

APPLICATION OF SIX SIGMA IN QUALITY CONTROL OF READY MIX CONCRETE AT PT. VARIA OF BSP BREBES CONCRETE BUSINESSES

Nuraziz Rois Mabru¹ Tofik Hidayat²

^{1,2}Universitas Pancasakti Tegal

Jl. Halmahera KM 01, Kelurahan Mintaragen, Kec. Tegal Timur, Tegal

Dosen Teknik Universitas Pancasakti Tegal

email: nurazizrois@gmail.com¹, tofik.hdt@gmail.com²

ABSTRACT

Pt. Varia Of Bsp Brebes Concrete Businesses faces challenges in maintaining the quality of ready mix concrete even though it already has ISO 9001:2008 certification. The main problem faced is the mismatch between production results and specifications, especially in the compressive strength and slump test values of concrete. To overcome this, the company applies the Statistical Process Control (SPC) method, which uses quality control tools such as histograms, scatter diagrams, cause-effect diagrams and control charts. The aim of implementing SPC is to control the quality of ready mix concrete production, especially the K-300 NFA quality. Quality control is carried out in various aspects, such as raw materials, kneading process, and use of tools. The control process includes sampling and testing to ensure the resulting concrete meets the specified specifications. In this way, Pt. Varia Of Bsp Brebes Concrete Businesses strives to improve production results so that they comply with the desired standards. The results of this research state that the implementation of statistical process control is effective in the implementation of replacing cement from 378 kg/cm³ to 358 kg/cm³, Fine Aggregate from 948 kg/cm³ to 968 kg/cm³ and the water/cement factor from 0.50 to 0.53 resulting in a slump value from 6 - 10 cm to 8 -12 cm and a compressive strength value from 308,703 - 356,598 MPa to 300,648 - 330,893 MPa resulting in changes to the K-300 mix design NFA. which means that the mix design change stage has succeeded in achieving the designed specifications.

Keywords: Ready mix concrete, Mix design, Concrete quality, Statistical process control.

ABSTRAK

PT. Varia Usaha Beton BSP Brebes menghadapi tantangan dalam menjaga kualitas beton *ready mix* meskipun sudah memiliki sertifikasi ISO 9001:2008. Masalah utama yang dihadapi adalah ketidakcocokan antara hasil produksi dengan spesifikasi, khususnya dalam nilai kuat tekan dan nilai slump test beton. Untuk mengatasi hal ini, perusahaan menerapkan metode *Statistical Process Control (SPC)*, yang menggunakan alat pengawasan kualitas seperti histogram, diagram pencar, diagram sebab-akibat, dan diagram kendali. Tujuan dari implementasi SPC adalah untuk mengontrol kualitas produksi beton *ready mix*, khususnya pada mutu K-300 NFA. Pengendalian kualitas dilakukan pada berbagai aspek, seperti bahan baku, proses pengadonan, dan penggunaan alat. Proses pengendalian meliputi pengambilan sampel dan pengujian untuk memastikan beton yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Dengan cara ini, PT. Varia Usaha Beton BSP Brebes berupaya untuk memperbaiki hasil produksi agar sesuai dengan standar yang diinginkan. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa implementasi *statistical process control* efektif dalam penerapan mengganti Semen bermula 378 kg/cm³ menjadi 358 kg/cm³, Agregate Halus dari 948 kg/cm³ menjadi 968 kg/cm³ dan faktor air/semen dari 0.50 menjadi 0.53 sehingga menghasilkan nilai slump dari 6 - 10 cm menjadi 8 -12 cm dan nilai kuat tekan dari 308.703 - 356.598 MPa menjadi 300.648 - 330.893 MPa sehingga timbul perubahan atas *mix design* K-300 NFA. yang berarti tahap perubahan *mix design* berhasil mencapai spesifikasi yang dirancang.

Kata kunci : Beton *ready mix*, Mix design, Mutu beton, *Statistical proses control*.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pada dunia industri dari segi manufaktur telah berkembang dengan pesat pada era globalisasi saat ini, sehingga menyebabkan persaingan pada perusahaan manufaktur. Perkembangan ini tentu harus selalu dilakukan dan ditingkatkan oleh setiap perusahaan manufaktur agar produk yang di hasilkan tetap terjaga kualitasnya sehingga tidak kalah saing dari perusahaan kompetitornya. Hal inilah yang selalu mendorong perusahaan untuk selalu memperhatikan dan melakukan perbaikan demi menjaga kualitas pada produk yang dihasilkan karena setiap konsumen selalu menginginkan produk dengan kualitas tinggi, sedangkan perusahaan juga ingin mendapatkan keuntungan yang lebih banyak. Kualitas produk merupakan hal yang dianggap sangat penting bagi perusahaan karena ini dapat meningkatkan nilai perusahaan pada pangsa pasar. (Faturochman et al., 2020)

