana terjadi pada proyek pembangunan *Hotel, Mall, dan Apartment* Tentrem [8]. Oleh karena itu, untuk mencapai mutu akhir yang sesuai dengan standar, diperlukan sistem pengawasan dan kontrol secara keseluruhan.

Beberapa studi sebelumnya telah menyoroti pentingnya penerapan sistem manajemen mutu pada proyek konstruksi. Terlebih jika sistem manajemen mutu diterapkan secara efektif maka dapat mengoptimalkan seluruh proses pelaksanaan proyek konstruksi [9], khususnya pada pekerjaan struktur beton bertulang. Pengendalian mutu, sebagai bagian dari manajemen mutu, mencakup proses pemantauan dan evaluasi seluruh faktor produksi dalam konstruksi [10], termasuk tenaga kerja, material, peralatan, dan metode kerja. Sehingga, ketercapaian suatu tujuan dalam proyek, sangat bergantung pada pengendalian dan pengawasan [11]. Dengan demikian, jika pengawasan dan pengendalian mutu dilakukan secara parsial, maka hasil akhir konstruksi berpotensi mengalami penurunan kualitas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan pengendalian mutu pada pekerjaan struktur beton bertulang dalam proyek pembangunan Gudang X di Kota Tangerang. Fokus penelitian ini adalah untuk menganalisis sejauh mana pelaksanaan pengendalian mutu diterapkan dalam proyek tersebut, serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan standar yang berlaku. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang umumnya membahas aspek manajemen mutu secara umum atau berdasarkan

kasus proyek bangunan tinggi, penelitian ini secara spesifik mengangkat studi kasus pada bangunan gudang sebagai infrastruktur logistik yang membutuhkan kekuatan struktur tinggi namun seringkali diabaikan dalam kajian mutu.

II. METODE PENELITIAN

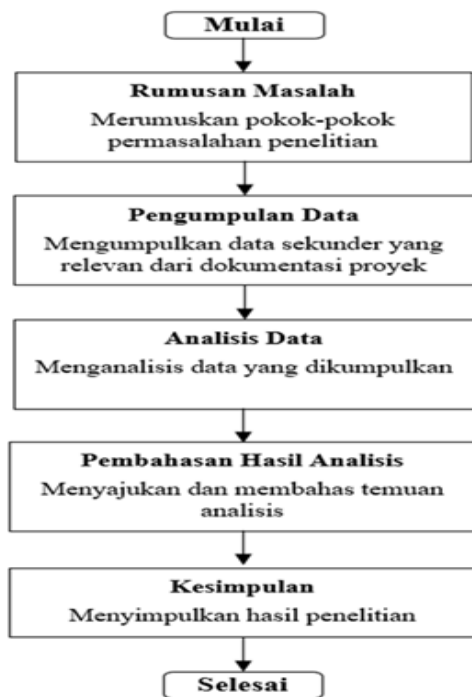
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengendalian mutu telah diterapkan dalam pekerjaan struktur beton bertulang pada proyek pembangunan Gudang X di Kota Tangerang. Kajian dilakukan dengan menelaah dokumen teknis pelaksanaan proyek secara menyeluruh, seperti laporan hasil uji kuat tekan beton, laporan pengawasan lapangan, dan dokumentasi visual. Pendekatan ini relevan dengan metode yang diusulkan oleh [12], yang menekankan pentingnya kontrol proses yang ketat untuk mengidentifikasi penyimpangan mutu sejak awal pelaksanaan. Selain itu, [13] menyampaikan bahwa dokumentasi pengendalian mutu yang baik dapat menjadi dasar validasi mutu pekerjaan. Dengan demikian pengumpulan data dalam penelitian ini difokuskan pada sumber-sumber sekunder yang terverifikasi.

Objek penelitian ini berlokasi pada proyek pembangunan Gudang X yang berada di Jalan M.H. Thamrin, Cikokol, Kota Tangerang, Provinsi Banten. Penelitian mencakup ruang lingkup pekerjaan struktur beton bertulang yang dilaksanakan selama periode Mei hingga Desember 2022. Data yang dikaji meliputi laporan uji kuat tekan beton, hasil pengujian baja tulangan, dokumentasi pengecoran dan bekisting, serta catatan pengendalian mutu di lapangan. Pengumpulan data dilakukan dengan metode dokumentasi yang tidak mengganggu pelaksanaan proyek, dan difokuskan pada dokumen-dokumen pelaksanaan dan uji mutu.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan antara hasil pelaksanaan di lapangan dan standar mutu teknis yang dirujuk. Identifikasi mencakup proses pelaksanaan pengendalian mutu pada tahap persiapan, pemasangan baja tulangan, pemasangan bekisting, serta pengecoran beton. Hasil analisis disajikan dalam narasi deskriptif yang menjelaskan efektivitas pelaksanaan mutu berdasarkan data pengujian serta dokumentasi visual. Hal ini selaras dengan pendekatan [14], yang menekankan bahwa pengawasan mutu harus mencakup seluruh siklus konstruksi mulai dari bahan baku hingga pemadatan beton dan uji kekuatan tekan. Dengan demikian, metode ini diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh terhadap pelaksanaan mutu struktur beton bertulang dalam proyek tersebut.

Secara keseluruhan, alur proses penelitian ditampilkan pada gambar 1.

Selain pendekatan deskriptif, penelitian ini juga mengintegrasikan metode analisis statistik sebagai alat bantu kuantitatif dalam mengevaluasi mutu struktur beton bertulang. Analisis statistik dilakukan terhadap data uji kuat tekan beton dan kuat tarik baja tulangan menggunakan distribusi frekuensi, perhitungan rata-rata (\bar{X}), standar deviasi, serta koefisien variasi. Di samping itu, pendekatan *Statistical Process Control* (SPC) diterapkan dengan menggunakan peta kendali rata-rata (\bar{X} -chart) dan rentang (*R-chart*) untuk mengevaluasi kestabilan proses mutu pada masing-masing mutu beton rencana (K-300, K-350, dan K-400). Penerapan metode ini bertujuan untuk memastikan apakah mutu material berada dalam batas kendali statistik, serta mengidentifikasi potensi penyimpangan yang dapat berdampak pada integritas struktural bangunan.



