

ANALISIS KUALITAS *STANDARD STRENGTH* PADA *PORTLAND COMPOSITE CEMENT* DENGAN METODE *CONTROL CHART* DAN EVALUASI KAPABILITAS PROSES PRODUKSI

Riza Sasmita¹, Yenni Kurniawati^{2*}, Dina Fitria³

^{1,2,3} Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

*e-mail : yennikurniawati@fmipa.unp.ac.id

DOI: 10.14710/j.gauss.14.2.390-400

Article Info:

Received: 2025-06-05

Accepted: 2025-10-12

Available Online: 2025-10-16

Keywords:

Cement Manufacturing Industry;
Control Chart; Process Capability;
Statistical Process Control;
Standard Strength

Abstract: The quality of cement products can be determined based on the results of standard strength tests, which are carried out using cube-shaped test samples through a compression testing machine. In the context of a continuously developing manufacturing industry, the demand for high-quality cement in Indonesia has also increased significantly. Therefore, it is necessary to implement production process control to ensure consistent quality that meets market needs. The main focus of the research is on evaluating process stability and the process's ability to meet standard strength specifications using the X-bar and R control chart methods and process capability calculations. The results show that process variability is under statistical control when viewed from the R control chart, but the process average is not under statistical control, as indicated by 8 out of 21 points outside the control limits on the X-bar control chart. These points were identified as variations due to common causes inherent in the process. Nevertheless, process capability analysis showed that the process was technically capable of meeting specifications, with a Cp value of 4.35. Therefore, it was concluded that the Standard Strength production system at the company was capable despite statistical variation in the process mean.

1. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur modern, kualitas produk menjadi parameter penting dalam menjaga daya saing dan kepercayaan pelanggan (Purba *et al.*, 2021). Di sektor semen, salah satu indikator utama kualitas adalah *standard strength*, yakni kekuatan tekan dari sampel semen yang diuji setelah periode pengeringan tertentu (Jang, Ahn and Kim, 2019). *Standard strength* diuji dengan menggunakan benda uji/sampel berbentuk kubus berukuran 5 cm × 5 cm × 5 cm menggunakan *compression testing machine*.



Gambar 1. *compression testing machine*

Kegagalan dalam memenuhi spesifikasi kekuatan dapat berdampak pada keandalan struktur bangunan, kerugian ekonomi, dan citra perusahaan (Skorupińska, Hitka and Sydor,

2024). Di Indonesia, kebutuhan akan semen berkualitas tinggi semakin meningkat seiring dengan percepatan pembangunan infrastruktur nasional, namun masih banyak pabrik semen yang belum menerapkan sistem pengendalian mutu berbasis data yang optimal (Abdullah, 2016).

Masalah utama dalam proses produksi semen adalah adanya variasi proses yang tidak dapat dikendalikan secara statistik, yang mengakibatkan inkonsistensi dalam kualitas produk akhir (Fasihuddin, 2025)(Putriana dkk, 2023). Selain itu, perusahaan seringkali hanya melakukan inspeksi kualitas pada produk akhir, bukan selama proses berlangsung, sehingga tidak efektif untuk deteksi dini masalah kualitas (Latief and Utami, 2010). Hal ini diperburuk dengan rendahnya penerapan prosedur operasi standar dan metode pengendalian statistik proses akibat kurangnya pelatihan ilmu untuk pekerja di sektor industri semen nasional (Chandrasari and Syahrullah, 2022)(Solehan, 2022).

Penerapan *Statistical Process Control* (SPC), telah terbukti efektif dalam memantau kestabilan proses dan mendeteksi variasi khusus dalam berbagai industri manufaktur (Saranga, 2016)(Ferdiansa, Rizqi and Jufriyanto, 2024). Dengan *control chart* dan analisis kapabilitas proses, perusahaan dapat mengidentifikasi penyimpangan proses lebih awal dan melakukan perbaikan secara proaktif (Agusnawati *et al.*, 2024).

Selain kestabilan proses, aspek penting lain dalam menjamin mutu adalah kapabilitas proses, yaitu seberapa baik proses dapat menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi (Ratnaningsih and Lestari, 2020)(Yulia Wilda *et al.*, 2023). Kapabilitas proses adalah ukuran kinerja kritis dapat digunakan pada pengembangan suatu produk dalam mengurangi variabilitas yang terjadi dengan mempertimbangkan variabel relatif terhadap spesifikasi dari suatu produk (Nurlisa and Musfiroh, 2022). Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan *control chart* dan analisis kapabilitas proses dapat meningkatkan efisiensi sistem produksi dan menurunkan jumlah produk cacat secara signifikan (Puspita, 2018)(Sekartaji and Sumartono, 2021)(Rozzaqi Rachmanda, Novika Widjaja and Prasetyo Tedjakusuma, 2024)(Rifaldi and Sudarwati, 2024). Untuk memaksimalkan manfaat dari pendekatan tersebut, dibutuhkan integrasi metode SPC dengan evaluasi kapabilitas proses yang disesuaikan dengan karakteristik spesifik industri, dalam hal ini industri semen.