Permintaan beton di Indonesia, khususnya untuk sektor infrastruktur, semakin meningkat seiring dengan pembangunan yang pesat. Dalam konteks ini, kualitas produk menjadi sangat penting, dengan dua aspek utama: manajerial operasional dan manajerial pemasaran. Dari sisi manajerial operasional, kualitas produk menjadi strategi utama untuk memperkuat daya saing dan memberikan kepuasan pelanggan, sementara dari sisi pemasaran, produk berkualitas dapat meningkatkan penjualan dan memperluas pangsa pasar perusahaan. Produk dikategorikan berkualitas tinggi jika bebas dari cacat, dan kualitas menjadi nilai utama bagi konsumen, baik dalam produk barang maupun jasa. Dalam hal ini, *Six Sigma*, sebagai metodologi untuk perbaikan kualitas produk, menempatkan kepuasan konsumen sebagai prioritas utama. Penerapan *Six Sigma* bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan menciptakan nilai bagi konsumen, yang pada gilirannya akan meningkatkan daya saing dan performa perusahaan.

Beton semakin populer sebagai material utama dalam pembangunan struktur sipil karena kekuatan, ketahanan, dan elastisitasnya yang sangat baik. Untuk memastikan kualitas beton yang dihasilkan, penting dilakukan pengawasan dan analisis yang tepat. Pengembangan sistem manajemen kualitas yang efektif diperlukan agar produk beton sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan. Dalam hal ini, penerapan konsep *Six Sigma* sangat penting untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas sistem manajemen, serta memastikan kualitas produk beton.

Perusahaan beton *ready mix* yang mengadopsi *Six Sigma* dapat lebih mudah membuktikan mutu produknya, yang pada gilirannya akan membantu meningkatkan pangsa pasar dan daya saing perusahaan. (Konsep & Sigma, 2004)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Varia Usaha Beton BSP Brebes yang berfokus pada kesesuaian mutu beton siap pakai. Metode penelitian yang digunakan antara lain: (1) Observasi untuk mengumpulkan data spesifikasi produk, tanggal pengecoran, uji kuat tekan, uji slump, dll; (2) Wawancara dengan pejabat terkait untuk memperoleh informasi yang tidak ada di arsip perusahaan; (3) Dokumentasi untuk mengidentifikasi permasalahan pada beton melalui data sekunder. *Six Sigma* diterapkan sebagai metode pengendalian mutu dengan lima proses analisis: *define, measure, analyze, improve, dan control*. PT. Varia Usaha Beton memproduksi sekitar 300 m³ beton per hari dengan berbagai mutu, dan kualitas produk yang konsisten sangat penting untuk menjaga kepercayaan pelanggan.

Statistical Process Control (SPC) atau Pengendalian Kualitas Statistik digunakan untuk memonitor dan mengendalikan kualitas suatu proses melalui analisis data statistik. *Upper Control Limit (UCL)* adalah batas maksimum yang diizinkan dalam sebuah proses yang terkontrol, sedangkan *Lower Control Limit (LCL)* adalah batas minimum yang dapat diterima. *Control Chart* (grafik kontrol) digunakan untuk memantau karakteristik variabel proses, seperti berat, tinggi, atau volume, dengan tujuan menjaga agar proses tetap stabil dan dalam pengendalian. Dalam pengendalian proses statistik (*SPC*), rumus yang digunakan adalah :

X-Bar

1. *CL (Center Line) X-Bar*

$$CL = X = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

Keterangan :

x : Rata-rata

n : Jumlah sampel

2. *UCL (Upper Control Limit) dan LCL (Lower Control Limit)*

$$UCL = X + 3 \left(\frac{R}{d2} \right) \quad (2)$$

$$LCL = X - 3 \left(\frac{R}{d2} \right) \quad (3)$$

Keterangan :

x : Rata-rata

R : Range

d2 : Standar deviasi

R-Bar

1. *CL (Center Line) Range*

$$CL = R = \frac{\sum R}{n - 1} \quad (4)$$

Keterangan :

R : Rata-rata

n : Jumlah sampel

2. *UCL (Upper Control Limit) dan LCL (Lower Control Limit)*

$$UCL = D4 \times R \quad (5)$$

$$LCL = D3 \times R \quad (6)$$

Keterangan :

R : Range

D4 : Standar Deviasi

D3 : Standar Deviasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. Varia Usaha Beton BSP Brebes memproduksi beton siap pakai dengan volume rata-rata 300 m³ per hari. Mutu produk menjadi faktor utama dalam menjaga kepercayaan pelanggan, sehingga perusahaan fokus untuk mempertahankan kualitas produk secara konsisten.