Gambar 1. Alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum Proyek Bangunan Gudang X

Bangunan Gudang X mulai dibangun pada bulan Mei 2022 s/d Desember 2022. Luas bangunan gudang ini adalah 2.395 m². Adapun spesifikasi teknis bangunan gudang ini ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Gudang X

Uraian Pekerjaan	Spesifikasi
Tiang Pancang	Square Pile 25x25, $f_c' 37 \text{ Mpa}$

Uraian Pekerjaan	Spesifikasi
Beton	
<i>Pile cap, tie beam, Kolom</i>	$f_c' 25 \text{ Mpa}$
Pedestal	
Dinding GWT	$f_c' 25 \text{ Mpa}$
Pelat Lantai Gudang	$f_c' 30 \text{ Mpa}$
Pelat Lantai <i>Mezzanine</i>	$f_c' 25 \text{ Mpa}$
<i>Rigid Pavement</i>	$f_c' 30 \text{ Mpa}$
Baja Tulangan	- Polos, BJTP 24 $F_y = 240 \text{ Mpa}$ - Ulir, BJTS 420B $F_y = 420 \text{ Mpa}$ - Wiremesh ulir $F_y = 500 \text{ Mpa}$
Metaldeck (<i>Mezzanine</i>)	$F_y = 500 \text{ Mpa}$
Baja Profil (Struktural)	$F_y = 500 \text{ Mpa}$
Baut HTB	ASTM A36, $F_y = 250 \text{ Mpa}$
Baut Biasa (<i>Gording, Flybrece, Cladding</i>)	ASTM A325, $F_{nt} = 620 \text{ Mpa}$
Angkur	ASTM 307, $F_{nt}, F_y = 310 \text{ Mpa}$
Elektroda Las	ASTM F1554 Gr 34, $F_y = 250$
Grassblock	Mpa
Saluran <i>U-ditch, Concrete Pipe</i>	E70XX
Atap	K-450

2. Data Pengendalian Mutu Pekerjaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gudang X

Pada pekerjaan struktur beton bertulang bangunan Gudang X, data pengendalian mutu berupa hasil uji tarik dan uji tekuk baja tulangan serta uji tekan beton.

A. Baja Tulangan

[15] menjelaskan bahwa baja tulangan ulir (BJTD) dan baja tulangan polos (BJTP) yang digunakan harus memiliki kuat leleh f_y lebih dari 200 Mpa. Adapun pengujian yang dilakukan terhadap baja tulangan mencakup kuat tarik dan kuat tekuk. Hasil pengujian kuat tarik dan kuat tekan baja tulangan pada proyek Bangunan Gudang X ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Baja Tulangan

Kode Benda Uji	Dia. (mm)	Beban Tarik (Mpa)		Ket. Uji Tekuk
		Leleh	Max	
MS P8	8	322,45	607,09	Baik, Tidak Retak
Perwira D10	10	443,54	695,54	
TJ D13	13	455,26	649,76	
Perwira D16	16	464,33	684,43	
Perwira D19	19	454,82	653,86	
Perwira D22	22	458,80	702,63	
MS P8	8	322,45	607,09	
Perwira D10	10	443,54	695,54	
TJ D13	13	455,26	649,76	

Kode Benda Uji	Dia. (mm)	Beban Tarik (Mpa)		Ket. Uji Tekuk
		Leleh	Max	
Perwira D16	16	464,33	684,43	
Perwira D19	19	454,82	653,86	
Perwira D22	22	458,80	702,63	

B. Beton

Dalam rangka menjamin beton sesuai dengan perencanaan, maka diperlukan pengujian seperti *slump test* yang merupakan teknik untuk memantau homogenitas dan *workability* beton segar. Pada proyek pembangunan Gudang X, pengujian *slump test* menggunakan kerucut abrasif untuk menentukan kekentalan dengan satu nilai *slump*. Setelah pengujian *slump*, setiap pengecoran beton membuat *sample* berupa benda uji silinder sesuai dengan aturan dalam [16] untuk pengujian kuat tekan beton. Adapun hasil uji kuat tekan beton yang digunakan pada proyek Bangunan Gudang X ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Kode	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)
TM 2 MAS – DHL / K-350 (1)	36,22	444,96
TM 2 MAS – DHL / K-350 (2)	35,65	438,00
TM 2 MAS – DHL / K-350 (3)	35,37	434,53
TM 1 MAS – DHL / K-300 (1)	31,41	385,86
TM 1 MAS – DHL / K-300 (2)	30,84	378,91
TM 1 MAS – DHL / K-300 (3)	30,28	371,96
TM 3 MAS – DHL / K-400 (1)	41,59	511,00
TM 3 MAS – DHL / K-400 (2)	40,74	500,58
TM 3 MAS – DHL / K-400 (3)	41,03	504,05
PC+TB / K-300 (1)	26,03	319,81
PC+TB / K-300 (2)	31,12	382,38
PC+TB / K-350 (1)	30,56	375,43
PC+TB / K-350 (2)	30,56	375,43
UTILITY / K-300 (1)	25,75	316,34
UTILITY / K-300 (2)	27,45	337,19
UTILITY / K-300 (3)	26,88	330,24
PLT LT / K-350 (1)	31,97	392,81
PLT LT / K-350 (2)	32,54	399,77
PLT LT / K-350 (3)	31,41	385,86
PLT LT GUDANG / K-350 (1)	30,56	375,43
PLT LT GUDANG / K-350 (2)	31,12	382,38
PLT LT GUDANG / K-350 (3)	31,69	389,34
PLT LT GUDANG / K-350 (4)	32,26	396,29
PLT LT GUDANG / K-350 (5)	30,84	378,91
PLT LT GUDANG / K-350 (6)	31,41	385,86
PLT LT GUDANG / K-350 (7)	31,97	392,81
PLT LT GUDANG / K-350 (8)	32,54	399,77
PLT LT GUDANG / K-350 (9)	30,56	375,43
PLAT LT GUDANG / K-350 (1)	29,99	368,48
PLAT LT GUDANG / K-350 (2)	31,12	382,38
PLAT LT GUDANG / K-350 (3)	30,28	371,96
PLT LT.1 / K-350 (1)	30,84	378,91

Kode	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)
PLT LT.1 / K-350 (2)	31,41	385,86
PLT LT.1 / K-350 (3)	29,99	368,48
PLT LT / K-350 (4)	30,56	375,43
PLT LT / K-350 (5)	31,69	389,34
PLT LT / K-350 (6)	30,28	371,96
PLT LT / K-350 (7)	29,99	368,48
PLT LT / K-350 (8)	31,41	385,86
PLT LT / K-350 (9)	30,84	378,91
PLT LT / K-350 (10)	30,56	375,43
PLT LT / K-350 (11)	31,69	389,34
PLT LT / K-350 (12)	31,12	382,38
RW / K-350 (1)	30,28	371,96
RW / K-350 (2)	31,41	385,85
RW / K-350 (3)	30,84	378,91
PLT LT / K-350 (13)	29,99	368,48
PLT LT / K-350 (14)	31,12	382,38
PLT LT / K-350 (15)	30,56	375,43

Berdasarkan hasil uji tekan beton yang ditampilkan pada Tabel 3, kuat tekan untuk semua sampel uji menunjukkan indikasi positif bahwa beton yang digunakan memiliki kekuatan yang memadai sesuai dengan persyaratan desain.