Penggunaan metode SPC dalam pengendalian kualitas telah diterapkan pada industri otomotif (Rahayu, 2020), elektronik (Ilmi, Syafitri and Wibowo, 2023), makanan (Dhiba and Arsiwi, 2025), dan farmasi (Sundana and Aristawidya, 2024). Namun, implementasi spesifik pada industri semen, terutama yang berfokus pada *standard strength* sebagai parameter mutu utama, masih sangat terbatas. Selain itu, penting untuk melakukan *real-time monitoring* untuk meningkatkan pengendalian proses (Sihombing and Bangun, 2024), namun studi aplikatif di Indonesia relatif jarang ditemukan. Penelitian sebelumnya masih terfokus pada industri selain semen, atau hanya mengevaluasi salah satu aspek antara kestabilan atau kapabilitas proses, bukan keduanya secara bersamaan.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah penerapan terintegrasi metode *control chart* x-bar dan R serta analisis kapabilitas proses pada pengujian *standard strength* semen di PT XYZ, sebagai pendekatan sistematis berbasis data untuk evaluasi mutu. Pendekatan ini tidak hanya mengidentifikasi kestabilan proses, tetapi juga mengukur kemampuan proses memenuhi spesifikasi teknis produk, sesuatu yang belum banyak dilakukan dalam konteks industri semen di Indonesia.

Secara khusus, kontribusi penelitian ini mencakup pengembangan kerangka kerja evaluasi mutu yang menyeluruh, mencakup kestabilan dan kapabilitas proses. Penerapan SPC berbasis data aktual dari industri semen, bukan hanya simulasi, memberikan dasar ilmiah bagi manajemen mutu di industri semen nasional untuk meningkatkan konsistensi produk dan efisiensi produksi.

Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung praktik manajemen kualitas di sektor manufaktur, terutama dalam menghadapi tantangan variabilitas proses dan tuntutan pasar yang terus berkembang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pendekatan statistik yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua komponen utama yaitu *control chart* x-bar dan R serta analisis kapabilitas proses yang dirancang untuk menjaga kestabilan proses produksi dalam jangka panjang dan memastikan bahwa seluruh produk memenuhi standar kualitas secara konsisten.

Control chart adalah alat yang digunakan untuk memantau proses dan mengidentifikasi apakah ada penyimpangan dari standar atau target yang telah ditetapkan dengan tampilan berupa grafik dua dimensi yang memuat garis-garis kendali, batas kendali atas dan batas kendali bawah sebagai dasar pengukuran dalam menentukan proses dalam keadaan terkendali atau tidak. Proses dikatakan terkendali ketika titik-titik terdistribusi acak di sekitar garis tengah dan semua titik berada dalam batas kendali. Sedangkan proses dikatakan tidak terkendali ketika terdapat titik-titik yang berada di luar batas kendali (Ayubi, Ahmad and Gozali, 2024). Teori umum grafik pengendali yang berdasarkan teori Shewhart mengamsusikan grafik berdistribusi normal, yaitu dengan batas kendali 3 sigma (Ryan and Chan, 2004).

Control chart yang digunakan pada penelitian ini yaitu *control chart* x-bar dan R. Sebelum membangun *control chart*, perlu untuk mengetahui rumus dasar statistika berikut (Montgomery, 2013):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad (2)$$

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (3)$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (4)$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = rata-rata ukuran sampel

$\bar{\bar{x}}$ = rata-rata dari rata-rata

R = *range*

$\bar{R}$ = rata-rata dari *range*

Control chart $\bar{x}$ dan R terdiri dari *control chart* $\bar{x}$ dan *control chart* R. Untuk membangun batas kendali dari *control chart* $\bar{x}$ dapat menggunakan rumus (Montgomery, 2013):

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (5)$$

$$CL = \bar{\bar{x}} \quad (6)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (7)$$

Keterangan:

UCL = *upper control limit* / batas kendali atas

CL = *control limit* / batas kendali

LCL = *lower control limit* / batas kendali bawah

A_2 = konstanta faktor pengali (dapat dirujuk pada appendix VI (Montgomery, 2013))