Tabel 1 Spesifikasi Sesuai SNI 2847 – 2013

No.	Karakteristik Mutu	Spesifikasi Mutu	Rata-rata
1	Nilai Kuat Tekan	300 Mpa	315 Mpa
2	Nilai Slump Test	8 - 12 cm	10 cm

3.1 Deskripsi data

Data yang di analisis adalah data pada November 2023 sampai Maret 2024.

Tabel 2 Penyajian Data Kuat Tekan Beton

MUTU : 300 / BSP3104 - BSP K-300 NFA SLUMP 8-12			
No	Tanggal Pengukuran	Kuat Tekan Hasil pengukuran	Slump
1	04/11/2023	323.17	10
2	06/11/2023	329.27	10
3	08/11/2023	341.84	7
4	11/11/2023	342.50	8
5	12/11/2023	332.40	7
6	14/11/2023	333.17	7
7	16/11/2023	332.40	7
8	19/11/2023	326.24	10
9	20/11/2023	321.44	10
10	23/11/2023	348.45	6
11	25/11/2023	342.50	7
12	02/12/2023	332.40	9
13	04/12/2023	326.24	10
14	07/12/2023	326.65	10

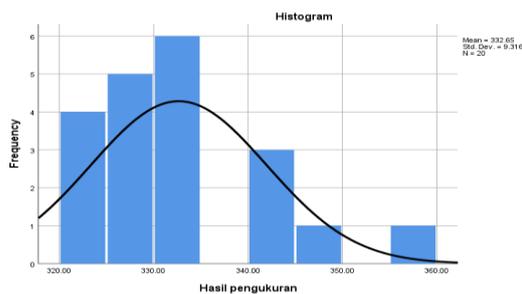
15	09/12/2023	323.17	10
16	12/12/2023	356.19	6
17	14/12/2023	326.24	10
18	16/12/2023	323.17	10
19	19/12/2023	332.40	8
20	25/12/2023	333.17	8

Data pada Tabel di atas merupakan data yang melebihi spesifikasi yang telah di tentukan oleh Perusahaan. Spesifikasi yang telah di tentukan perusahaan yaitu pada Batas Atas atau *UCL* 330 kg/cm², Sedangkan untuk Batas Bawah atau *LCL* 300 kg/cm².

3.2 Analisa Histogram

Pada tahap ini untuk memahami data, data ini akan diolah menggunakan histogram dan peta kendali. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman data yang ada.

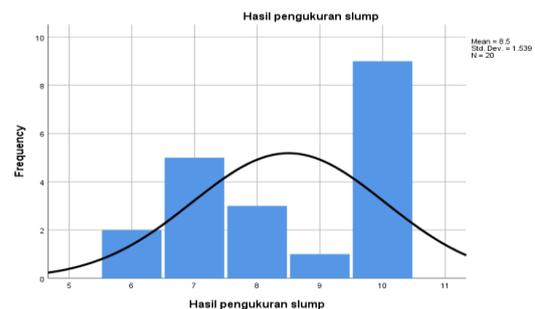
➤ Histogram Hasil kuat tekan



Gambar 1 Histogram dari data kuat tekan

Histogram kuat tekan beton menunjukkan rata-rata 332,65 cm, yang meskipun tidak melebihi LCL, tetapi terlalu jauh dari batas spesifikasi. Perlu perbaikan untuk mendekati rata-rata ke spesifikasi dan mengurangi variasi.

➤ Histogram Hasil Slump



Gambar 2 Histogram dari data Slump

Hasil pengujian slump beton menunjukkan mayoritas data terpusat di sekitar nilai rata-rata 8.5 cm dengan sebaran yang padat. Meskipun demikian, nilai ini belum memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan.

3.3 Membuat Bagan Kendali X – R

Dari tabel 2 hasil pengukuran pada kuat tekan beton *ready mix* (kg/cm²) selanjutnya ditentukan nilai “X dan R”, Batas Atas (*UCL*), Nilai bawah (*LCL*) pada keseluruhan data yang telah dikumpulkan.