3. Analisis Pengendalian Mutu Baja Tulangan

Sebagaimana telah diketahui, pengendalian mutu baja tulangan pada pekerjaan struktur beton bertulang perlu diperhatikan untuk memastikan mutu material sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Hasil analisis *control chart* berdasarkan data mutu tulangan pada tabel 2 ditampilkan pada tabel 4.

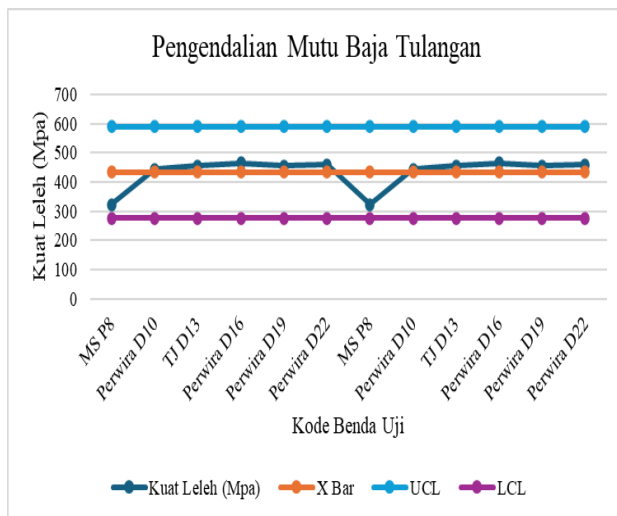
Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada Tabel 4 dan digambarkan melalui grafik *control chart* pada Gambar 2, seluruh data kekuatan leleh baja tulangan menunjukkan pola yang stabil dan berada di dalam batas kendali. Tidak ditemukan adanya data yang melampaui *upper control limit/UCL* maupun berada di bawah *lower control limit/LCL*, yang menunjukkan bahwa proses mutu baja tulangan pada proyek struktur beton bertulang Gudang X di Kota Tangerang berjalan secara konsisten. Meskipun terdapat hasil uji jenis baja tulangan seperti pada MS P8 yang mendekati batas bawah kendali, keseluruhan mutu material masih dapat dikategorikan aman dan sesuai dengan spesifikasi mutu.

Temuan ini mengindikasikan bahwa mutu baja tulangan yang digunakan dalam proyek tersebut telah memenuhi kriteria kontrol kualitas yang baik. Tidak terdapat indikasi penyimpangan yang tidak terkendali yang dapat mempengaruhi kekuatan struktur beton secara signifikan. Dengan demikian, penggunaan *control chart* sebagai alat evaluasi mutu

baja tulangan dapat memberikan gambaran visual dan statistik terhadap kestabilan mutu material dalam proyek konstruksi pada studi ini.

Tabel 4. Hasil Pengendalian Mutu Baja Tulangan dengan Analisis Control Chart

Kode Benda Uji	Kuat Leleh (Mpa)	X bar	Std. Dev.	UCL	LCL
MS P8	322,45	433,2	52,1	589,6	276,8
Perwira D10	443,54	433,2	52,1	589,6	276,8
TJ D13	455,26	433,2	52,1	589,6	276,8
Perwira D16	464,33	433,2	52,1	589,6	276,8
Perwira D19	454,82	433,2	52,1	589,6	276,8
Perwira D22	458,80	433,2	52,1	589,6	276,8
MS P8	322,45	433,2	52,1	589,6	276,8
Perwira D10	443,54	433,2	52,1	589,6	276,8
TJ D13	455,26	433,2	52,1	589,6	276,8
Perwira D16	464,33	433,2	52,1	589,6	276,8
Perwira D19	454,82	433,2	52,1	589,6	276,8
Perwira D22	458,80	433,2	52,1	589,6	276,8



Gambar 2. Control Chart Pengendalian Mutu Baja Tulangan

4. Analisis Pengendalian Mutu Beton

Berikut adalah rincian analisis yang dilakukan dalam pengendalian mutu beton pada proyek Gudang X di Kota Tangerang

A. Analisis Variabilitas Kuat Tekan Beton

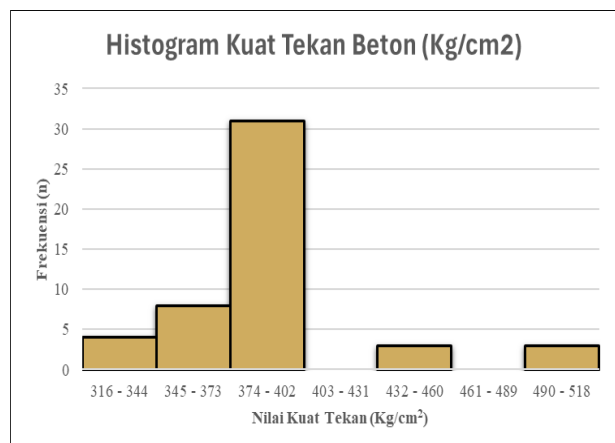
Analisis variabilitas dilakukan karena terdapat variasi kekuatan beton yang telah diuji berdasarkan data Tabel 3. Cakupan analisis yang dilakukan diantaranya Menyusun tabel distribusi frekuensi, menghitung rata-rata atau X bar, standar deviasi, serta koefisien variasi. Dengan mengikuti kaidah – kaidah dalam analisis statistik, berikut pada Tabel 5 ditampilkan hasil distribusi frekuensi kuat tekan beton.

Tabel 5. Distribusi Frekuensi Data Kuat Tekan Beton

Kelas	Interval	Frekuensi (n)	Persentase %
1	316 – 344	4	8,16
2	345 – 373	8	16,33
3	374 – 402	31	63,27
4	403 – 431	0	0,00
5	432 – 460	3	6,12
6	461 – 489	0	0,00
7	490 – 518	3	6,12

Berdasarkan Tabel 5, hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar data kuat tekan berada pada rentang 374–402 kg/cm² dengan frekuensi sebanyak 31 data atau 63,27%, menunjukkan konsentrasi utama distribusi. Sementara itu, beberapa data tersebar di luar rentang dominan, seperti pada kelas 316–344 kg/cm² dan 345–373 kg/cm², yang masing-masing menyumbang 8,16% dan 16,33%, serta kelas 432–460 kg/cm² dan 490–518 kg/cm² yang masing-masing menyumbang 6,12%.

Selanjutnya, visualisasi data distribusi ditampilkan dalam Gambar 3, berupa histogram yang menunjukkan puncak frekuensi pada kelas ketiga. Secara statistik, mengacu pada Tabel 3, nilai rata-rata kuat tekan beton (\bar{X}) adalah 387,30 kg/cm² dengan standar deviasi (SD) sebesar 38,23 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar nilai kuat tekan beton berdistribusi dekat dengan rata-rata dan penyebaran datanya tergolong sedang. Distribusi data yang menyerupai kurva normal ini mencerminkan bahwa mutu beton secara umum berada dalam kondisi yang stabil, meskipun terdapat sedikit variasi. Dengan demikian, dari analisis ini dapat disimpulkan bahwa mutu beton pada proyek Gudang X di Kota Tangerang masih tergolong baik dan berada dalam kendali mutu yang dapat diterima.