Dan batas kendali dari *control chart* R dapat dibangun dengan menggunakan rumus (Montgomery, 2013):

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad (8)$$

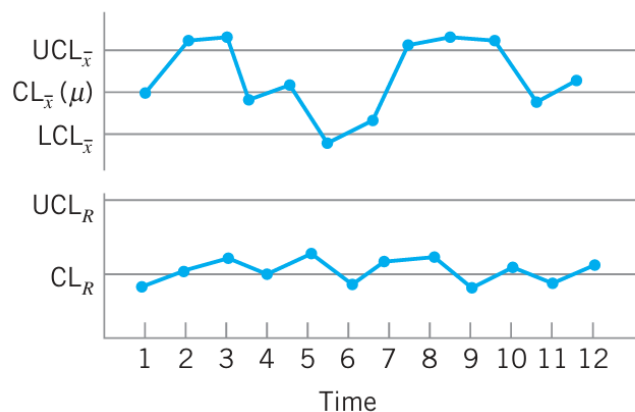
$$CL = \bar{R} \quad (9)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (10)$$

Keterangan:

D_4 dan D_3 = konstanta faktor pengali (dapat dirujuk pada appendix VI (Montgomery, 2013))

Pada proses analisisnya, akan dilakukan perbaikan dan perhitungan kembali *control chart* $\bar{x}$ dan R jika terdapat titik *out of control* pada *control chart* dengan identifikasi penyimpangan titik yang disebabkan oleh penyebab khusus. Berikut diberikan ilustrasi *chart* yang mengindikasikan proses *out of control* pada *control chart* $\bar{x}$ dan R (Montgomery, 2013):



Gambar 2. *Control Chart* $\bar{x}$ and R

Berdasarkan Gambar 2, dapat terlihat bahwa pada *control chart* $\bar{x}$ mengindikasikan adanya titik *out of control* yaitu pada titik 2, 3, 6, 8, 9 dan 10. Variabilitas dalam karakteristik kualitas produksi dapat disebabkan oleh 2 jenis faktor yaitu penyebab umum (*random cause/chance cause*) dan penyebab khusus (*assignable cause/special cause*). Penyebab umum timbul dari penyimpangan dalam bahan baku, turunnya kelembaban udara. Penyebab umum biasanya sudah melekat pada proses. Sedangkan penyebab khusus dapat berasal dari mesin yang dipasang dengan tidak baik, kesalahan operator (*human error*), dan bahan baku yang tidak sesuai standar (Suharyanto, Herlina and Mulyana, 2022).

Apabila data telah berada pada kondisi *in statistical control*, maka analisis lanjut dapat dilakukan yaitu menguji kapabilitas prosesnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah proses telah berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan (Hidayat, Sutaarga and Hardono, 2023). Kapabilitas proses dapat menggambarkan keberhasilan dari suatu proses dalam menghasilkan produk dengan spesifikasi sesuai standar berdasarkan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan (Nurlisa and Musfiroh, 2022).

Analisis kapabilitas proses dapat dilakukan ketika sudah ditentukan batas spesifikasinya. Karena nilai batas spesifikasi tersebut digunakan untuk mengetahui nilai indeks kapabilitas proses. Dalam analisis kapabilitas proses ini, data hendaknya memiliki distribusi normal (Montgomery, 2013). Analisis kapabilitas proses dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Montgomery, 2013):

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (11)$$

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (12)$$

Keterangan:

σ = standar deviasi proses

d_2 = konstanta faktor pengali (dapat dirujuk pada appendix VI (Montgomery, 2013))

Cp = *capability process*

USL = *upper specification limit* / batas spesifikasi atas (Nilai USL biasanya ditetapkan oleh perusahaan, PT XYZ menetapkan nilai USL pada kuat tekan semen tipe PCC sebesar 180 kg/cm²)

LSL = *lower specification limit* / batas spesifikasi bawah (Nilai LSL juga ditetapkan oleh perusahaan, PT XYZ menetapkan nilai LSL pada kuat tekan semen tipe PCC sebesar 375 kg/cm²)

USL dan LSL adalah batas toleransi yang ditetapkan konsumen yang harus dipenuhi produsen, Nilai Cp kurang dari 1, maka proses tidak *capable*. Nilai Cp berada di antara 1–1,33 maka proses dianggap mampu. Nilai Cp lebih 1,33, maka proses dianggap mampu dan didapatkan kepercayaan dari konsumen (Putri and Rimantho, 2022).

