



Analisis Pengendalian Mutu Beton Ready Mix Pada Pekerjaan Pile Cap Menggunakan *Statistical Quality Methods Control*

Eky Yudha Setiawan¹, Mahdika Putra Nanda², Hamdani Abdulgani³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra Indramayu

¹ekyydhasetiawan2@gmail.com, ²dikananda.ft@unwir.ac.id*, ³dani.gani@unwir.ac.id

Abstract

This research analyzes the application of Statistical Quality Methods Control (SQMC) to control the quality of ready-mix concrete in pile cap works. This research aims to analyze the suitability of the concrete quality of the structural components used with the plan and the factors that may cause the concrete quality to match or not. The research method is a quantitative approach with an experimental design. This study will be conducted on the Tower 3 Building Construction project of Indramayu Hajj Dormitory, which uses ready-mix concrete for pile cap work. The results show that the average concrete slump value is 11.10 cm, which is still within the specification limit of 7.5-15 cm for plate, column, and beam work. The concrete batching plant, or a concrete mixing plant, is a device that homogeneously combines various ingredients to form concrete. The X and R control maps for the 14-day compressive strength test results showed that all data were within the control limits, indicating a well-controlled casting process. The selection of tests at 14 days gives a more accurate picture of the final strength of the concrete, allowing for better decision-making. The choice of testing at 14 days gives a more accurate picture of the final strength of the concrete, allowing for better decision-making. The standard deviation value of the flexural strength results converted to compressive strength was 0.906, indicating excellent execution quality for work volumes >3000 m³. The coefficient of variation of 2.56% indicates the Best execution category. The SQMC method was effectively utilized for quality control in ready-mixed concrete used in pile cap works, demonstrated by the consistent test results falling within control limits.

Keywords: *Quality Control, Ready-mixed Concrete, Statistical Quality Methods Control (SQMC), Concrete Quality*

Abstrak

Penelitian ini menganalisis penerapan *Statistical Quality Methods Control* (SQMC) dalam pengendalian mutu beton ready mix pada pekerjaan pile cap. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kesesuaian mutu beton dari komponen struktur yang digunakan dengan yang direncanakan serta menganalisis faktor-faktor yang mungkin menyebabkan mutu beton sesuai atau tidak dengan rencana. Metode penelitian yaitu dengan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimental. Studi ini akan dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Tower 3 Asrama Haji Indramayu yang menggunakan beton ready mix untuk pekerjaan pile cap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata slump beton adalah 11,10 cm, yang masih dalam batas spesifikasi 7,5-15 cm untuk pekerjaan plat, kolom, dan balok. Analisis kuat tekan beton pada umur 14 hari menunjukkan semua sampel memenuhi kriteria Oke dengan persentase kekuatan berkisar antara 91,894% hingga 98,276% dari kuat tekan rencana. Peta kendali X dan R untuk hasil uji kuat tekan 14 hari menunjukkan bahwa semua data berada dalam batas kendali, mengindikasikan proses pengecoran yang terkendali dengan baik. Pemilihan pengujian pada umur 14 hari memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kekuatan akhir beton, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik. Nilai standar deviasi dari hasil kuat lentur yang dikonversi menjadi kuat tekan adalah 0,906, mengindikasikan mutu pelaksanaan yang sangat baik untuk volume pekerjaan >3000 m³. Koefisien variasi sebesar 2,56% menunjukkan kategori pelaksanaan Terbaik. Metode SQMC efektif digunakan untuk pengendalian mutu beton siap pakai yang digunakan pada pekerjaan pile cap, dibuktikan dengan hasil pengujian yang konsisten berada dalam batas kendali.

Kata kunci: Pengendalian mutu, Beton Ready Mix, Pile Cap, *Statistical Quality Methods Control* (SQMC), Kualitas Beton

Diterima Redaksi : 2024-08-02 | Selesai Revisi : 2024-09-11 | Diterbitkan Online : 2025-03-03

1. Pendahuluan

Beton ready mix telah menjadi komponen kunci dalam industri konstruksi modern, terutama dalam pekerjaan

struktur bangunan seperti pile cap. Pile cap merupakan elemen struktural penting yang berfungsi sebagai penghubung antara tiang pancang (*pile*) dan struktur atas



bangunan, sehingga kualitas beton yang digunakan sangat krusial untuk menjamin kekuatan dan durabilitas struktur secara keseluruhan [1], dalam ini pengendalian mutu beton ready mix menjadi aspek vital yang perlu diperhatikan untuk memastikan bahwa beton yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Perkembangan teknologi beton ready mix telah membawa banyak keuntungan dalam industri konstruksi, seperti efisiensi waktu, konsistensi kualitas, dan pengurangan limbah di lokasi proyek [2]. Pengendalian mutu beton ready mix di Indonesia menjadi semakin penting mengingat pesatnya pertumbuhan sektor konstruksi dan infrastruktur. Menurut data Badan Pusat Statistik pada tahun 2023, sektor konstruksi memberikan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional, dengan pertumbuhan rata-rata 6,5% per tahun dalam lima tahun terakhir. Pertumbuhan ini diikuti dengan peningkatan permintaan terhadap beton berkualitas tinggi, terutama untuk proyek-proyek infrastruktur berskala besar seperti gedung bertingkat, jembatan, bendungan, dan bangunan sipil lainnya. Standar Nasional Indonesia (SNI) telah menetapkan berbagai persyaratan terkait mutu beton, termasuk SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Namun, implementasi standar ini di lapangan seringkali menghadapi tantangan, terutama dalam hal konsistensi kualitas dan variabilitas produk [3]. Variasi dalam kualitas bahan baku, proses pencampuran, dan kondisi lingkungan dapat mempengaruhi karakteristik akhir beton, yang pada gilirannya dapat berdampak pada kinerja struktural [4]. Salah satu pendekatan yang efektif dalam mengatasi tantangan pengendalian mutu adalah penggunaan *Statistical Quality Methods Control* (SQMC). Metode ini memungkinkan analisis sistematis terhadap variasi proses produksi dan memberikan alat untuk mengidentifikasi serta mengendalikan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas beton [5]. Penerapan SQMC pada beton ready mix untuk pekerjaan pile cap dapat membantu meningkatkan konsistensi kualitas, mengurangi variabilitas, dan memastikan kepatuhan terhadap spesifikasi yang ditetapkan. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas SQMC dalam berbagai aplikasi industri, termasuk manufaktur dan konstruksi. Studi terkait [6], [7] penerapan metode kontrol statistik dapat meningkatkan kualitas produk beton pracetak secara signifikan. Sementara itu, teknik SQMC untuk menganalisis dan meningkatkan kualitas beton ready mix dalam proyek konstruksi skala besar [8]. Oleh karena itu, penerapan metode pengendalian mutu yang lebih canggih seperti SQMC menjadi semakin relevan. Penggunaan SQMC dalam pengendalian mutu beton ready mix untuk pekerjaan pile cap memiliki potensi untuk memberikan berbagai manfaat. Selain meningkatkan kualitas dan konsistensi produk, metode ini juga dapat membantu mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi biaya akibat kegagalan produk, dan meningkatkan kepuasan pelanggan [9]. Lebih lanjut, implementasi