Gambar 3. Histogram Distribusi Frekuensi Kuat Tekan Beton

Dalam rangka mengetahui kategori variasi dari standar kontrol beton, dilakukan perhitungan koefisien variasi. Berdasarkan nilai standar deviasi sebesar 38,23 kg/cm² dan rata-rata kuat tekan beton sebesar 387,30 kg/cm², diperoleh nilai koefisien variasi sebesar 9,87%. Nilai ini menunjukkan bahwa sebaran data kuat tekan beton relatif rendah dan terkonsentrasi dekat dengan nilai rata-rata. Dengan mengacu pada SNI 03-6815-2002 tentang prosedur pengendalian mutu beton, dapat disimpulkan bahwa standar kontrol mutu beton dalam percobaan ini termasuk ke dalam kategori terbaik, karena memiliki variasi di bawah 14,3% yang merupakan batas maksimum untuk pengujian di laboratorium [17].

B. Analisis Pengendalian Proses Statistik (Statistical Process Control /SPC)

Pengendalian proses statistik (SPC) merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk memastikan bahwa proses produksi atau pelaksanaan pekerjaan tetap berada dalam batas kendali mutu yang telah ditetapkan. Alat bantu utama dalam SPC yang digunakan dalam studi ini adalah peta kendali (*control chart*), khususnya jenis bagan kendali rata-rata (\bar{X} -chart) dan bagan kendali rentang (*R-chart*). Kedua jenis bagan ini digunakan untuk memantau karakteristik mutu beton yang bersifat kontinu dan diukur dalam bentuk variabel, seperti kuat tekan beton. Peta kendali \bar{X} berfungsi untuk melihat kestabilan rata-rata dari proses, sedangkan *R-chart* digunakan untuk memantau rentang penyebaran data atau variasi antar sampel.

Dalam analisis ini, data kuat tekan beton diklasifikasikan berdasarkan mutu rencana, yaitu K-300, K-350, dan K-400, sebagaimana ditampilkan pada

Tabel 3. Untuk masing-masing mutu rencana tersebut, diambil dua sampel dari kode benda uji yang sama, sehingga memungkinkan dilakukan pemantauan proses melalui peta kendali. Analisis SPC ini bertujuan untuk menilai apakah proses produksi beton untuk masing-masing mutu berada dalam kondisi stabil atau menunjukkan indikasi ketidakterkendalian. Hasil perhitungan peta kendali untuk masing-masing mutu beton tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 6 hingga Tabel 11, yang menggambarkan nilai rata-rata, rentang, serta batas atas dan bawah kendali untuk masing-masing kelompok data.

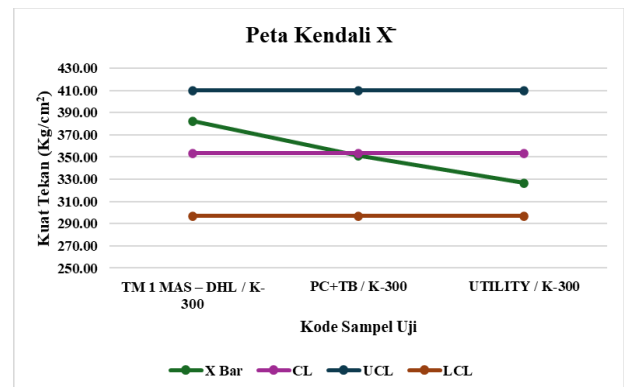
Berdasarkan Tabel 6, dilakukan analisis pengendalian proses terhadap kuat tekan beton mutu K-300 menggunakan peta kendali rata-rata (\bar{X} -chart). Tiga pasangan sampel diambil dari kode yang berbeda, yaitu TM 1 MAS – DHL, PC+TB, dan UTILITY. Masing-masing pasangan menunjukkan nilai rata-rata (\bar{X}) dan rentang (R) hasil uji kuat

tekan. Rata-rata tertinggi terdapat pada TM 1 MAS – DHL dengan 382,39 kg/cm², sedangkan yang terendah ada pada UTILITY dengan 326,77 kg/cm². Nilai rentang (R) antar pasangan bervariasi, dengan rentang tertinggi pada sampel PC+TB sebesar 62,57 kg/cm², mengindikasikan adanya variasi cukup besar dalam pasangan tersebut. Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai batas atas kendali (UCL) = 410,05 kg/cm², batas bawah kendali (LCL) = 296,78 kg/cm², dan garis kendali tengah (CL) = 353,42 kg/cm².

Tabel 6. Data Kuat Tekan Beton K-300 Untuk Peta Kendali \bar{X}

Kode	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		\bar{X}	R
	(1)	(2)		
TM 1 MAS – DHL / K-300	385,86	378,91	382,39	6,95
PC+TB / K-300	319,81	382,38	351,10	62,57
UTILITY / K-300	316,34	337,19	326,77	20,85

Keterangan: Nilai A2=1,88; CL=353,42; UCL=410,05; dan LCL=296,78.



Gambar 4. Peta Kendali \bar{X} Untuk Hasil Uji Tekan Beton K-300

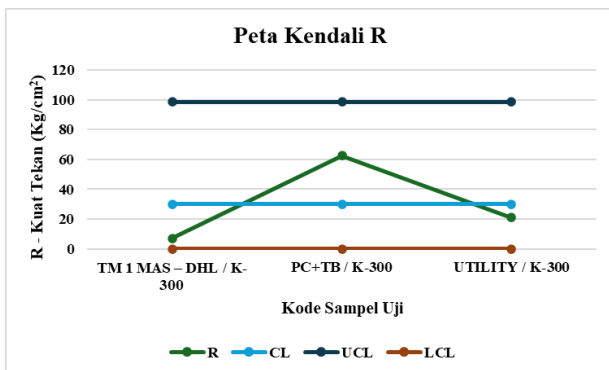
Visualisasi data Tabel 6 ditampilkan pada Gambar 4, yang menunjukkan peta kendali \bar{X} untuk hasil uji beton K-300. Dari grafik terlihat bahwa semua nilai rata-rata hasil uji masih berada dalam batas kendali (antara LCL dan UCL), yang menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu beton K-300 secara statistik berada dalam kondisi terkendali (*in-control*). Namun demikian, arah penurunan nilai rata-rata dari TM 1 MAS – DHL menuju UTILITY dapat menjadi perhatian, karena menunjukkan kecenderungan menurunnya mutu beton antar sampel. Meskipun masih dalam batas kendali, variasi ini dapat menjadi dasar evaluasi terhadap proses pencampuran, pengiriman, atau pengecoran beton untuk mutu K-300 agar lebih konsisten.