Tabel 3 Data kuat tekan beton untuk bagan kendali

MUTU : 300 / BSP3104 - BSP K-300 NFA SLUMP 8-12					
No	TGL Pengukuran	Kuat Tekan Hasil pengukuran	Slump	X Bar	R Bar
1	04/11/2023	323.17	10	323.17	-
2	06/11/2023	329.27	10	329.27	6.100
3	08/11/2023	341.84	7	341.84	12.570
4	11/11/2023	342.50	8	342.50	0.660
5	12/11/2023	332.40	7	332.40	10.100
6	14/11/2023	333.17	7	333.17	0.770
7	16/11/2023	332.40	7	332.40	0.770
8	19/11/2023	326.24	10	326.24	6.160
9	20/11/2023	321.44	10	321.44	4.800
10	23/11/2023	348.45	6	348.45	27.010
11	25/11/2023	342.50	7	342.50	5.950
12	02/12/2023	332.40	9	332.40	10.100

13	04/12/2023	326.24	10	326.24	6.160
14	07/12/2023	326.65	10	326.65	0.410
15	09/12/2023	323.17	10	323.17	3.480
16	12/12/2023	356.19	6	356.19	33.020
17	14/12/2023	326.24	10	326.24	29.950
18	16/12/2023	323.17	10	323.17	3.070
19	19/12/2023	332.40	8	332.40	9.230
20	25/12/2023	333.17	8	333.17	0.770
Total				6653.01	171.08

Perhitungan bagan kendali X sebagai berikut:

X” Control Chart

$$CL = X = \frac{\sum x}{n}$$

$$= 6653.01/20$$

$$= 332.651 \text{ kg/cm}^2$$

$$UCL = X + 3 \left(\frac{R}{d2} \right)$$

$$= 332.651 + 3 \times (9.004/1.128)$$

$$= 356.5978684 \text{ kg/cm}^2$$

$$LCL = X - 3 \left(\frac{R}{d2} \right)$$

$$= 332.651 - 3 \times (9.004/1.128)$$

$$= 308.7031316 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan bagan kendali R sebagai berikut:

R” Control Chart

$$CL = R = \frac{\sum R}{\sum n-1}$$

$$= 171.08/(20-1)$$

$$= 9.004 \text{ kg/cm}^2$$

$$UCL = D4 \times R$$

$$= 3.267 \times 9.004$$

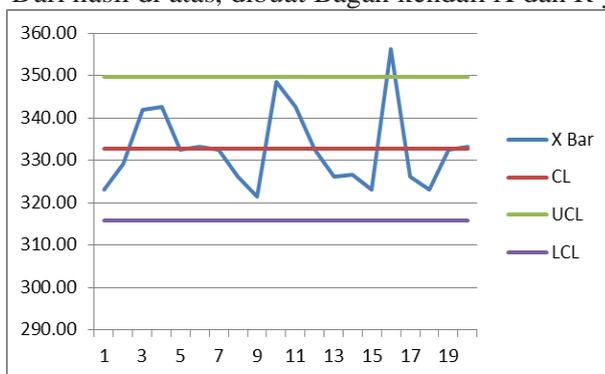
$$= 29.417 \text{ kg/cm}^2$$

$$LCL = D3 \times R$$

$$= 0 \times 9.004$$

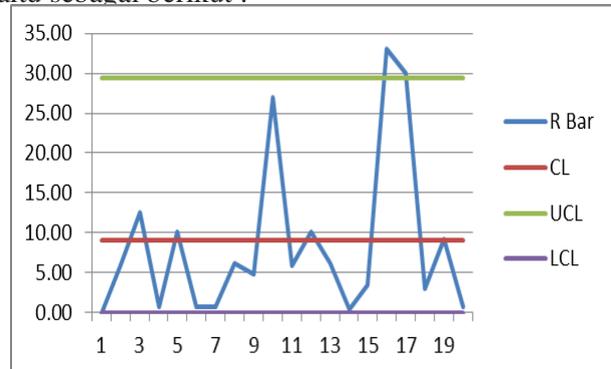
$$= 0 \text{ kg/cm}^2$$

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



Gambar 3 Bagan Kendali X

Bagan kendali X kuat tekan beton menunjukkan bahwa ada sample beton yang melebihi batas atas (UCL) yang telah ditentukan oleh perusahaan maka diperlukan tindakan perbaikan.



Gambar 4 Bagan Kendali R

Bagan kendali R kuat tekan beton menunjukkan bahwa ada sample beton yang melebihi batas atas (UCL) yang telah ditentukan oleh perusahaan maka diperlukan tindakan perbaikan.

Analisis Critical-To-Quality (CTQ) dan Sigma Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Perusahaan

Perusahaan menetapkan dua batas spesifikasi untuk kuat tekan beton ready mix: Batas Atas (UCL) 330 kg/cm² dan Batas Bawah (LCL) 300 kg/cm², guna mencegah produksi beton dengan kuat tekan terlalu tinggi yang bisa merugikan perusahaan dan tidak sesuai dengan permintaan pelanggan. Data pengukuran kuat tekan beton tercatat dalam tabel 2.