3. METODE PENELITIAN

Data penelitian ini menggunakan data hasil uji *standard strength* semen tipe PCC 8 pada bulan Februari 2025 pada PT XYZ. Data didapatkan setelah melakukan pengujian *standard strength* pada sampel berbentuk kubus berukuran 5 cm × 5 cm × 5 cm yang diuji menggunakan *compression testing machine* sesuai standar internal perusahaan selama satu bulan. Data yang dianalisis memiliki 2 subgroup yang masing-masingnya memiliki 21 observasi. Analisis data dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Rstudio. Pada data *standard strength* tipe PCC 8 bulan Februari 2025 ini, dari perusahaannya sendiri mengamsusikan bahwa data sudah berdistribusi normal sehingga tidak dilakukan lagi uji distribusi normal pada data. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *preprocessing* data berupa konversi satuan data dari kN ke kg/cm² dan menginputkannya ke dalam *software* Rstudio.
2. Melakukan perhitungan nilai rata-rata ($\bar{x}$) dan rentang (R) masing masing sampel dengan menggunakan persamaan (1) dan (3).
3. Menghitung rata-rata dari rata-rata sampel ($\bar{\bar{x}}$) dan rata-rata rentang sampel ($\bar{R}$) dengan menggunakan persamaan (2) dan (4).
4. Menghitung CL, UCL, dan LCL untuk *control chart* $\bar{x}$ dengan menggunakan persamaan (5), (6) dan (7).
5. Menghitung CL, UCL, dan LCL untuk *control chart* R dengan menggunakan persamaan (8), (9) dan (10).
6. Melakukan perbaikan dan perhitungan kembali *control chart* $\bar{x}$ dan R jika terdapat titik *out of control*.

7. Melakukan perhitungan analisis kapabilitas/kemampuan proses dengan menggunakan persamaan (12).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan *preprocessing* data, langkah selanjutnya dalam pengolahan data ini adalah menentukan nilai $\bar{x}$ dan R dari masing-masing sampel. Nilai-nilai ini merupakan ukuran statistik deskriptif dasar yang sangat penting dalam analisis pengendalian mutu. Penggunaan statistik ini menjadi fondasi dalam membangun *control chart* karena dapat mencerminkan kestabilan proses produksi dari waktu ke waktu. Hasil perhitungan nilai $\bar{x}$ dan R ditampilkan dalam tabel 1:

Tabel 1. Nilai $\bar{x}$ dan R Data *Standard Strength*

Tanggal Sampel	Standard Strength		$\bar{x}$	R
	x_1	x_2		
7 Februari 2025	303,552	305,592	304,572	2,04
8 Februari 2025	306,408	314,568	310,488	8,16
9 Februari 2025	297,84	297,84	297,84	0
13 Februari 2025	274,992	272,544	273,768	2,448
17 Februari 2025	327,216	308,448	317,832	18,768
18 Februari 2025	276,216	288,456	282,336	12,24
19 Februari 2025	298,656	303,552	301,104	4,896
20 Februari 2025	288,864	281,928	285,396	6,936
21 Februari 2025	292,536	297,84	295,188	5,304
22 Februari 2025	277,032	270,096	273,564	6,936
23 Februari 2025	295,8	287,64	291,72	8,16
25 Februari 2025	339,048	333,744	336,396	5,304
26 Februari 2025	306,408	313,344	309,876	6,936
27 Februari 2025	303,144	287,232	295,188	15,912
28 Februari 2025	328,032	333,744	330,888	5,712
1 Maret 2025	306,816	296,208	301,512	10,608
2 Maret 2025	322,32	316,608	319,464	5,712
3 Maret 2025	286,824	296,208	291,516	9,384
4 Maret 2025	330,888	321,096	325,992	9,792
6 Maret 2025	304,776	296,208	300,492	8,568
8 Maret 2025	318,24	294,984	306,612	23,256
Jumlah			6351,744	177,072
Rata - Rata			302,464	8,432

Perhitungan dilanjutkan dengan menentukan nilai $\bar{\bar{x}}$ dan $\bar{R}$. Berdasarkan hasil pengolahan pada data, diperoleh nilai berikut:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{21} \bar{x}_i = \frac{1}{21} (6351,744) = 302,464$$

$$\bar{R} = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{21} R_i = \frac{1}{21} (177,072) = 8,432$$