Pada Tabel 7, dilakukan analisis pengendalian mutu kuat tekan beton K-300 dengan menggunakan peta kendali rentang (R-chart) untuk menilai kestabilan variasi antar pasangan data uji. Rentang (R) diukur dari selisih antara dua nilai kuat tekan yang diambil dari masing-masing kode benda uji. Hasil rentang tertinggi terdapat pada kode PC+TB/K-300 sebesar 62,57 kg/cm², sedangkan rentang terendah berasal dari TM 1 MAS – DHL/K-300 dengan nilai 6,95 kg/cm². Nilai rata-rata rentang (CL) diperoleh sebesar 30,12 kg/cm², dengan batas atas kendali (UCL) sebesar 98,47 kg/cm², dan batas bawah kendali (LCL) sebesar 0, berdasarkan nilai D3 = 0 dan D4 = 3,269.

Tabel 7. Data Kuat Tekan Beton K-300 Untuk Peta Kendali R

Kode	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		\bar{X}	R
	(1)	(2)		
TM 1 MAS – DHL / K-300	385,86	378,91	382,39	6,95
PC+TB / K-300	319,81	382,38	351,10	62,57
UTILITY / K-300	316,34	337,19	326,77	20,85

Keterangan: Nilai D3=0; D4=3,269 CL=30,12; UCL=98,47; dan LCL=0.



Gambar 5. Peta Kendali R Untuk Hasil Uji Tekan Beton K-300

Gambar 5 menyajikan visualisasi dari peta kendali R, yang menggambarkan bahwa seluruh nilai rentang masih berada dalam batas kendali. Tidak ada satu pun nilai yang melampaui UCL atau di bawah LCL. Hal ini menunjukkan bahwa variasi antar data uji masih dapat dikendalikan dan proses pengujian tidak menunjukkan gejala penyimpangan ekstrim. Meskipun nilai rentang pada sampel PC+TB relatif tinggi, namun secara statistik masih berada dalam batas wajar. Dengan demikian, proses kontrol mutu terhadap variasi hasil uji beton K-300 dapat dikatakan dalam kondisi stabil dan tidak memerlukan tindakan korektif khusus. Namun, pengawasan lebih lanjut pada unit produksi terkait

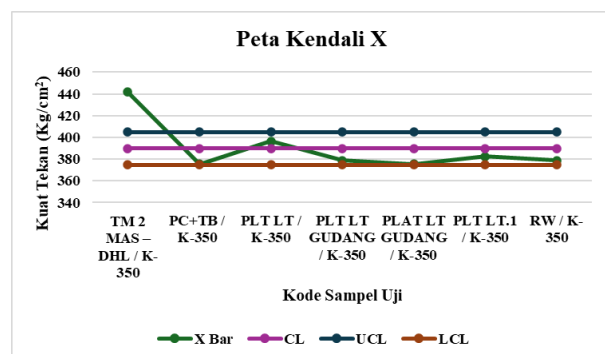
tetap direkomendasikan untuk menjaga konsistensi mutu.

Tabel 8 menampilkan hasil analisis kuat tekan beton mutu K-350 dengan menggunakan peta kendali rata-rata (\bar{X} -chart) untuk menilai kestabilan proses mutu beton berdasarkan data uji dari enam pasangan sampel yang berbeda. Dari data tersebut, nilai rata-rata kuat tekan tertinggi terdapat pada sampel TM 2 MAS – DHL/K-350 sebesar 441,48 kg/cm², sedangkan yang terendah terdapat pada sampel RW/K-350 dengan nilai 378,91 kg/cm². Nilai CL (*Center Line*) atau garis kendali tengah diperoleh sebesar 389,83 kg/cm², dengan batas atas kendali (UCL) sebesar 404,77 kg/cm² dan batas bawah kendali (LCL) sebesar 374,90 kg/cm², berdasarkan nilai koefisien A2 = 1,88.

Tabel 8. Data Kuat Tekan Beton K-350 Untuk Peta Kendali \bar{X}

Kode	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		\bar{X}	R
	(1)	(2)		
TM 2 MAS – DHL / K-350	444,96	438,00	441,48	6,96
PC+TB / K-350	375,43	375,43	375,43	0,00
PLT LT / K-350	392,81	399,77	396,29	6,96
PLT LT GUDANG / K-350	375,43	382,38	378,91	6,95
PLAT LT GUDANG / K-350	368,48	382,38	375,43	13,90
PLT LT.1 / K-350	378,91	385,86	382,39	6,95
RW / K-350	371,96	371,96	378,91	13,89

Keterangan: Nilai A2=1,88; CL=389,83; UCL=404,77; dan LCL=374,90.



Gambar 6. Peta Kendali \bar{X} Untuk Hasil Uji Tekan Beton K-350

Dalam Gambar 6, visualisasi peta kendali \bar{X} menunjukkan bahwa hanya satu nilai rata-rata yang berada di luar batas kendali, yaitu sampel dari TM 2 MAS – DHL/K-350 yang melampaui UCL. Hal ini

mengindikasikan adanya kemungkinan ketidakterkendalian proses atau penyimpangan dalam pelaksanaan pengecoran atau pengujian beton pada sampel tersebut. Sementara itu, lima sampel lainnya masih berada dalam rentang kendali, yang berarti prosesnya tergolong stabil. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa secara umum mutu beton K-350 masih dapat dikendalikan, namun perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap proses produksi atau kondisi proyek pada unit yang menunjukkan penyimpangan agar mutu tetap terjaga secara konsisten.

Berdasarkan Tabel 9, dilakukan analisis variasi kuat tekan beton mutu K-350 menggunakan peta kendali R untuk mengevaluasi kestabilan rentang nilai antar pasangan data uji. Nilai rentang (R) terbesar ditemukan pada sampel PLAT LT GUDANG/K-350 sebesar 13,90 kg/cm², dan nilai terkecil adalah 0,00 kg/cm² pada sampel PC+TB/K-350, yang berarti tidak terdapat perbedaan antara dua hasil uji pada pasangan tersebut. Nilai rata-rata rentang (CL) diperoleh sebesar 7,94 kg/cm², dengan batas atas kendali (UCL) sebesar 25,97 kg/cm², dan batas bawah kendali (LCL) sebesar 0, berdasarkan konstanta D3 = 0 dan D4 = 3,269.