3.4 Menyusun Hipotesa

Analisis proses menunjukkan bahwa kualitas beton yang melebihi ketentuan disebabkan oleh variasi yang besar, yang dapat diatasi dengan menguranginya. Penyebab variasi diidentifikasi menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone*) dan klarifikasi proses

produksi. Hasil diskusi dengan Departemen *Quality Control* mengungkapkan bahwa faktor yang paling signifikan adalah *mix design* (Tabel 4), dengan faktor air/semen sebagai penyebab utama variasi. Pada pengujian slump, variasi slump berkisar antara 6 cm hingga 10 cm, sehingga nilai slump diperbesar untuk mendekati hasil dengan mutu yang direncanakan (Gambar 5). Perubahan nilai slump mengubah faktor air/semen, yang mempengaruhi *mix design* beton K 300 NFA agar memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

3.5 Menguji Hipotesa

Berdasarkan hipotesis, faktor air/semen diduga menyebabkan kuat tekan beton yang tinggi. Untuk menguji hipotesis tersebut, data dianalisis menggunakan diagram pencar (*scatter plot*) untuk mempelajari hubungan antara dua variabel, yaitu *Slump Test* (X) sebagai variabel penyebab dan kuat tekan beton (Y) sebagai akibat. Diagram pencar ini digunakan untuk mengidentifikasi korelasi antara nilai slump dan kuat tekan beton.



Gambar 5 Diagram Pancar Nilai Kuat Tekan vs Nilai Slump

Pada produksi beton *ready mix*, perbedaan kuat tekan dan slump sering melebihi batas spesifikasi, yang dapat disebabkan oleh pengawasan yang kurang atau faktor lain yang sulit dikendalikan. Untuk menjaga mutu beton, salah satu solusi adalah menyesuaikan rasio air-semen, dengan mengubah rentang nilai slump dari 6 cm - 10 cm menjadi 8 cm - 12 cm, agar beton tetap memenuhi standar yang ditetapkan perusahaan.

3.6 Tindakan Perbaikan

Mutu beton *ready mix* melebihi spesifikasi yang ditentukan, sehingga perlu dilakukan perbaikan dalam proses produksi. Hipotesa slump diubah dari 6-10 cm menjadi 8-12 cm untuk mencegah hasil melebihi batas spesifikasi. Selain itu, faktor air/semen diubah untuk menyesuaikan *mix* proporsi agar hasil produksi mendekati spesifikasi mutu. Faktor air/semen pada *mix design* PT. Varia Usaha Beton Bsp Brebes diubah dari 0,50 menjadi 0,53. Sebelum penerapan proporsi campuran baru, perlu dilakukan pemeriksaan melalui trial untuk memastikan hasilnya. Berikut ini *mix* proporsi beton sebelum perbaikan dan setelah perbaikan:

Tabel 4 Mix Proporsi Beton 1 m³
Sebelum Perbaikan dan Setelah perbaikan

Mix Proporsi	Sebelum Perbaikan	Setelah perbaikan
Klasifikasi Mutu	K300	K300
Slump cm	8 +/- 2	10 +/- 2
Maksimum Aggregate mm	35	35
Perbandingan, Air/ Sementitious (Fas)	0.50	0.53
Semen kg/m ³	378	358
Fly Ash kg/m ³	0	0
Air kg/m ³	190	190
Aggregat Kasar kg/m ³		
10 20	500	500
20-30	383	383

Agregate Halus	kg/m ³	948	968
Admixture	liter/m ³	1.07	1.07

Untuk Memastikan apakah upaya untuk perbaikan sudah tercapai memenuhi atau tidak kemudian perlu ambil data sesudah perbaikan lalu ditunjukkan melalui mengolah data menggunakan histogram dan peta kendali. Berikut data pada bulan Januari – Maret 2024.

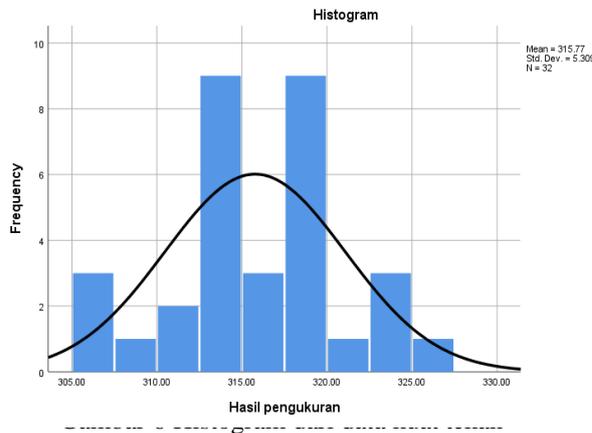
Tabel 5 Penyajian Data Kuat Tekan Beton
MUTU : 300 / BSP3104 - BSP K-300 NFA SLUMP 8-12