SQMC dapat mendukung upaya industri konstruksi dalam mencapai pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi pemborosan material dan meningkatkan efisiensi proses produksi. Meskipun demikian, penerapan SQMC dalam pekerjaan beton ready mix untuk pile cap juga menghadapi beberapa tantangan. Kompleksitas proses produksi beton, variabilitas bahan baku, dan pengaruh faktor lingkungan memerlukan pendekatan yang cermat dalam desain dan implementasi sistem pengendalian mutu [10]. Selain itu, diperlukan pemahaman mengenai karakteristik pile cap sebagai elemen struktural untuk mengoptimalkan penggunaan SQMC. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan SQMC dalam pengendalian mutu beton ready mix pada pekerjaan pile cap. Studi ini akan menganalisis kesesuaian mutu beton dari komponen struktur yang digunakan dengan yang direncanakan serta menganalisis faktor-faktor yang mungkin menyebabkan mutu beton sesuai atau tidak dengan rencana. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang potensi dan tantangan penerapan SQMC pada beton ready mix untuk pekerjaan pile cap, serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan praktik terbaik dalam pengendalian mutu di industri konstruksi Indonesia.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimental. Studi ini akan dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Tower 3 Asrama Haji Indramayu yang menggunakan beton ready mix untuk pekerjaan pile cap.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel independen: Komposisi campuran beton, suhu lingkungan, waktu pengiriman

Variabel dependen: Kuat tekan beton, workability (slump), durabilitas

2.3 Metode Pengumpulan Data

- Observasi langsung proses produksi dan pengecoran beton ready mix dengan mutu beton K-300
- Pengujian sampel beton di laboratorium
- Pencatatan data produksi dan quality control

2.4 *Statistical Quality Control* (SQC)

Rumus yang digunakan untuk *Statistical Quality Control* (SQC) [11] adalah:

- Perhitungan Menghitung X rata-rata

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

keterangan:

n = jumlah data

X = jumlah persediaan

- Menghitung Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

keterangan:

σ = Standar deviasi proses

c) Control *Limits* untuk x-Bar Charts

Menggunakan Sample Range sebagai faktor perubahan perhitungan

$$\text{Upper control limits (UCL)} = \bar{X} + Z\sigma_x \quad (3)$$

$$\text{Lower control limits (LCL)} = \bar{X} - Z\sigma_x \quad (4)$$

keterangan:

\bar{x} = Rata-rata (garis tengah)

A2 = Koefisien untuk batas kontrol rata-rata

\bar{R} = Rata-rata (*Range*)

d) Pengambilan sampel dan perhitungan R – Chart

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} \quad (5)$$

keterangan:

\bar{R} = Rata-rata (Garis tengah)

$\Sigma \bar{R}$ = Jumlah rata-rata dari R

n = Banyak sampel

e) Hitung batas pengendali (*control limits*) untuk R-Charts

Upper Control Limit (UCL)

$$\text{UCL} = D4 \cdot \bar{R} \quad (6)$$

Lower Control Limit (LCL)

$$\text{LCL} = D3 \cdot \bar{R} \quad (7)$$

keterangan:

D3, D4 = Koefisien untuk batas kontrol *Range*

\bar{R} = Rata-rata (*Range*)

3. Hasil dan Pembahasan

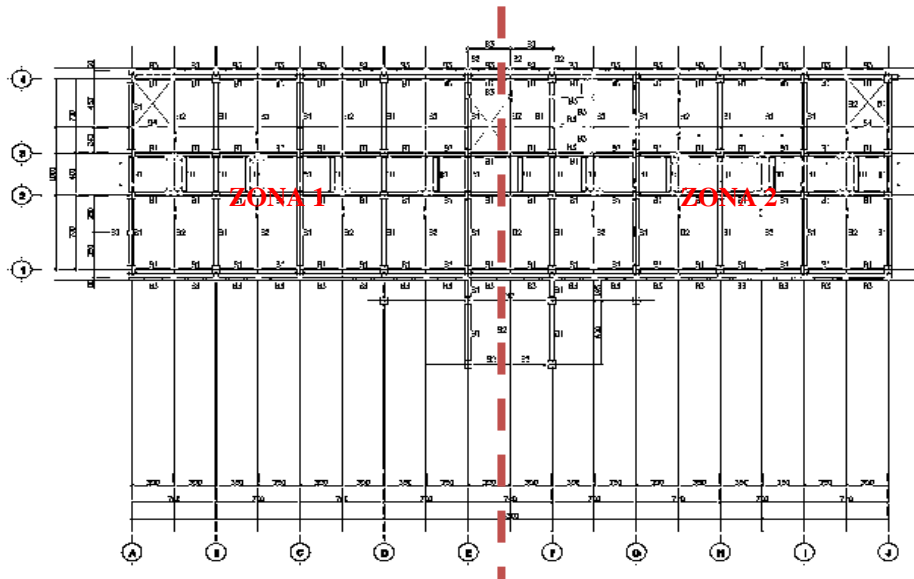
3.1 Data Teknis

Data teknis terkait pembangunan Tower 3 Asrama Haji Indramayu adalah sebagai berikut :

- | | |
|------------------------------|-----------------|
| a. Jumlah Lantai bangunan | : 4 lantai |
| b. Mutu besi Beton Ulir | : BJTS 420 B |
| c. Dimensi Pile cap | |
| P1 | : 2,30 x 2,30 m |
| P2 | : 2,30 x 2,30 m |
| P3 | : 2,30 x 1,55 m |
| P4 | : 1,55 x 1,55 m |
| P5 | : 1,55 x 0,8 m |
| d. Mutu beton Pilecap | : K-300 |
| e. Dimensi Sloof | : 0,3 x 0,6 m |
| f. Mutu beton sloof | : K-300 |
| g. Dimensi kolom pedestal | : 0,6 x 0,7 m |
| h. Mutu beton kolom pedestal | : K-300 |
| i. Dimensi tower crane | : 5 x 5 m |
| j. Mutu beton tower crane | : K-300 |

3.2 Pembagian Zona Pengecoran

Zonasi area pengecoran atau pembagian area pengecoran di bagi menjadi 2 zona yaitu seperti gambar di bawah ini.