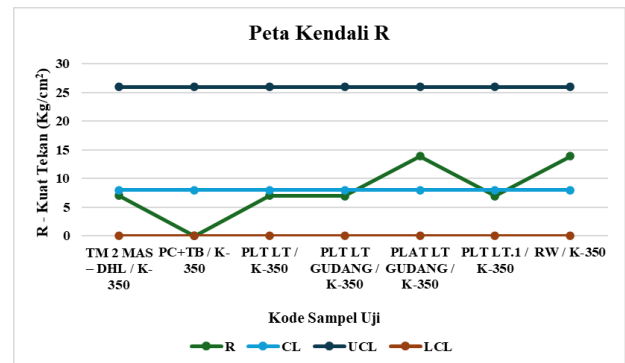
Visualisasi peta kendali R pada Gambar 7 menunjukkan bahwa semua nilai rentang masih berada di dalam batas kendali, baik atas maupun bawah. Ini menunjukkan bahwa proses pengujian mutu beton K-350 secara statistik tergolong stabil dan tidak menunjukkan adanya penyimpangan ekstrem dalam hal variasi data antar pasangan. Rentang yang bervariasi, meskipun ada yang mendekati LCL, masih dianggap wajar dan tidak memerlukan tindakan korektif khusus. Dengan demikian, variasi antar data pengujian beton K-350 dapat diterima dan proses pengendalian mutu dinilai berhasil menjaga kestabilan variasi hasil uji.

Tabel 9. Data Kuat Tekan Beton K-350 Untuk Peta Kendali R

Kode	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		\bar{X}	R
	(1)	(2)		
TM 2 MAS – DHL / K-350	444,96	438,00	441,48	6,96
PC+TB / K-350	375,43	375,43	375,43	0,00
PLT LT / K-350	392,81	399,77	396,29	6,96
PLT LT GUDANG / K-350	375,43	382,38	378,91	6,95
PLAT LT GUDANG / K-350	368,48	382,38	375,43	13,90

Kode	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		\bar{X}	R
	(1)	(2)		
PLT LT.1 / K-350	378,91	385,86	382,39	6,95
RW / K-350	371,96	371,96	378,91	13,89

Keterangan: Nilai D3=0; D4=3,269 CL=7,94; UCL=25,97; dan LCL=0.



Gambar 7. Peta Kendali R Untuk Hasil Uji Tekan Beton K-350

Berdasarkan Tabel 10, analisis mutu beton K-400 dilakukan dengan menggunakan peta kendali rata-rata (\bar{X} -chart) untuk menilai kestabilan hasil uji kuat tekan. Data yang digunakan berasal dari satu pasangan sampel yaitu TM 3 MAS – DHL/K-400, dengan nilai kuat tekan sebesar 511 dan 500,58 kg/cm², menghasilkan rata-rata (\bar{X}) sebesar 505,79 kg/cm² dan rentang (R) sebesar 10,42 kg/cm². Nilai CL (Center Line) ditentukan sebesar 505,79 kg/cm², dengan batas atas kendali (UCL) sebesar 525,38 kg/cm² dan batas bawah kendali (LCL) sebesar 486,20 kg/cm², berdasarkan konstanta A2 = 1,88. Karena hanya terdapat satu pasangan data dan nilainya berada di antara batas kendali, maka dapat disimpulkan bahwa hasil uji kuat tekan beton K-400 masih dalam kondisi terkendali secara statistik.

Tabel 10. Data Kuat Tekan Beton K-400 Untuk Peta Kendali \bar{X}

Kode	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		\bar{X}	R
	(1)	(2)		
TM 3 MAS – DHL / K-400	511	500,58	505,79	10,42

Keterangan: Nilai A2=1,88; CL=505,79; UCL=525,38; dan LCL=486,20.

Selanjutnya, pada Tabel 11 dilakukan analisis terhadap peta kendali R (rentang) dari pasangan data yang sama. Rentang sebesar 10,42 kg/cm² dibandingkan dengan nilai CL = 10,42 kg/cm², UCL = 34,06 kg/cm², dan LCL = 0, berdasarkan konstanta D3 = 0 dan D4 = 3,269. Karena nilai rentang tepat berada pada garis kendali tengah (CL) dan masih

jauh di bawah batas atas kendali, maka variasi antar data uji juga berada dalam batas wajar. Hal ini menandakan bahwa proses pengendalian mutu untuk beton K-400 stabil dan tidak terdapat penyimpangan. Namun, untuk interpretasi yang lebih komprehensif, akan lebih baik apabila jumlah sampel ditambah guna memastikan konsistensi hasil uji secara menyeluruh dalam produksi beton mutu tinggi ini.

Tabel 11. Data Kuat Tekan Beton K-400 Untuk Peta Kendali R

Kode	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		\bar{X}	R
	(1)	(2)		
TM 3 MAS – DHL / K-400	511	500,58	505,79	10,42

Keterangan: Nilai D3=0; D4=3,269 CL=10,42; UCL=34,06; dan LCL=0.

5. Pelaksanaan Pengendalian Mutu Pekerjaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gudang X

Pelaksanaan pengendalian mutu pada pekerjaan struktur beton bertulang Bangunan Gudang X merupakan suatu proses yang terperinci dan sistematis, dirancang untuk memastikan bahwa setiap tahap konstruksi memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Proses ini mencakup serangkaian langkah-langkah yang berorientasi pada pengukuran kinerja serta pemantauan terhadap seluruh elemen konstruksi pekerjaan beton bertulang mencakup pekerjaan *pile cap*, *tie beam*, kolom pedestal, dan lantai pelat gudang. Lingkup pelaksanaan pengendalian mutu mencakup persiapan awal, pemasangan baja tulangan, pemasangan bekisting, dan proses pengecoran.

A. Persiapan Awal

Pada tahap persiapan awal, pekerjaan beton bertulang *pile cap*, *tie beam*, kolom pedestal, dan pelat lantai dipantau dengan cermat. Tujuan dari pemantauan ini adalah untuk memastikan bahwa fondasi dari setiap elemen struktur tersebut diletakkan pada dasar yang solid dan sesuai dengan persyaratan teknis yang telah ditetapkan. Pemantauan pada tahap ini menunjukkan komitmen terhadap kualitas dan keakuratan pengerjaan konstruksi, yang pada gilirannya menjadi faktor penting dalam memastikan integritas dan ketahanan struktural bangunan. Pengamatan pada tahap awal ini juga melibatkan evaluasi terhadap teknik pelaksanaan. Berikut adalah dokumentasi pengendalian mutu pada tahap persiapan.

a) Pada proyek konstruksi bangunan gudang X, pemadatan tanah dan pemadatan makadam merupakan dua tahap kritis dalam persiapan dasar tanah sebagai dasar konstruksi. Proses ini

bertujuan untuk meningkatkan kepadatan tanah dan lapisan makadam agar dapat menahan beban struktural dengan baik.



Gambar 8. Proses Pemadatan

b) Pemotongan kepala tiang pancang adalah tahap kritis dalam persiapan pemasangan *pile cap*. Langkah ini memastikan tinggi tiang sesuai dengan desain dan kondisi optimal untuk mendukung struktur di atasnya, seperti *pile cap*.