No	Tgl Pengukuran	Uji kuat tekan hasil pengukuran	Slump
1	04/01/2024	319.70	9
2	05/01/2024	319.70	9
3	05/01/2024	323.17	8
4	12/01/2024	305.80	12
5	12/01/2024	312.75	11
6	18/01/2024	305.80	12
7	18/01/2024	312.75	11
8	19/01/2024	305.79	12
9	19/01/2024	313.91	11
10	25/01/2024	319.70	10
11	26/01/2024	321.44	8
12	01/02/2024	309.27	12
13	02/02/2024	312.75	11
14	08/02/2024	319.70	10
15	09/02/2024	314.49	11
16	15/02/2024	326.65	8
17	16/02/2024	323.17	8
18	22/02/2024	312.75	11
19	23/02/2024	316.22	10
20	29/02/2024	323.17	8
21	29/02/2024	319.70	10
22	01/03/2024	319.37	10
23	07/03/2024	312.74	11
24	08/03/2024	312.75	11
25	14/03/2024	317.71	9
26	15/03/2024	313.99	11
27	15/03/2024	311.09	11
28	21/03/2024	315.23	11
29	21/03/2024	317.71	10
30	22/03/2024	311.09	11
31	28/03/2024	319.37	9
32	29/03/2024	315.23	10

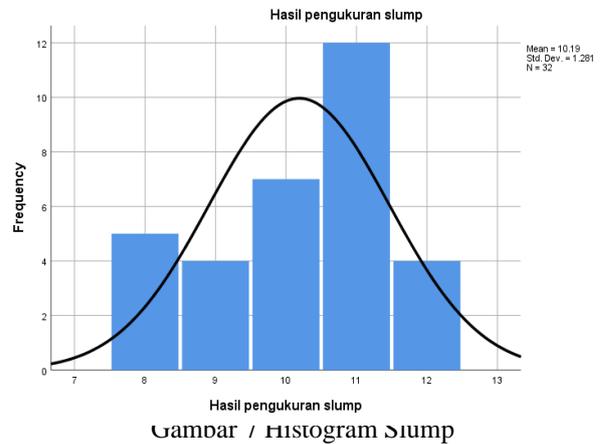
3.7 Analisa Histogram

Pada bagian mempertimbangkan data ini, Untuk membuat data lebih mudah dipahami, proses pengolahan akan menggunakan peta kendali dan histogram.

➤ Histogram Hasil Kuat tekan



➤ Histogram Slump



Histogram dengan 32 data menunjukkan rata-rata kuat tekan beton sebesar 315,77 MPa, yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Kesimpulannya, mutu kuat tekan beton sesuai dengan spesifikasi.

Histogram dengan 32 data menunjukkan bahwa nilai rata-rata slump sebesar 10,19 cm, yang menunjukkan penyebaran data memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Dengan demikian, perubahan pada faktor air dan semen berhasil memenuhi spesifikasi perusahaan, yaitu 10 ± 2 cm.

3.8 Membuat Bagan Kendali X – R

Dari tabel 5 hasil pengukuran pada kuat tekan beton ready mix (kg/cm^2) selanjutnya ditentukan nilai “X dan R”, Batas Atas (*UCL*), Nilai bawah (*LCL*) pada keseluruhan data yang dikumpulkan.

Tabel 6 Tabel data kuat tekan untuk bagan kendali

MUTU : 300 / BSP3104 - BSP K-300 NFA SLUMP 8-12					
No	Tgl Pengukuran	Uji kuat tekan hasil pengukuran	Slump	X Bar	R Bar
1	04/01/2024	319.70	9	319.70	-
2	05/01/2024	319.70	9	319.70	0
3	05/01/2024	323.17	8	323.17	3.47
4	12/01/2024	305.80	12	305.80	17.37
5	12/01/2024	312.75	11	312.75	6.95
6	18/01/2024	305.80	12	305.80	6.95
7	18/01/2024	312.75	11	312.75	6.95
8	19/01/2024	305.79	12	305.79	6.96
9	19/01/2024	313.91	11	313.91	8.12
10	25/01/2024	319.70	10	319.70	5.79
11	26/01/2024	321.44	8	321.44	1.74
12	01/02/2024	309.27	12	309.27	12.17
13	02/02/2024	312.75	11	312.75	3.48