Gambar 1. Denah Zonasi Pekerjaan (Dokumen *Method* Pekerjaan Proyek)

Pembagian zona seperti di **Gambar 1** adalah pembagian setiap lantai bangunan. Pada setiap zona dilakukan 1 batch pengecoran, yang di maksud 1 batch adalah 1 kali pengecoran yang dilakukan dengan faktor – faktor pengaruh kuat tekan yang sama. Misalnya cuaca sama, produsen beton yang sama, waktu tempuh yang sama, kelompok pekerja yang sama dan peralatan yang sama.

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i1.942>

Setiap batch (pengecoran ke-n) bisa jadi memiliki total volume pengecoran yang berbeda.

3.3 Pengendalian Mutu Beton Ready Mix dengan SQMC

- a) Analisis Pengendalian Proses Statistik Untuk Hasil Uji Slump

Pengujian mutu beton perlu dilakukan untuk mengetahui mutu beton dalam keadaan segar maupun keras sebagai kebutuhan analisa terhadap pengendalian mutu maupun penerimaan pekerjaan beton. Pada tahap ini pengujian mutu beton dilakukan dengan metode uji *slump* untuk beton segar di lapangan dan pengujian laboratorium dengan metode kuat lentur. Pengujian *slump* dilakukan pada saat selesai membuat campuran. dengan kata lain uji *slump* beton ini untuk mengontrol mutu beton segar dengan cara mengetahui seberapa baik campuran adukan beton tersebut diproduksi di unit. Untuk data *slump* juga dilakukan proses pengendalian statistik dengan menggunakan peta kendali. pengukuran *slump* dilakukan setiap pengecoran dengan jumlah sampel yang tidak sama pada setiap batch pengecoran. Maka dalam pengendalian kualitas statistik ini digunakan peta kendali *Individual and Moving Range* (I-dan MR). Berikut adalah tabel dari hasil uji *slump* beton.

Tabel 1. Hasil Uji Slump

Test Periode	Sample		Rata - rata nilai slump	Ket
	I	II		
1	12,00	11,00	11,50	Oke
2	12,00	10,00	11,00	Oke
3	11,00	10,00	10,50	Oke
4	12,00	10,00	11,00	Oke
5	10,00	11,00	10,50	Oke
6	12,00	11,00	11,50	Oke
7	12,00	11,00	11,50	Oke
8	11,00	10,00	10,50	Oke
9	12,00	11,00	11,50	Oke
10	11,00	10,00	10,50	Oke
11	12,00	11,00	11,50	Oke
12	12,00	11,00	11,50	Oke

Tabel 2. Rata-rata Uji Tekan

Test Periode	Hasil Uji Tekan 28 Hari				(Fc' - Fc'r)	(Fc' - Fc'r) ²
	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa		
1	351,93	35,193	350,82	35,082	0,111	0,0123
2	357,92	35,792	354,71	35,471	0,321	0,103
3	352,22	35,222	350,05	35,005	0,217	0,0471
4	358,05	35,805	359,60	35,96	-0,155	0,024
5	351,93	35,193	350,82	35,082	0,111	0,0123
6	354,57	35,457	358,89	35,889	-0,432	0,1866
7	351,38	35,138	358,11	35,811	-0,673	0,4529
8	355,27	35,527	349,77	34,977	0,55	0,3025
9	350,68	35,068	352,82	35,282	-0,214	0,0458
10	355,27	35,527	351,93	35,193	0,334	0,1116
11	355,27	35,527	349,01	34,901	0,626	0,3919
12	350,82	35,082	353,46	35,346	-0,264	0,0697
13	355,27	35,527	352,14	35,214	0,313	0,098
14	354,23	35,423	355,27	35,527	-0,104	0,0108
15	357,36	35,736	356,10	35,61	0,126	0,0159
16	357,36	35,736	356,10	35,61	0,126	0,0159
17	357,84	35,784	354,30	35,43	0,354	0,1253
18	350,08	35,008	347,39	34,739	0,269	0,0724
19	348,68	34,868	352,64	35,264	-0,396	0,1568
20	347,69	34,769	358,91	35,891	-1,122	1,2589
21	352,21	35,221	356,39	35,639	-0,418	0,1747
rata - rata		35,362		35,37729		3,6884

Pemeriksaan nilai *slump* beton pada **Tabel 1**, dimaksudkan untuk mengetahui konsistensi dan sifat *workability* sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan. Nilai *slump* yang rendah menunjukkan beton tersebut kental sedangkan nilai *slump* yang tinggi menunjukkan bahwa beton tersebut cukup bagus. Berdasarkan tabel di atas nilai *slump* pada pengamatan *slump* test lapangan, diperoleh hasil nilai *slump* 10 ± 2 cm dengan rata rata nilai *slump* yaitu 11,10 dengan Faktor Air Semen (FAS) 0,673, hal ini masih dalam batas spesifikasi di mana untuk pekerjaan Plat, kolom, balok nilai *slump* standarnya 7,5 cm sampai 15 cm, sedangkan untuk pondasi nilai *slump* standarnya 5 cm sampai 12,5 cm dengan nilai *slump* tersebut maka dapat disimpulkan nilai *slump* memenuhi dalam spesifikasi.

- Standar deviasi dan Koefisien Dari Hasil Kuat Tekan Beton
 Berikut merupakan Tabel 2 Rata-rata uji tekan beton:

Perhitungan nilai standar deviasi dan koefisien variasi sebagai klasifikasi mutu dalam pelaksanaan pekerjaan beton sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Rata - Rata} &= \frac{\sum Xi}{n} \\ &= \frac{35,362 + 35,377}{2} \end{aligned}$$

$$= 35,369$$

Standar Deviasi (s) = $\frac{\sqrt{\sum(xi-x)^2}}{n-1}$
 $= \frac{\sqrt{3,688}}{21-1}$
 $= 0,906$

Koefisien Variasi (v) = $\frac{s}{\bar{x}} \times 100$
 $= \frac{0,906}{35,369} \times 100$
 $= 2,56 \%$

Berdasarkan **Tabel 2** dan perhitungan, nilai standar deviasi dari hasil kuat lentur yang telah dikonversikan menjadi kuat tekan didapat 0,906 dengan volume pekerjaan >3000 m³ maka mutu pelaksanaan dikategorikan Sangat baik. Nilai koefisien variasi berdasarkan perhitungan didapatkan nilai sebesar 2,56, maka termasuk dalam kategori Terbaik.