Gambar 9. Pemotongan Kepala Tiang Pancang

c) Pekerjaan galian *pile cap* dan *tie beam* merupakan pekerjaan yang melibatkan penandaan dan ekskavasi untuk membuat area kerja sesuai dengan desain pada gambar perencanaan. Keseluruhan pekerjaan galian ini membutuhkan ketelitian agar bentuk dan dimensi sesuai dengan persyaratan struktural, sehingga struktur bangunan gudang menjadi optimal.

d) Pemasangan lantai kerja memiliki fungsi – fungsi khusus untuk mendukung integritas struktural bangunan. Beberapa fungsi dari lantai kerja ini diantaranya sebagai penyediaan ruang untuk pemasangan bekisting, juga sebagai area kerja untuk pelaksanaan pekerjaan pengecoran.



Gambar 10. Pemasangan Lantai Kerja

B. Pemasangan Baja Tulangan

Pengendalian mutu pada pekerjaan pemasangan baja tulangan merupakan elemen krusial dalam konstruksi bangunan, karena memastikan keakuratan, kepatuhan, serta integritas struktural pada elemen beton bertulang. Pada tahap pemantauan pemasangan baja tulangan melibatkan proses pengawasan terhadap persiapan dan penempatan baja tulangan agar sesuai dengan desain struktur yang direncanakan. Dalam proses pemasangan, penggunaan alat pengukur instrumen diperlukan untuk memverifikasi kesesuaian posisi, jarak, dan juga pengikatan baja tulangan dengan spesifikasi teknis. Pemantauan ini juga mencakup pengecekan terhadap toleransi dimensi, jaminan perlindungan dari kontaminasi dan korosi, serta apabila diperlukan penilaian terhadap kualitas sambungan las. Selanjutnya, pemantauan pemasangan baja tulangan juga untuk memastikan struktur beton bertulang memenuhi standar keamanan, daya dukung, integritas struktur serta mendukung kelancaran tahapan konstruksi selanjutnya. Berikut adalah dokumentasi pengendalian mutu pada tahap pemasangan baja tulangan.

a) Pengendalian mutu baja tulangan pada proyek bangunan Gudang X dilakukan dengan mengukur dimensi diameter menggunakan jangka sorong. Titik – titik yang diukur pada baja tulangan ditentukan sesuai dengan spesifikasi desain struktur baik penggunaan untuk konstruksi *pile cap*, *tie beam*, kolom pedestal, maupun pelat lantai. Hasil pengukuran dicatat dalam catatan pengendalian mutu mencakup informasi nomor seri dan hasil pengukuran. Apabila terdapat ketidaksesuaian dengan spesifikasi teknis, maka tindakan korektif yang sesuai dijalankan yaitu dengan penggantian baja tulangan yang tidak memenuhi persyaratan. Pemantauan yang cermat terhadap pemasangan baja tulangan adalah kunci untuk memastikan keberhasilan dan keandalan struktur

beton bertulang, serta menghindari potensi masalah dan cacat struktural pada masa mendatang.



Gambar 11. Pengukuran Diameter Baja Tulangan

b) Pengendalian mutu pemasangan baja tulangan juga dilakukan dengan melaksanakan pengukuran jarak tulangan sengkang untuk *pile cap*, *tie beam*, dan kolom pedestal, serta jarak kerapatan wire mesh untuk pelat lantai gudang. Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan keakuratan dan kepatuhan terhadap spesifikasi teknis, sehingga distribusi beban kekuatan struktural dapat tercapai secara optimal. Apabila terdapat ketidaksesuaian, maka tindakan korektif yang sesuai dijalankan.



Gambar 12. Pengukuran Jarak Tulangan

c) Sebelum proses pemasangan bekisting dan penambahan beton *decking*, baja tulangan yang telah dirakit diposisikan dan diikat dengan tepat sesuai dengan desain struktural yang telah ditetapkan. Dengan melakukan pengendalian mutu dengan pemantauan, diharapkan bahwa seluruh proses konstruksi baja tulangan dapat dilakukan dengan akurasi dan konsistensi yang baik sehingga kekokohan dan kualitas struktur beton bertulang terjamin.



Gambar 13. Memosisikan dan Mengikat Baja Tulangan

C. Pemasangan Bekisting

Pada proyek konstruksi bangunan Gudang X, bekisting yang digunakan adalah pasangan bata ringan. Pemasangan bata ringan ini memiliki peran penting dalam menghasilkan cetakan beton yang akurat dan dimensi yang sesuai dengan desain struktural. Visualisasi pekerjaan bekisting bata ringan yang dilakukan ditampilkan pada Gambar 8, sedangkan bentuk pemantauan terhadap pemasangan bekisting bata ringan adalah sebagai berikut:

- a) **Persiapan Bekisting Bata Ringan**
Memastikan bahwa bahan bekisting bata ringan yang digunakan memenuhi standar kualitas dan kekuatan yang ditetapkan. Pemantauan juga mencakup pengecekan kualitas bata ringan dan kesesuaian desain bekisting dengan bentuk yang akan dicetak.
- b) **Penempatan dan Pengikatan yang Tepat**
Memantau ketelitian penempatan dan pengikatan bekisting bata ringan. Ini termasuk pengecekan bahwa bekisting bata ringan ditempatkan dengan benar sesuai dengan desain, dan pengikatan yang kuat untuk mencegah pergeseran selama proses pengecoran.
- c) **Dimensi Sesuai Rencana Desain**
Pemantauan mencakup pengecekan dimensi bekisting bata ringan sesuai dengan rencana desain. Hal ini penting untuk memastikan akurasi geometri dan ukuran yang diinginkan pada elemen-elemen beton bertulang.
- d) **Kekokohan dan Kestabilan Bekisting**
Pemantauan aktif dilakukan selama proses pengecoran untuk memastikan kekokohan dan kestabilan bekisting bata ringan. Ini melibatkan pengecekan keandalan struktur bekisting untuk mendukung beban beton dan baja tulangan.
- e) **Pemantauan Selama Proses Pengecoran**
Melakukan pemantauan selama proses pengecoran untuk memastikan distribusi beton yang merata, mencegah kecacatan, dan memastikan bahwa bekisting tidak mengalami deformasi yang dapat memengaruhi hasil akhir.



Gambar 14. Pemasangan Bekisting

D. Proses Pengecoran

Beton yang digunakan pada proyek konstruksi bangunan Gudang X adalah *ready mix*. Pemilihan beton *ready mix* ini dipertimbangkan sebagai langkah strategis untuk memastikan kualitas dan keandalan struktur beton bertulang yang akan dibangun. Oleh karena itu, pemantauan pada proses pengecoran merupakan bagian dari pengendalian mutu pekerjaan struktur beton bertulang untuk memastikan beton *ready mix* yang digunakan telah siap pakai dan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Secara keseluruhan, pemantauan pengecoran beton tidak hanya menjaga kualitas beton bertulang, tetapi juga memastikan bahwa seluruh proses konstruksi berlangsung sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berikut adalah dokumentasi pengendalian mutu pada tahap proses pengecoran beton.