14	08/02/2024	319.70	10	319.70	6.95
15	09/02/2024	314.49	11	314.49	5.21
16	15/02/2024	326.65	8	326.65	12.16
17	16/02/2024	323.17	8	323.17	3.48
18	22/02/2024	312.75	11	312.75	10.42
19	23/02/2024	316.22	10	316.22	3.47
20	29/02/2024	323.17	8	323.17	6.95
21	29/02/2024	319.70	10	319.70	3.47
22	01/03/2024	319.37	10	319.37	0.33
23	07/03/2024	312.74	11	312.74	6.63
24	08/03/2024	312.75	11	312.75	0.01
25	14/03/2024	317.71	9	317.71	4.96
26	15/03/2024	313.99	11	313.99	3.72
27	15/03/2024	311.09	11	311.09	2.9
28	21/03/2024	315.23	11	315.23	4.14
29	21/03/2024	317.71	10	317.71	2.48
30	22/03/2024	311.09	11	311.09	6.62
31	28/03/2024	319.37	9	319.37	8.28
32	29/03/2024	315.23	10	315.23	4.14
			Total	10104.66	176.27

- Perhitungan bagan kendali X sebagai berikut :

X” Control Chart

$$CL = X = \frac{\sum x}{n}$$

$$= 10104.66/32$$

$$= 315.77 \text{ kg/cm}^2$$

$$UCL = X + 3 \left(\frac{R}{d_2} \right)$$

$$= 315.77 + 3 \times (5.686/1.128)$$

$$= 330.893 \text{ kg/cm}^2$$

$$LCL = X - 3 \left(\frac{R}{d_2} \right)$$

$$= 315.77 - 3 \times (5.686/1.128)$$

$$= 300.648 \text{ kg/cm}^2$$

- Perhitungan bagan kendali R sebagai berikut:

R” Control Chart

$$CL = R = \frac{\sum R}{\sum n - 1}$$

$$= 176.27/(32-1)$$

$$= 5.686 \text{ kg/cm}^2$$

$$UCL = D_4 \times R$$

$$= 3.267 \times 5.686$$

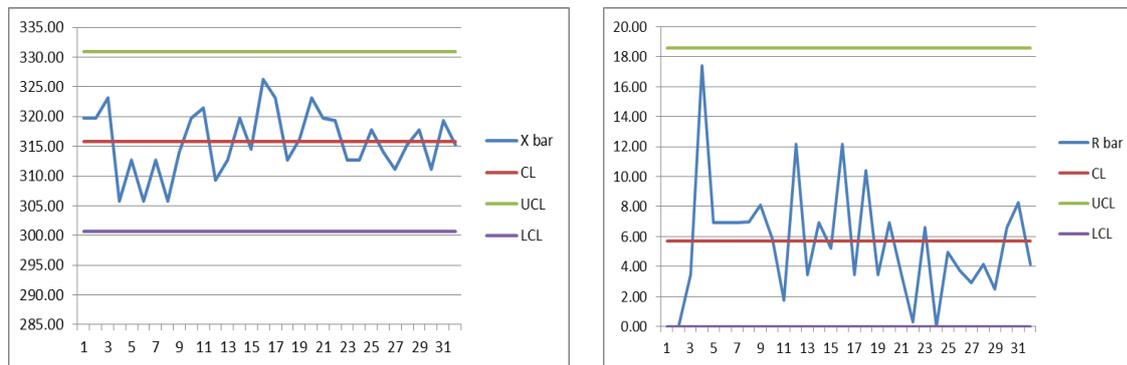
$$= 18.5766 \text{ kg/cm}^2$$

$$LCL = D_3 \times R$$

$$= 0 \times 5.686$$

$$= 0 \text{ kg/cm}^2$$

- Dari hasil pengolahan di atas, dihasilkan Bagan kendali X dan R yaitu sebagai Berikut :



Gambar 8 Bagan Kendali X

Bagan Kendali X menunjukkan bahwa sample beton dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Bagan Kendali R menunjukkan bahwa sample beton dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Analisis *Critical-To-Quality (CTQ)* dan Sigma Kuat Tekan Beton Ditinjau dari Sisi Perusahaan

Analisa *CTQ (Critical to Quality)* dan Six Sigma pada kuat tekan beton mengacu pada dua batas spesifikasi yang ditentukan perusahaan, yaitu *Upper Control Limit (UCL)* dan *Lower Control Limit (LCL)*. Perusahaan menetapkan batasan untuk memastikan kuat tekan beton ready mix tidak melebihi atau kurang dari spesifikasi yang diinginkan. Kuat tekan beton yang lebih tinggi dari batas atas (330 kg/cm^2) dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan, sementara kuat tekan yang lebih rendah dari batas bawah (300 kg/cm^2) tidak memenuhi harapan konsumen. Pengukuran baseline kinerja mengacu pada dua batas spesifikasi ini, dengan *LCL* 300 kg/cm^2 dan *UCL* 330 kg/cm^2 . Data kuat tekan beton yang diukur menunjukkan bahwa nilai-nilai tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan perusahaan.