2) Batas Kendali Individu (I-Control Chart)

Tabel 3. Hasil I-Control Chart Slump Test

Test Periode	Number Of Defect		Mean (x)	Range (R)	MR	Mri	\bar{x} (CL)	Batas Kendali \bar{x}		MR (CL)	Batas Kendali R	
	I	II						Lower Control Limit	Upper Control Limit		Lower Control Limit	Upper Control Limit
1	12,00	11,00	11,50	1,00	1,14	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
2	12,00	10,00	11,00	2,00	1,10	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
3	11,00	10,00	10,50	1,00	1,00	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
4	12,00	10,00	11,00	2,00	0,95	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
5	10,00	11,00	10,50	1,00	0,86	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
6	12,00	11,00	11,50	1,00	0,81	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
7	12,00	11,00	11,50	1,00	0,76	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
8	11,00	10,00	10,50	1,00	0,71	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
9	12,00	11,00	11,50	1,00	0,67	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
10	11,00	10,00	10,50	1,00	0,62	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
11	12,00	11,00	11,50	1,00	0,57	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
12	12,00	11,00	11,50	1,00	0,52	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
13	12,00	10,00	11,00	2,00	0,48	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
14	10,00	11,00	10,50	1,00	0,38	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
15	12,00	11,00	11,50	1,00	0,33	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
16	12,00	11,00	11,50	1,00	0,29	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
17	11,00	11,00	11,00	0,00	0,24	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
18	10,00	11,00	10,50	1,00	0,24	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
19	11,00	12,00	11,50	1,00	0,19	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
20	11,00	12,00	11,50	1,00	0,14	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60
21	12,00	10,00	11,00	2,00	0,10	1,05	11,15	8,36	13,94	1,10	0,00	3,60

Batas kendali atas (UCL) = 1,14

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{MR}{d2}$$

Garis tengah:

$$(CL) CL = \bar{X}$$

Batas Kendali bawah :

$$(LCL) LCL = \bar{X} - 3 \frac{MR}{d2}$$

Langkah ke 1:

Menghitung rata-rata nilai x. Berdasarkan perhitungan terhadap hasil observasi maka diketahui jumlah nilai slump ($\sum xi$) = 24 dan jumlah observasi

(n) = 21, maka:

$$\text{Rata-rata } (\bar{R}) = \frac{\sum Xi}{n} = 233,00/21 = 11,10$$

Langkah 2:

menghitung rata-rata nilai MR. Nilai MR (*moving range*) adalah selisih perbedaan antara kedua data yang berdekatan. Misalnya data pertama dan data kedua, data kedua dan data ketiga, data ketiga dan data ke empat, dst. Setelah semua selisih dari data di jumlahkan hasil penjumlahannya di bagi dengan jumlah data-1.

$$\text{Rata-rata } (\bar{MR}) = \frac{\sum MRi}{n-1} = \frac{24}{21-1}$$

Langkah ke 3:

Menghitung batas – batas kendali UCL, CL dan LCL

Garis tengah (CL)

$$CL = \bar{X} = 1,14$$

Batas kendali atas (UCL)

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{MR}{d2}$$

$$UCL = 11,10 + 3 \frac{1,14}{1,128}$$

$$UCL = 12,61$$

Batas Kendali bawah (LCL)

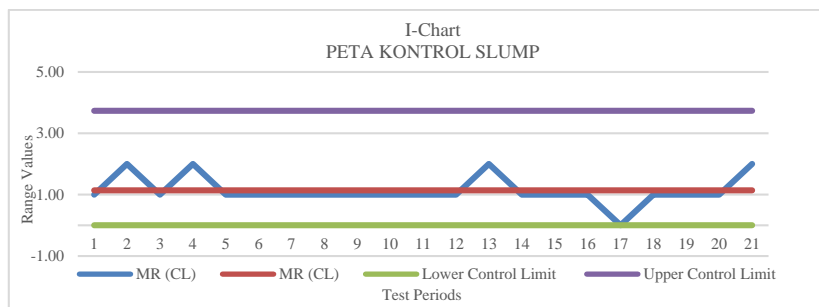
$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{MR}{d2}$$

$$LCL = 11,10 - 3 \frac{0,57}{1,128}$$

$$LCL = 9,58$$

Langkah ke 4:

Menggambar peta kendali dengan cara memplot nilai x (data *slump*) pada masing masing titik sesuai dengan urutan pengambilan sampelnya. Dan memasukan batas-batas kendali yang sebelumnya sudah dihitung.



Gambar 2. Peta Kendali I Untuk Hasil Uji Slump

Batas Kendali Moving Range (*MR-control chart*)

Batas- batas kendali yang digunakan adalah sebagai berikut :

Batas kendali atas (UCL)

$$UCL = D4 \times MR^{-}$$

Garis tengah (CL)

$$CL = MR^{-}$$

Batas Kendali bawah (LCL)

$$LCL = D3 \times MR^{-}$$

Langkah ke 1:

Menghitung rata-rata nilai x. Berdasarkan perhitungan terhadap hasil observasi maka diketahui jumlah nilai slump ($\sum xi$)

$$= 34,95$$

$$\text{jumlah observasi (n)} = 21,$$

$$\text{Rata-rata } (\bar{X}) = \frac{\sum Xi}{n} = 34,95 / 21$$

$$= 1,66$$

Langkah 2:

menghitung rata- rata nilai MR. Nilai MR (*moving range*) adalah selisih perbedaan antara kedua data yang berdekatan. Misalnya data pertama dan data kedua, data

kedua dan data ketiga, data ketiga dan data ke empat, dst. Setelah semua selisih dari data dijumlahkan hasil penjumlahannya di bagi dengan jumlah data-1.

$$\text{Rata-rata } (\bar{R}) = \frac{\sum Ri}{n-1} = \frac{1,66}{21-1} = 1,22$$

Langkah ke 3:

Menghitung batas – batas kendali (UCL, CL dan LCL):

Batas kendali atas (UCL)

$$UCL = D4 \times MR^{-} = 3.267 \times (1,14) = 3,74$$

Garis tengah (CL)