- a) **Slump test** adalah metode penting dalam pengendalian mutu beton untuk mengevaluasi konsistensi dan deformasi beton segar. Dengan mengukur *slump* atau deformasi, standar konsistensi beton dapat ditentukan sebagai referensi untuk memastikan konsistensi sesuai dengan persyaratan desain. Hasil *slump test* digunakan untuk koreksi proporsi bahan dan memastikan campuran beton optimal.



Gambar 15. Pengujian *Slump Test* Beton

- b) Dengan pembuatan silinder yang mewakili campuran konstruksi, uji ini memberikan informasi akurat tentang kekuatan tekan, konsistensi, dan kualitas campuran beton segar. Selain itu, pengujian silinder membantu pemantauan variabilitas produksi, mengidentifikasi potensi cacat, dan memastikan kesesuaian beton dengan standar proyek. Dengan melibatkan pengambilan sampel, pengendalian mutu beton dapat dilakukan secara efektif, memastikan kualitas dan performa yang sesuai dengan persyaratan proyek.



Gambar 16. Pembuatan Sampel untuk Pengujian

- c) Pengendalian mutu beton ditingkatkan dengan menggunakan *vibrator* selama pengecoran. *Vibrator* mengurangi rongga udara, meningkatkan kepadatan beton, memastikan kontak baik dengan bekisting, dan mengurangi potensi retak. Hal ini tidak hanya meningkatkan kualitas permukaan beton tetapi juga mendukung daya dukung dan integritas struktural yang optimal, menjadikannya langkah penting dalam proses konstruksi beton.



Gambar 17. Proses Pengecoran dengan Vibrator

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, secara garis besar pengendalian mutu pada pekerjaan struktur beton bertulang proyek Gudang X di Kota Tangerang telah diterapkan secara menyeluruh melalui tahapan yang sistematis mulai dari persiapan awal, pemasangan baja tulangan, pemasangan bekisting, hingga proses pengecoran. Hasil uji kuat tarik baja tulangan menunjukkan bahwa seluruh spesimen berada dalam batas kendali mutu dengan kekuatan leleh yang stabil, sedangkan pengujian kuat tekan beton

menunjukkan bahwa sebagian besar data terkonsentrasi pada rentang distribusi yang baik dengan nilai koefisien variasi sebesar 9,87%, yang berarti termasuk dalam kategori mutu terbaik menurut SNI 03-6815-2002. Analisis menggunakan peta kendali (\bar{X} dan R chart) juga menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu untuk beton mutu K-300, K-350, dan K-400 secara umum berada dalam kondisi stabil, dengan hanya sedikit penyimpangan yang masih dapat diterima. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan studi perbandingan pada proyek sejenis dengan karakteristik dan metode pelaksanaan yang berbeda, serta mengintegrasikan pendekatan lanjutan guna memberikan gambaran yang lebih mendalam terhadap kapabilitas proses dan mutu hasil pekerjaan struktur beton.

REFERENSI

- [1] Z. Wei, "Study on Quality Control of Construction Structure Reconstruction and Reinforcement," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 825, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/825/1/012027.
- [2] M. R. Muhammad and S. Harkamal, "Analysis of the Impacts of Quality Assurance and Quality Control on Construction Projects using RII method," *E3S Web Conf.*, vol. 399, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202339903021.
- [3] Y. N. Muna and S. Wacono, "Analisis Pengendalian Mutu pada Pekerjaan Bored Pile Proyek X," in *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 2024, pp. 326–335.
- [4] K. Ali, S. Mubin, and E. Gavrihyk, "Evaluating Quality Management System of Construction Projects," *Int. J. Performability Eng.*, vol. 18, no. 7, pp. 492–501, 2022, doi: 10.23940/ijpe.22.07.p4.492501.
- [5] M. F. Akmal and I. Supriyadi, "Analisis Pengendalian Mutu pada Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai," in *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 2023, pp. 651–955.
- [6] L. Vesela and J. Synek, "Quality Control in Building and Construction," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 471, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/471/2/022013.
- [7] Nurokhman, I. Suharyanto, and U. Rochmawati, "Evaluasi Mutu Beton dari Berbagai Ready Mix pada Gedung Parkir Yogyakarta International Airport," *CivETech*, vol. III, no. 2, pp. 55–65, 2021.
- [8] R. D. Putra, Nuroji, and H. Suliantoro,

- “Analisis Kinerja Mutu Pekerjaan Struktur Beton Bertulang pada Proyek Pembangunan Hote, Mall, dan Apartment Tentrem Kota Semarang,” *Wahana Tek. Sipil*, vol. 26, no. 1, pp. 11–24, 2021.
- [9] U. Chasanah, Soehartono, and Baswindro, “Penerapan Manajemen Mutu Pada Pekerjaan Struktur Beton Pembangunan Gedung ITS Tower 3 di Surabaya,” *Pondasi*, vol. 29, no. 01, pp. 112–120, 2024.
- [10] Y. R. R. Saragi, E. O. Zai, N. Melody, F. Teknik, U. H. Nommensen, and M. Indonesia, “Metode Quality Control Beton serta Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada Pembangunan Underground Powerhouse (Studi Kasus: PLTA Asahan No.3),” *Constr. J. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 57–70, 2023.
- [11] Rivelino and A. Soekiman, “Kajian Pengendalian Mutu Konstruksi Pada Pengawasan Pelaksanaan Pembangunan Jaringan Irigasi Studi Kasus: Pembangunan Jaringan Irigasi di Leuwigoong,” *J. Konstr.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–16, 2016.
- [12] E. Gardjito, “Pengendalian Mutu Beton dengan Metode Control Chart (SPC) dan Process Capability (Six-Sigma) pada Pekerjaan Konstruksi,” *UkaRsT*, vol. 1, no. 2, pp. 110–119, 2017.
- [13] C. H. Sin, T. S. Nee, and L. Y. Yong, “Quality Management Challenges in Construction Projects: Investigating Factors, Measures, and the Role of Material Qualirt Control,” *Plan. MalaysiaJournal Malaysian Inst. Planners*, vol. 22, no. 3, pp. 63–78, 2024.
- [14] F. Deng, A. Mehdipour, and A. Soltani, “Construction quality control of concrete structures in architectural engineering — A case in Shanghai , China,” *Urban Resil. Sustain.*, vol. 2, no. 3, pp. 256–271, 2024, doi: 10.3934/urs.2024013.
- [15] Badan Standardisasi Nasional, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional, 2002.
- [16] Badan Standardisasi Nasional, *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974:2011)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
- [17] P. P. Hutomo, “Pengendalian Kualitas dengan SPC (Statistical Process Control) untuk Mutu Beton Pada Proyek Apartement BIZ Square,” Institut Teknologi Sepuluh November, 2018. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/57722/1/3116105>