4. KESIMPULAN

Penerapan pengendalian proses statistik (*SPC*) pada mutu beton di PT Variasi Usaha Beton Bsp Brebes menggunakan enam alat pengendalian (*Six Tools Controls*), yaitu: Alat yang digunakan sebelum perbaikan meliputi check sheet, histogram, dan peta kontrol untuk mengidentifikasi masalah; fishbone untuk mencari sumber masalah; serta diagram pencar untuk menentukan faktor yang mempengaruhi tindakan perbaikan. Alat yang digunakan setelah perbaikan meliputi histogram dan peta kendali untuk mengevaluasi hasil, serta flowchart untuk menghindari hambatan.

Tahap perbaikan dilakukan dengan mengganti faktor air/semen dari 0,50 menjadi 0,53, yang mengubah nilai slump dari 6-10 cm menjadi 8-12 cm dan kuat tekan dari 308,703–356,598 MPa menjadi 300,648–330,893 MPa. Perubahan ini, termasuk pengurangan semen 20 kg dan penambahan pasir 20 kg, berhasil memenuhi mutu beton yang direncanakan pada *mix design* K 300 NFA.

5. SARAN

Saran pada penelitian Penerapan *Statistical Process Control* Untuk Pengendalian Mutu Beton *Ready Mix* Di PT. Varia Usaha Beton Bsp Brebes yakni: Agar dapat memperbaiki mutu produksi yang dihasilkan seharusnya perusahaan mulai mengimplementasikan *Statistical Process Control*.

- 1) Seharusnya mengadakan pemeriksaan serta mengamati faktor air semen dengan berulang-ulang supaya hasil produk mempunyai mutu yang optimal.
- 2) Sepatutnya melaksanakan sosialisasi serta penyediaan bagi sumber daya manusia terkait *Statistical Process Control* supaya digunakan secara efektif.
- 3) Implementasi *Statistical Process Control* perlu lebih dicermati ketika perubahan cuaca terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Andi, H. (2020). *ISSN: 2459-9727 Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2020 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*. 390–396.

BERDASARKAN KONSEP SIX SIGMA PADA PERUSAHAAN BETON PRECAST PT W YULIA WIDYANINGSIH NIM : 25018011 (Program Studi Magister Teknik Sipil) INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG Mei 2021 ABSTRAK Yulia Widyaningsih NIM : 25018011 (Program Studi Magister Teknik Sipil). (2021). 25018011.

Beton, M., Mix, R., Pt, P., & Beton, I. (n.d.). *PENERAPAN STANDAR OPERATING PROCEDURES PENGENDALIAN*. 1–5.

Cahyaka, H. W., Wibowo, A., Handayani, K. D., Wiyono, A., & Santoso, E. H. (2018). *TIM EJOURNAL Ketua Penyunting : Penyunting : Mitra bestari : Penyunting Pelaksana : Redaksi : Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya Website : tekniksipilunesa . org Email : REKATS. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, 1(1)*, 186–194.

Faturochman, A., Prakoso, I., Sibarani, A. A., & Muhammad, K. (2020). Penerapan Metode Six Sigma dalam Analisis Kualitas Produk (Studi Kasus Perusahaan Pemroduksi Baja Tulang Beton). *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 45–54. <https://doi.org/10.35718/specta.v4i2.189>

Fitriati, U. (2006). Studi perbandingan beton ready-mix dengan beton olah di tempat pada proyek pembangunan ruko di Kota Banjar. *Jurnal Info Teknik*, 7(2), 82–89.

Konsep, P., & Sigma, S. I. X. (2004). __ .. -- .

Rustendi, I., Studi, P., Sipil, T., & Purwokerto, U. W. (2012). *Aplikasi Statistical Process Control (Spc). 14(1)*, 16–36.

Sibarani, A. A., Vendi Mohammad Abdul Fatah, & Dewi Tria Setyaningrum. (2023). Analisis Quality Control Pada Proses Sewing Dengan Statistical Process Control (SPC) dan 5-Why's Analysis. *Journal of Research in Industrial Engineering and Management*, 1(1), 11–19. <https://doi.org/10.61221/jriem.v1i1.4>

Suhartini, Mochammad Basjir, & Arief Tri Hariyono. (2020). Pengendalian Kualitas dengan Pendekatan Six Sigma dan New Seventools sebagai Upaya Perbaikan Produk. *Journal of Research and Technology*, 6(2), 297–311. <https://doi.org/10.55732/jrt.v6i2.373>

Usman, K., & Widawati, R. (n.d.). *PADA BATCHING PLANT DENGAN SPC*