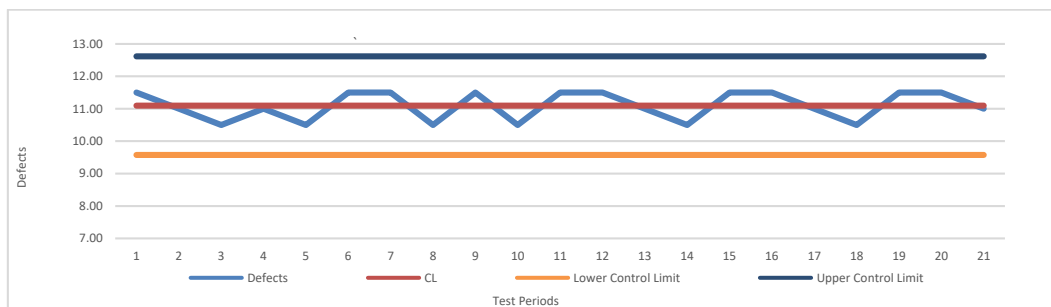
$$CL = MR^{-} = 1,14$$

Batas kendali bawah (LCL)

$$LCL = D4 \times MR^{-} = 0 \times (1,14) = 0,00$$

Langkah ke 4:

Menggambar peta kendali dengan cara memplot nilai x (data slump) pada masing masing titik sesuai dengan urutan pengambilan sampelnya. Dan memasukan batas- batas kendali yang sebelumnya sudah dihitung



Gambar 3. Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump

Pada peta kendali I dan MR yang dihasilkan dari analisa kontrol proses menggunakan peta kendali, didapatkan hasil bahwa untuk peta kendali I terdapat data slump yang berhimpit dengan batas kendali bawah. Hal ini dikarenakan data slump yang sama pada pengendalian proses. Untuk itu diharapkan agar perbaikan proses pengumpulan data dan pengisian pada berita acara pengelasan slump. Penulis menyarankan agar pengumpulan data dilapangan menggunakan dimensi yang lebih spesifik dari cm misalnya menggunakan satuan mm. Dari hasil analisa terhadap trend yang ada pada peta kendali I dan MR dapat diketahui bahwa proses pengecoran pada proyek ini untuk analisa data slump yang ada banyak yang melewati batas peta

kendali. Untuk diagram individual dijelaskan bahwa slump memasuki proses tidak terkendali karena ada beberapa data yang keluar dari control chart. Begitu juga pada peta kendali MR terdapat bebrapa titik yang keluar dari batas kendali. Tetapi untuk hasil uji kuat tekan masih dalam proses terkendali. Untuk itu penulis memberikan saran agar proses pengelasan slump di lapangan dilakukan dengan pengukuran dimensi yang lebih spesifik (satuan mm). Berdasarkan dengan **Tabel 3**, **Gambar 2**, dan **Gambar 3** didapatkan bahwa mutu beton dengan mutu rencana dengan percepatan gravitasi 9,81 m/s² yaitu $f_c' = 249,00 \text{ kg/cm}^2$ (24,9 MPa). Hasil dari sampel slump saat pelaksanaan pada masing-masing uji didapatkan nilai rata rata 11,10,

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i1.942>

dengan evaluasi pada nilai hasil uji dalam penjabaran grafik diatas semua sample tidak ada yang melebihi batas atas dan batas bawah. Dimana pengujian tersebut masih dalam batas kontrol yang baik.

b) Analisis Variabilitas Kuat Tekan Beton

Hasil dari kegiatan produksi beton *ready mix* biasanya mempunyai variasi dalam hal kekuatan tekan, kadar air, slump beton atau nilai mutu lainnya. Hal ini terjadi karena banyak hal dan kondisi yang tidak dapat dikendalikan, yang mempunyai perilaku dan kinerja produksi beton *ready mix* yang sedang ditinjau. Jadi dalam memberikan penilaian terhadap sesuatu, kita harus menyadari adanya penyimpangan. Dalam hal

meihat data, kita berharap akan menjumpai adanya suatu penyimpangan atau dispersi, dan penilaian terhadap kualitas kuat tekan beton digunakan nilai-nilai rata-rata (*average*) dan penyimpangannya. Konsepsi yang umum yang digunakan dalam menilai mutu beton *ready mix* adalah, secara rata-rata nilai kuat tekan beton tersebut memiliki persyaratan dan simpangan yang dimilikinya juga kecil. Pada suatu produksi beton dengan mutu tertentu, terhadap data terdapat dua hal penting yaitu, kinerja keseluruhan dari produksi dan perubahan yang terjadi selama pengukuran. Selanjutnya dengan membuat suatu histogram, dengan mudah dapat dilihat bentuk distribusi data, nilai tengah, dan perilaku penyimpangan dari berbagai ukuran kuat tekan.

Tabel 4. Data Kuat Tekan Beton

No	Sampel	Umur Beton					
		7		14		28	
		kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²	Mpa
1	Pc	227,00	228,57	292,77	291,07	351,93	350,82
2	Pc	219,64	223,23	292,21	290,01	357,92	354,71
3	Pond.TC	224,42	226,64	282,90	289,90	352,22	350,05
4	Lantai 1	223,05	227,30	290,12	288,28	358,05	359,60
5	Lantai 1	225,58	228,52	292,07	281,03	351,93	350,82
6	Pc & S11	225,75	229,22	284,60	292,45	354,57	358,89
7	Pc & S12	221,14	224,90	288,32	293,71	351,38	358,11
8	Lantai 1	224,87	227,33	289,03	282,44	355,27	349,77
9	Lantai 1	225,33	227,79	290,56	294,02	350,68	352,82
10	Kolom	226,86	227,89	291,78	293,89	355,27	351,93
11	Kolom	223,24	224,84	287,13	290,84	355,27	349,01
12	Kolom	220,43	222,98	284,82	288,11	350,82	353,46
13	Kolom & Lantai 2	219,63	221,67	287,92	290,43	355,27	352,14
14	Kolom & Lantai 2	225,12	223,00	294,85	291,38	354,23	355,27
15	Lantai 2	227,28	223,92	290,90	294,23	357,36	356,10
16	Lantai 2	224,83	220,46	287,88	292,34	357,36	356,10
17	Kolom Lantai	218,90	221,56	286,67	289,84	357,84	354,30
18	Lantai 2	223,87	227,33	284,27	287,34	350,08	347,39
19	Lantai 2	219,84	222,55	282,99	290,38	348,68	352,64
20	Lantai 2	219,84	222,55	285,44	287,61	347,69	358,91
21	Lantai 3	227,79	224,23	288,82	291,18	352,21	356,39

Menetapkan Nilai Terendah dan Tertinggi Keseluruhan (Nilai Batas Absolut)

Nilai terendah (Xa) dan tertinggi (Xb) dari semua data umur 7, 14, dan 28 hari.