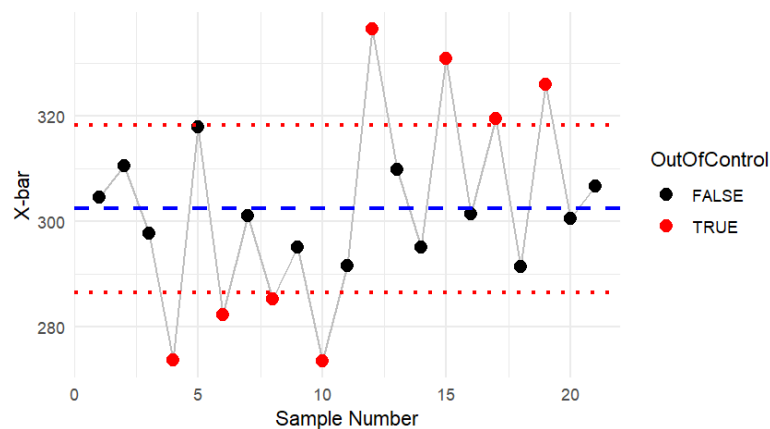
Nilai 302,464 merepresentasikan rata-rata keseluruhan dari rata-rata tiap subgroup data. Sementara itu, nilai 8,432 menggambarkan rentang rata-rata antar subgroup data. Nilai rentang yang relatif kecil menandakan bahwa perbedaan antar pengamatan dalam subgroup tidak terlalu besar. Tahap selanjutnya adalah menghitung menghitung CL, UCL dan LCL untuk *control chart* $\bar{x}$ dan R. Hasil perhitungan disajikan pada tabel 2:

Tabel 2. Nilai UCL, CL dan LCL *Control Chart*

Line	$\bar{x}$ chart	R chart
UCL	318,32	19,48
CL	302,46	5,96
LCL	286,61	0

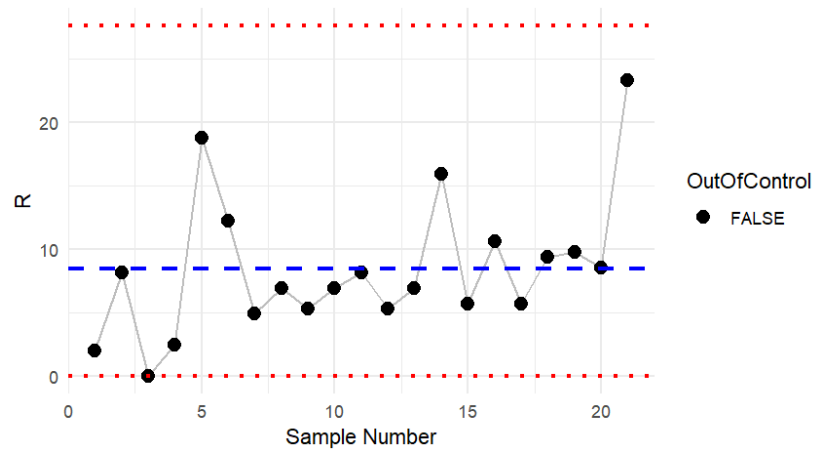
Tabel 2 menampilkan nilai UCL, CL dan LCL untuk *control chart* $\bar{x}$ dan R. CL $\bar{x}$ *chart* adalah sebesar 302,464 dengan nilai UCL dan LCL berturut-turut yaitu 318,32 dan 286,61. Artinya, rata-rata proses dapat dikatakan terkendali secara statistik jika nilai amatan berada dalam rentang UCL dan LCL tersebut. Sedangkan rata-rata dari rentang sampel adalah 5.96 dengan batas kendali dari 0 hingga 27,54.

Visualisasi *control chart* dibuat dengan menggunakan bantuan *software* R. Berikut visualisasi *control chart* $\bar{x}$ dan R yang terbentuk:



Gambar 3. *Control Chart* $\bar{x}$

Pada Gambar 3, dapat terlihat 8 dari 21 titik berada di luar batas control. Secara teori pengendalian mutu, munculnya titik di luar batas kendali mengindikasikan adanya variasi penyebab khusus yang memengaruhi prose produksi. Namun, setelah dilakukan identifikasi penyebab pada penelitian ini tidak ditemukan penyebab khusus pada proses sehingga diidentifikasi sebagai penyebab umum, yaitu faktor-faktor yang melekat pada proses yang menyebabkan terjadinya variasi dalam produk yang kejadiannya tidak dapat dihindari seperti penurunan kualitas bahan baku, penurunan performa kinerja mesin akibat pemakaian berkelanjutan, penurunan suhu atau fluktuatif kelembapan udara. Maka dari *chart* dapat disimpulkan bahwa rata-rata proses tidak terkendali secara statistik karena terdapat beberapa titik keluar dari garis kendali.