Umur 7 hari

Nilai terendah = 218,90 kg/cm² (Kolom Lantai)

Nilai tertinggi = 227,79 kg/cm² (Lantai 3)

Umur 14 hari

Nilai terendah = 282,90 kg/cm² (Pond.TC) Nilai

tertinggi = 294,85 kg/cm² (Kolom & Lantai 2)

Umur 28 hari

Nilai terendah = 347,39 kg/cm² (Lantai 2)

Nilai tertinggi = 358,91 kg/cm² (Lantai 2)

Nilai Terendah (Xa) = 218,90 kg/cm² (umur 7 hari)

Nilai Tertinggi (Xb) = 358,91 kg/cm² (umur 28 hari)

Hitung jangkauan (range)

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i1.942>

$$R = Xb - Xa$$

$$= 358,91 - 218,90$$

$$= 140,01$$

Menentukan jumlah kelas data dengan n=21

$$K = 1 + 3,3 \log(n)$$

$$= 1 + 3,3 \log(21)$$

$$K = 1 + 3,3 \times 1,322$$

$$= 1 + 4,3626$$

= 5,3626 ≈ 5,36, Namun, jumlah kelas harus

berupa bilangan bulat, sehingga dibulatkan ke 6.

Menentukan Interval Kelas

$$h = \frac{R}{K}$$

$$= \frac{140,01}{6} = 23,335$$

$$= 23,335$$

c) Analisis Pengendalian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Memilih data kuat tekan beton pada umur 14 hari daripada pada umur 7 hari memiliki beberapa alasan teknis dan praktis yang kuat. Pada umur 14 hari, beton biasanya sudah mencapai sekitar 80-90% dari kekuatan akhirnya, memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kekuatan akhir dibandingkan dengan data pada umur 7 hari yang baru mencapai sekitar 60-70%. Kekuatan beton pada umur 14 hari lebih mendekati kekuatan yang diharapkan pada umur 28 hari, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik terkait dengan kualitas dan keberlanjutan pekerjaan konstruksi. Selain itu, pada umur 7 hari, variabilitas dalam perkembangan kekuatan beton lebih besar karena proses hidrasi semen masih berlangsung signifikan. Memilih data pada umur 14 hari mengurangi risiko kesalahan yang bisa terjadi akibat perbedaan kecil dalam proses hidrasi dan curing. Jika data kuat tekan pada umur 14 hari menunjukkan hasil yang kurang memuaskan,

masih ada waktu untuk melakukan penyesuaian atau tindakan korektif sebelum beton mencapai umur 28 hari, yang tidak bisa dilakukan jika data hanya diambil pada umur 7 hari. Banyak standar dan pedoman industri yang lebih umum menggunakan data pada umur 14 hari sebagai titik evaluasi antara umur 7 hari dan 28 hari, memastikan bahwa data yang digunakan sesuai dengan praktik terbaik dalam industri konstruksi. Pada umur 14 hari, proses curing beton juga sudah lebih stabil dibandingkan pada umur 7 hari, mengurangi variabilitas yang disebabkan oleh faktor-faktor eksternal seperti suhu dan kelembaban, sehingga hasil pengujian lebih dapat diandalkan. Dengan alasan-alasan ini, memilih data kuat tekan beton pada umur 14 hari memberikan keseimbangan yang baik antara memperoleh informasi awal tentang kekuatan beton dan memastikan akurasi dan keandalan data untuk pengambilan keputusan dalam proyek konstruksi.

Tabel 5. Data Kuat Tekan Untuk Peta Kendali X Dan R (14 Hari)

Test Periode	Number Of Defect		Mean (x)	Range (R)	Batas Kendali \bar{x}			Batas Kendali \bar{R}		
	I	II			\bar{x}	Lower Control Limit	Upper Control Limit	\bar{R}	Lower Control Limit	Upper Control Limit
1	292,77	291,07	291,92	1,70	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
2	292,21	290,01	291,11	2,20	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
3	282,90	289,90	286,40	7,00	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
4	290,12	288,28	289,20	1,84	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
5	292,07	281,03	286,55	11,04	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
6	284,60	292,45	288,53	7,85	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
7	288,32	293,71	291,02	5,39	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
8	289,03	282,44	285,74	6,59	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
9	290,56	294,02	292,29	3,46	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
10	291,78	293,89	292,84	2,11	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
11	287,13	290,84	288,99	3,71	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
12	284,82	288,11	286,47	3,29	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
13	287,92	290,43	289,18	2,51	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
14	294,85	291,38	293,12	3,47	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
15	290,90	294,23	292,57	3,33	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
16	287,88	292,34	290,11	4,46	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
17	286,67	289,84	288,26	3,17	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
18	284,27	287,34	285,81	3,07	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
19	282,99	290,38	286,69	7,39	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
20	285,44	287,61	286,53	2,17	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72
21	288,82	291,18	290,00	2,36	289,20	281,32	297,09	4,20	0,00	13,72

Data dikelompokkan berdasarkan batch (pelaksanaan pengecoran). Pada setiap batch diambil dua sample benda uji yang telah di uji laboratorium hasil kuat tekannya, selanjutnya mencari nilai x dari hasil uji Nilai x dari hasil uji di dapatkan dari rata-rata kuat tekan silinder I dan silinder II pada satu batch yang sama.

Contohnya: Untuk batch I di dapatkan hasil kuat tekan laboratorium umur 14 hari terhadap silinder I adalah sebesar 292,77 kg/cm² dan hasil kuat tekan laboratorium terhadap silinder II adalah sebesar 290,01 kg/cm². Maka menghitung rata-ratanya (x) adalah : $= (292,77+290,01) / 2 = 291,39$ kg/cm².

Nilai R didapat dari selisih antara dua benda uji tersebut. Contohnya : Untuk batch I di dapatkan hasil kuat tekan

laboratorium umur 14 hari terhadap silinder I adalah sebesar 292,77 kg/cm² dan hasil kuat tekan laboratorium terhadap silinder II adalah sebesar 290,01 kg/cm². Maka selisih antara 292,77 dan 290,01 adalah 2,76 kg/cm².

Nilai \bar{x} di dapat dari nilai rata-rata seluruh jumlah x yang ada.