Gambar 4. *Control Chart R*

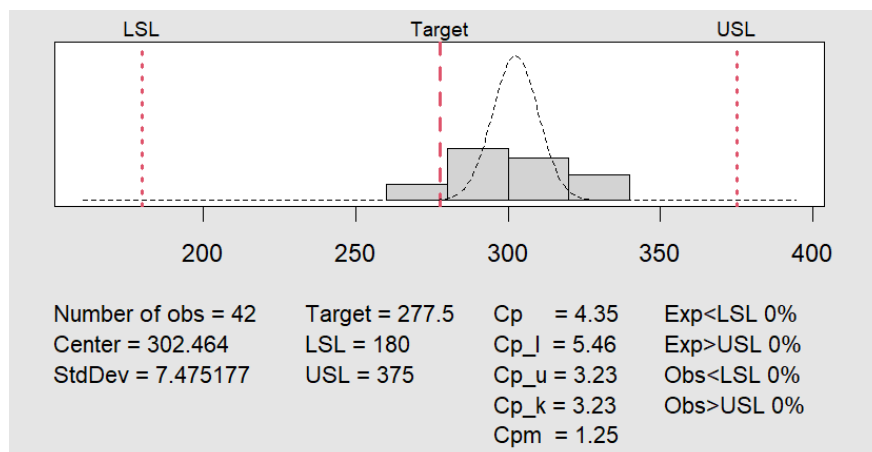
Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa variabilitas proses terlihat terkendali secara statistik karena semua amatan berada di dalam garis kendali. Setelah didapatkan hasil analisis dari *control chart*, satu hal berikutnya yang sangat erat berkaitan dengan pengendalian kualitas adalah pembahasan mengenai analisis kapabilitas proses.

Langkah awal pada analisis kemampuan proses ini adalah harus diketahui terlebih dahulu batas spesifikasi dari data yang dianalisis, dalam hal ini dari PT XYZ memberikan batas spesifikasi atas untuk data hasil uji kuat tekan 28 hari 180 – 375 kg/cm².

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{8,432}{1,128} = 7,47$$

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{375 - 180}{6(7,47)} = 4,35$$

Hasil analisis dan visualisasi dari kapabilitas proses ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 5. *Plot Kemampuan Proses*

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa rata-rata proses sangat dekat ke tengah antara USL dan LSL. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses telah berpusat dengan baik di sekitar spesifikasi produk yang telah ditetapkan. Selain itu, distribusi hasil produksi menunjukkan sebaran yang relatif sempit, ditunjukkan oleh standar deviasinya yang kecil dibandingkan dengan lebar toleransi. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi antar produk rendah, sehingga

hampir seluruh hasil produksi berada jauh di dalam batas spesifikasi. Gambar 5 juga menunjukkan bahwa secara kapabilitas, proses memiliki kemampuan tinggi untuk menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang dibuktikan oleh nilai indeks $C_p = 4,35$ (nilainya > 1). Hal ini mengartikan bahwa proses tersebut *capable* yaitu proses mampu menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi perusahaan. Namun, hasil pengamatan pada diagram kendali menunjukkan adanya beberapa titik yang berada di luar batas kendali yang menandakan bahwa meskipun proses tergolong *capable*, proses tersebut belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Sehingga, besar kemungkinan masih terdapat penyebab khusus yang memengaruhi variasi dari hasil produksi.

Kondisi ini penting untuk diperhatikan karena proses yang tidak terkendali dapat menyebabkan ketidakstabilan mutu dari waktu ke waktu, meskipun sebagian besar produk masih memenuhi spesifikasi. Jika sumber variasi khusus tidak segera diidentifikasi dan diatasi, maka pergeseran rata-rata atau peningkatan variasi dapat terjadi, yang pada akhirnya menurunkan tingkat kapabilitas proses di periode berikutnya. Bagi perusahaan, kondisi ini memberikan sinyal bahwa sistem pengendalian mutu sudah baik dalam menjaga kapabilitas, tetapi masih perlu peningkatan konsistensi operasional, misalnya melalui penguatan *monitoring real-time*, peninjauan ulang SOP, dan pelatihan operator. Upaya ini bertujuan agar proses tidak hanya *capable* secara hasil akhir, tetapi juga stabil dan terkendali secara statistik, sehingga mutu produk dapat dijaga secara berkelanjutan.