Maka nilai $\bar{x} = 289,20$ kg/cm²

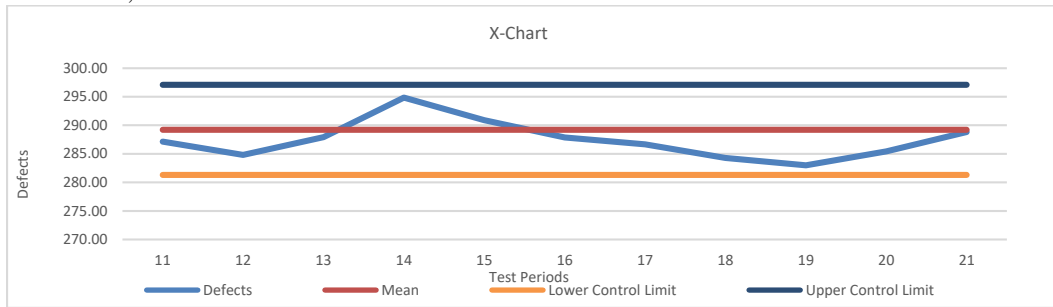
Nilai \bar{R} di dapat dari nilai rata-rata seluruh jumlah x yang ada, Maka nilai $\bar{R} = 1,70$ kg/cm²

Batas Kendali \bar{x}

Dari Tabel di atas diketahui bahwa nilai $\bar{x} = 291,22$ dan $\bar{R} = 1,70$ sehingga batas-batas pengendaliannya adalah sebagai berikut:

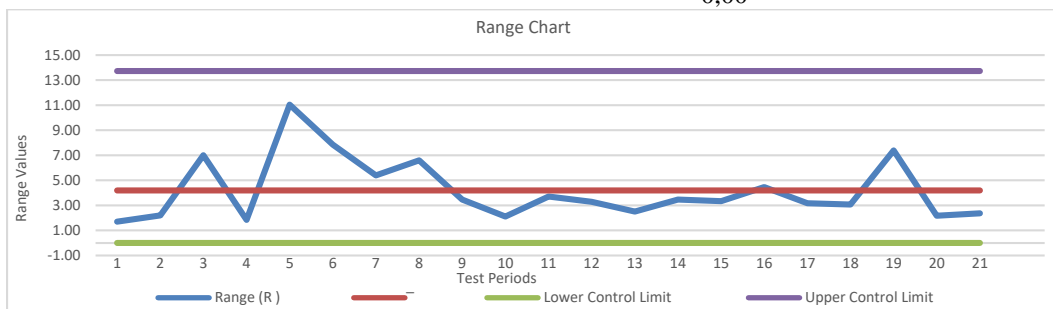
Batas Kendali \bar{x} Garis pusat CL (*control Limit*)

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 289,20 \\ \text{Batas kendali atas UCL (Upper Control Limit)} &= \bar{x} + A2 \bar{R} \\ &= 289,20 + (1,88 \times 1,70) \\ &= 297,09 \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \text{Batas kendali atas LCL (Lower Control Limit)} &= \bar{x} - A2 \bar{R} \\ &= 289,20 - (1,88 \times 1,70) \\ &= 281,32 \end{aligned}$$



Gambar 4. Peta Kendali X Untuk Hasil Uji Kuat Tekan (14 Hari)

$$\begin{aligned} \text{Batas Kendali } \bar{R} &= 4,20 \\ \text{Dari Tabel 4.14 diketahui bahwa nilai } \bar{x} &= 289,20 \text{ dan } \bar{R} \\ &= 4,20, \text{ sehingga batas-batas pengendaliannya adalah} \\ &\text{sebagai berikut:} \\ \text{Batas Kendali } \bar{x} &= 289,20 \\ \text{Garis pusat CL (control Limit)} &= 289,20 \\ \bar{R} &= 4,20 \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \text{Batas kendali atas UCL (Upper Control Limit)} &= D4 \times \bar{R} \\ &= 3,269 \times 4,20 \\ &= 13,72 \\ \text{Batas kendali atas LCL (Lower Control Limit)} &= D3 \times \bar{R} \\ &= 0 \times 4,20 \\ &= 0,00 \end{aligned}$$



Gambar 5. Peta Kendali R Untuk Hasil Uji Kuat Tekan (14 Hari)

Berdasarkan dengan **Tabel 5**, **Gambar 4**, dan **Gambar 5** didapatkan bahwa mutu beton dengan mutu rencana dengan percepatan gravitasi 9,81 m/s² dengan hasil kuat tekan (f_c') beton yang telah di uji didapatkan nilai terbesar yakni 293,12 kg/cm² dan nilai hasil uji tekan terendah sebesar 285,74 kg/cm² pada umur beton 14 hari. Dari hasil analisa terhadap trend yang ada pada peta kendali X dan R dapat diketahui bahwa proses pengecoran pada proyek ini untuk analisa data uji tekan yang tidak ada yang melewati batas peta kendali atas atau pun batas bawah, dimana nilai hasil uji tekan / Defect masih dalam rentang nilai rata – rata (*Control Limit*). Untuk diagram individual dijelaskan bahwa hasil uji tekan memasuki proses yang cukup terkendali karena tidak ada data yang keluar dari control chart. Begitu juga pada peta kendali MR terdapat tidak keluar dari batas kendali.

Tabel 6. Persentase hasil kuat Tekan Beton Umur 14 hari

Test Periode	Fc'(t) (Mpa)	kuat tekan rencana (Fc') (Mpa)	persentase	Keterangan
1	23,89988	24,418707	97,875%	Oke
2	23,83357	24,418707	97,604%	Oke
3	23,44795	24,418707	96,025%	Oke
4	23,67719	24,418707	96,963%	Oke
5	23,46023	24,418707	96,075%	Oke
6	23,62193	24,418707	96,737%	Oke
7	23,82579	24,418707	97,572%	Oke
8	23,39351	24,418707	95,802%	Oke
9	23,93018	24,418707	97,999%	Oke

<i>Test Periode</i>	<i>Fc'(t) (Mpa)</i>	<i>kuat tekan rencana (Fc') (Mpa)</i>	<i>persentase</i>	<i>Keterangan</i>
10	23,9748	24,418707	98,182%	Oke
11	23,65959	24,418707	96,891%	Oke
12	23,45327	24,418707	96,046%	Oke
13	23,67515	24,418707	96,955%	Oke
14	23,99772	24,418707	98,276%	Oke
15	23,95269	24,418707	98,092%	Oke
16	22,43945	24,418707	91,894%	Oke
17	23,59982	24,418707	96,646%	Oke
18	23,39924	24,418707	95,825%	Oke
19	23,47129	24,418707	96,120%	Oke
20	23,45819	24,418707	96,066%	Oke
21	23,74269	24,418707	97,232%	Oke