5. KESIMPULAN

Hasil dari analisis menunjukkan bahwa variabilitas proses berada dalam kendali statistik ketika dilihat dari *control chart* R. Namun rata-rata proses tidak terkendali secara statistik. Sebagaimana ditunjukkan oleh 8 dari 21 titik yang keluar dari batas kendali pada *control chart* x-bar. Titik-titik ini diidentifikasi sebagai variasi akibat penyebab umum (*common cause*) yang melekat dalam proses.

Meskipun demikian, analisis kapabilitas proses menunjukkan bahwa proses secara teknis sangat mampu memenuhi spesifikasi, dengan nilai $C_p = 4,35$. Hasil analisis juga mengindikasikan bahwa variasi proses sangat kecil dibandingkan lebar toleransi yang ditetapkan perusahaan (180–375 kg/cm²). Hal ini menunjukkan bahwa sistem produksi PT XYZ saat ini tergolong *capable* meskipun terdapat variasi statistik dalam rata-rata proses.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah (2016) ‘Kajian Rantai Pasok Semen Untuk Mendukung Investasi Infrastruktur’, *Jurnal Pendidikan Kimia Universitas Riau*, 1(1). Available at: <https://doi.org/10.33578/jpk-unri.v1i1.3274>.
- Agusnawati, R., Nurfadillah, N., Wiradana, N. and Muktamar, A. (2024) ‘Efektivitas Evaluasi Strategi dalam Manajemen Pengendalian Mutu Organisasi’, *Indonesian Journal of Innovation Multidisipliner Research*, 2(1), pp. 87–105. Available at: <https://doi.org/10.69693/ijim.v2i1.148>.
- Angelia Putriana, Apriliani Lase, Siti Aisyah and Apriliana Lase (2023) ‘Peran Quality Control terhadap Produk Usaha Chika Cake & Bakery di Kota Tarutung’, *TOBA: Journal of Tourism, Hospitality and Destination*, 2(2), pp. 50–56. Available at: <https://doi.org/10.55123/toba.v2i2.4069>.
- Ayubi, A.H. Al, Ahmad and Gozali, L. (2024) ‘Perancangan Visual Control Chart untuk Meningkatkan Efisiensi Kinerja Kerja dalam Proses Produksi Harian Perusahaan Sparepat Otomotif’, *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 3(2), pp. 162–170.
- Chandrasari, S.H. and Syahrullah, Y. (2022) ‘Penerapan Statistical Process Control (SPC) dan Fault Tree Analysis (FTA) dalam Pengendalian Kualitas Plywood untuk

- Mengurangi Defect pada Pabrik Kayu di Purbalingga’, *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, 6(2), p. 107. Available at: <https://doi.org/10.35194/jmtsi.v6i2.1884>.
- Dhibah, A.P. and Arsiwi, P. (2025) ‘Penerapan Metode Statistical Process Control Dalam Pengendalian Kualitas Proses Produksi Tahu’, *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, Vol.4 (2), pp. 140–149.
- Fasihuddin (2025) ‘Optimalisasi Pengendalian Mutu Gypsum Menggunakan Statistical Process’, (Senastitan V).
- Ferdiansa, M., Rizqi, A.W. and Jufriyanto, M. (2024) ‘Implementasi Metode Lean Six Sigma dalam Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi pada Industri Kayu CV. Jaya Abadi’, *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(2), pp. 1307–1319. Available at: <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i2.4282>.
- Hidayat, D.F., Sutaarga, O. and Hardono, J. (2023) ‘Pengendalian Kualitas Produk Pipa Carbon Seamless Menggunakan Peta Kendali Dan Kapabilitas Proses Quality Control Of Seamless Carbon Pipe Products Using Control Chart And Capability Process’, *Journal Industrial Manufacturing*, 8(2), pp. 113–120.
- Ilmi, N., Syafitri, A.A. and Wibowo, S.A. (2023) ‘Analisis Pengendalian Kualitas pada Proses Assembly Dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control (SPC) di PT XXX Batam’, *Journal of Industrial Innovation and Safety Engineering (JINSENG)*, 1(2), pp. 73–82. Available at: <https://doi.org/10.35718/jinseng.v1i2.871>.
- Jang, Y., Ahn, Y. and Kim, H.Y. (2019) ‘Estimating Compressive Strength of Concrete Using Deep Convolutional Neural Networks with Digital Microscope Images’, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 33(3), pp. 1–11. Available at: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000837](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000837).
- Latief, Y. and Utami, R.P. (2010) ‘Penerapan Pendekatan Metode Six Sigma Dalam Penjagaan Kualitas Pada Proyek Konstruksi’, *MAKARA of Technology Series*, 13(2), pp. 67–72. Available at: <https://doi.org/10.7454/mst.v13i2.471>.
- Montgomery, D.C. (2013) *Statistical Quality Control, Statistical Quality Control*.
- Nurlisa, R. and Musfiroh, I. (2022) ‘Analisis Kapabilitas Proses Produk Farmasi X Dengan Pendekatan Six Sigma Di Pt Y’, *Majalah Farmasetika*, 7(5), pp. 494–506. Available at: <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v7i4.40370>.
- Purba, H.H., Nindiani, A., Trimarjoko, A., Jaqin, C., Hasibuan, S. and Tampubolon, S. (2021) ‘Increasing Sigma levels in productivity improvement and industrial sustainability with Six Sigma methods in manufacturing industry: A systematic literature review’, *Advances in Production Engineering And Management*, 16(3), pp. 307–325. Available at: <https://doi.org/10.14743/APEM2021.3.402>.
- Puspita, S.Z. (2018) ‘Bab II Landasan Teori’, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 8–24.
- Putri, D.E. and Rimantho, D. (2022) ‘Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Kapabilitas Proses Produksi Kantong Semen’, *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 8(1), pp. 35–42. Available at: <https://doi.org/10.30656/intech.v8i1.4385>.
- Rahayu, P. (2020) ‘Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) di Plant D Divisi Curing PT. Gajah Tunggal, Tbk.’, *Jurnal Teknik*, 9(1). Available at: <https://doi.org/10.31000/jt.v9i1.2278>.
- Ratnaningsih, D.J. and Lestari, L. (2020) ‘Kapabilitas Proses Kinerja Layanan Mal’, *Jurnal sains dan teknologi*, 1(1), pp. 1–10.
- Rifaldi, M. and Sudarwati, W. (2024) ‘Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Sebagai Usaha untuk Mengurangi Cacat pada Produk Bracket’, (April 2024), pp. 1–9.
- Rozzaqi Rachmanda, M., Novika Widjaja, F. and Prasetyo Tedjakusuma, A. (2024)

- ‘Pengendalian Kualitas Produk Cacat Elpiji 3 Kg dengan Menggunakan Siklus Plan Do Check Action (PDCA) pada SPPBE PSO SPPBE PSO PT. Win Med Indonesia’, *Journal of Economics, Assets, and Evaluation*, 1(4), pp. 1–15. Available at: <https://economics.pubmedia.id/index.php/jeae>.
- Ryan, T. and Chan, L.-Y. (2004) *Statistical Models and Control Charts for High-Quality Processes*, *Journal of Quality Technology*. Available at: <https://doi.org/10.1080/00224065.2004.11980268>.
- Saranga, T. (2016) ‘Upaya Meminimasi Defect Produk Bata Ringan di PT. Hebel Cipta Sarana Bumi dengan Penerapan Six Sigma dan Pendekatan DMAIC’, pp. 1–23.
- Sekartaji, N. and Sumartono, B.A. (2021) ‘Analisis Pengendalian Kualitas Produk Damper Speaker Type D-25236 B Menggunakan Metode Six Sigma Guna Meminimalisir Produk Cacat Pada PT.X’, *Jurnal ...*, pp. 117–139. Available at: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jtin/article/view/811>.
- Sihombing, V. and Bangun, B. (2024) ‘Optimisasi Proses Bisnis dengan Menggunakan Metode Six Sigma Berbasis Teknologi Informasi’, 4(September), pp. 37–41.
- Skorupińska, E., Hitka, M. and Sydor, M. (2024) ‘Surveying Quality Management Methodologies in Wooden Furniture Production’, *Systems*, 12(2), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.3390/systems12020051>.
- Solehan, M. (2022) ‘Analisis Pengendalian Kualitas Produk Kain Menggunakan Pendekatan Statistical Processing Control (SPC)’, *Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta 2022*. [Preprint].
- Suharyanto, Herlina, R.L. and Mulyana, A. (2022) ‘Analisis Pengendalian Kualitas Produk Waring Dengan Metode Seven Tools Di Cv. Kas Sumedang’, *Jurnal TEDC*, 16(1), pp. 37–49.
- Sundana, S. and Aristawidya, R. (2024) ‘Analisis Pengendalian Kualitas Produk X di PT ABC’, 6(1), pp. 6–14.
- Yulia Wilda, Meiliati, H., Rafsanjani, M.A. and Rahadi, F. (2023) ‘Analisis Pengendalian Mutu Crude Palm Kernel Oil (CPKO) Dengan Menggunakan Metode Statical Statistical Quality Control (SQC)’, *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(2), pp. 119–127. Available at: <https://doi.org/10.55826/tmit.v2i2.71>.