Analisis pengendalian kuat tekan beton umur 14 hari menunjukkan hasil yang positif dan konsisten. Pemilihan data pada umur 14 hari memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kekuatan akhir beton, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik terkait kualitas dan keberlanjutan pekerjaan konstruksi. Peta kendali X dan R yang dihasilkan menunjukkan bahwa proses pengecoran beton terkendali dengan baik, dengan semua data berada dalam batas kendali yang ditentukan. Kuat tekan beton tertinggi mencapai 293,12 kg/cm², sementara yang terendah adalah 285,74 kg/cm². Analisis persentase kuat tekan beton terhadap kuat tekan rencana juga menunjukkan hasil yang memuaskan, dengan semua sampel memenuhi kriteria "Oke" dan persentase berkisar antara 91,894% hingga 98,276%. Hasil ini mengindikasikan bahwa kualitas beton yang dihasilkan konsisten dan memenuhi standar yang ditetapkan. Penggunaan peta kendali dan analisis statistik dalam pengendalian kualitas beton memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi masalah dan memastikan bahwa produk akhir memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Keberhasilan dalam pengendalian kualitas ini mencerminkan efektivitas proses produksi dan pengawasan yang diterapkan dalam proyek konstruksi tersebut. Kekuatan beton pada umur tertentu terkait dengan kekuatannya pada umur sebelumnya [12], Hubungan ini terlihat dalam analisis ini, di mana kekuatan beton pada umur 14 hari digunakan untuk memprediksi kekuatan akhirnya. Keberhasilan ini mencerminkan efektivitas proses produksi dan pengawasan yang diterapkan dalam proyek konstruksi tersebut

4. Kesimpulan

Kesesuaian mutu beton dengan rencana, hasil uji slump menunjukkan nilai rata-rata 11,10 cm, yang masih dalam batas spesifikasi 7,5-15 cm untuk pekerjaan plat, kolom, dan balok. Analisis kuat tekan beton pada umur 14 hari menunjukkan semua sampel memenuhi kriteria "Oke" dengan persentase kekuatan berkisar antara 91,894% hingga 98,276% dari kuat tekan rencana. Peta kendali X dan R untuk hasil uji kuat tekan 14 hari menunjukkan bahwa semua data berada dalam batas kendali, DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i1.942>

mengindikasikan proses pengecoran yang terkendali dengan baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu beton diantaranya pengendalian statistik yang ketat melalui penggunaan peta kendali I-MR untuk uji slump dan peta kendali X-R untuk uji kuat tekan membantu memastikan konsistensi mutu beton. Pemilihan pengujian pada umur 14 hari memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kekuatan akhir beton, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik. Nilai standar deviasi dari hasil kuat lentur yang dikonversi menjadi kuat tekan adalah 0,906, mengindikasikan mutu pelaksanaan yang sangat baik untuk volume pekerjaan >3000 m³. Koefisien variasi sebesar 2,56% menunjukkan kategori pelaksanaan "Terbaik". Efektivitas penerapan SQMC, Penggunaan peta kendali dan analisis statistik memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi masalah dan memastikan produk akhir memenuhi spesifikasi. Metode SQMC berhasil diterapkan dalam pengendalian mutu beton ready mix untuk pekerjaan pile cap, terbukti dari konsistensi hasil uji yang berada dalam batas kendali.

Daftar Rujukan

- [1] Suhariyanto and S. A, "Evaluasi Mutu Beton Pada Struktur Silo Cement Grinding Plant Cigading," *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 11, No. 1, Pp. 17–20, 2017.
- [2] A. I. Yunus *Et Al.*, *Dasar-Dasar Teknologi Beton*, 1st Ed. Padang: Cv. Gita Lentera, 2024.
- [3] A. Hairuddin, "Analisa Sistem Manajemen Mutu Iso 9001:2015 Pada Proyek Pembangunan Gedung Pusat Pelayanan Haji Dan Umrah Terpadu (Plhut) Kabupaten Jeneponto," *Jurnal Konstruksi: Teknik, Infrastruktur Dan Sains*, Vol. 1, No. 10, Pp. 1–11, 2022.
- [4] P. K. Mehta and P. J. Monteiro, *Concrete: Microstructure, Properties, And Materials*. Mcgraw-Hill Education, 2014.
- [5] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*. John Wiley & Sons, 2019.
- [6] T. Haddad, "Quality Assessment of Concrete Production Using Statistical Process Control (SpC) Techniques," *Proceedings On Engineering Sciences*, Vol. 3, No. 2, Pp. 233–240, 2021.
- [7] M. F. Tchidi, Z. He, And Y. B. Li, "Process and Quality Improvement Using Six Sigma In Construction Industry / Proceso Tobulinimas Ir Kokybės Gerinimas Statybu Sektoriuje Taikant „Šešių Sigma "Metodą" *Journal Of Civil*

- Engineering And Management*, Vol. 18, No. 2, Pp. 158–172, Apr. 2012, Doi: 10.3846/13923730.2012.657411.
- [8] I. Skrzypczak, W. Kokoszka, J. Zięba, A. Leśniak, D. Bajno, and L. Bednarz, “A Proposal of A Method For Ready-Mixed Concrete Quality Assessment Based On Statistical-Fuzzy Approach,” *Materials*, Vol. 13, No. 24, P. 5674, Dec. 2020, Doi: 10.3390/Ma13245674. [11]
- [9] J. S. Oakland, *Statistical Process Control*. Routledge, 2007. Doi: 10.4324/9780080551739. [12]
- [10] D. Sarkar and B. Bhattacharjee, “Design And Application ff Multivariate Cusum for Quality Monitoring of Ready Mixed Concrete,” *International Journal of Quality Engineering And Technology*, Vol. 4, No. 2, P. 161, 2014, Doi: 10.1504/Ijqtet.2014.060428.
- R. L. Ott and M. Longnecker, *Statistical Methods & Data Analysis*, 7th Ed. Cengage Learning, 2016.
- F. Yusmar, R. Damara, and N. Sandra, “Evaluasi Mutu Material Pekerjaan Struktur Atas Proyek Tower X Berdasarkan SNI 2847 2019 Dan SNI 2052 2017,” *Cived*, Vol. 10, No. 1, Pp. 661–670, 2023.