

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS WINE MENGGUNAKAN $\bar{X}$ -R CONTROL CHART

Carles Syahputra Hulu, Nia Rizkita Tambunan, Togi Supriadi Sianturi, dan Zulkhairi
Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan
E-mail : nia.4243260039@mhs.unimed.ac.id.

ABSTRACT

Quality control is a critical aspect of the production process to ensure that the resulting products meet established standards. In the wine industry, quality is significantly influenced by chemical parameters such as pH, density, and alcohol content. This study aims to analyze the stability and consistency of these parameters using the $\bar{X}$ -R Control Chart method. The research utilizes secondary data from the Kaggle dataset, which contains physicochemical characteristics of wine. The methodology involves grouping data into subgroups, calculating control limits using statistical constants, and plotting the results to evaluate process conditions. The results indicate that the $\bar{X}$ -R Control Chart is effective in monitoring process changes over time, allowing for early detection of variations that could affect product quality. Parameters such as pH, density, and alcohol content show specific patterns that reflect the stability of the fermentation and production processes. By implementing this method, producers can maintain product consistency and take corrective actions before the product fails to meet specifications. Thus, the application of Statistical Quality Control (SQC) provides an objective and efficient approach to ensuring high-quality wine production.

Keywords: Quality Control, Wine, $\bar{X}$ -R Control Chart, pH, Density, Alcohol Content

1. PENDAHULUAN

Pengendalian kualitas merupakan aspek penting dalam proses produksi untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Dalam konteks Statistical Quality Control (SQC), salah satu metode yang sering digunakan adalah peta kendali $\bar{X}$ -R, yang berfungsi untuk memantau kestabilan rata-rata proses serta variasi yang terjadi dalam produksi. Melalui penggunaan peta kendali ini, perusahaan dapat mengidentifikasi adanya penyimpangan proses sejak dini sehingga dapat segera dilakukan tindakan perbaikan (Putra, 2025).

Selain itu, penerapan peta kendali $\bar{X}$ -R memungkinkan analisis yang lebih sistematis terhadap data produksi, terutama dalam mendeteksi apakah suatu proses berada dalam kondisi terkendali secara statistik atau tidak. Dengan membandingkan nilai pengamatan terhadap batas kendali atas dan bawah, metode ini mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai performa proses produksi secara keseluruhan (Nugroho, 2022).

Dalam industri minuman, khususnya produk fermentasi seperti wine, kualitas produk sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter penting seperti pH, density, dan kadar alkohol. Parameter-parameter tersebut tidak hanya mencerminkan kondisi proses fermentasi, tetapi juga menentukan karakteristik akhir produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, analisis terhadap variabel-variabel tersebut menjadi sangat penting dalam menjaga konsistensi dan mutu produk (Sari, 2021).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Wine merupakan minuman fermentasi yang memiliki popularitas global, dengan kualitas yang ditentukan oleh berbagai faktor meliputi varietas anggur, kondisi lingkungan pertanian, teknik proses produksi, serta metode penyimpanan pasca-produksi (Conti et al., 2024; Croce et al., 2020). Kualitas wine tidak hanya menjadi faktor penentu preferensi konsumen tetapi juga berdampak signifikan pada daya saing industri secara keseluruhan. Khususnya bagi segmen konsumen muda, terdapat peningkatan perhatian terhadap kualitas dan pengalaman sensori yang ditawarkan produk, menjadikan evaluasi kualitas sebagai aspek krusial dalam pengembangan industri wine (Aich Satyabrata et al., 2019; Gupta, 2018).

Komposisi kimia wine yang kompleks, meliputi air, gula, asam organik, etanol, serta senyawa tambahan seperti gliserol, alkohol aromatik, dan polifenol, berkontribusi pada karakteristik warna, aroma, dan rasa produk (Tommasone, 2024). Keseimbangan antara senyawa-senyawa kunci ini menjadi dasar untuk menilai kualitas dan potensi penyimpanan wine.

Secara konvensional, penilaian kualitas wine dilakukan melalui evaluasi sensorik oleh ahli wine atau sommelier, yang menilai parameter seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur menggunakan indera manusia (Cortez et al., 2009). Meskipun metode ini telah digunakan secara luas dan mampu menangkap karakteristik halus yang tidak dapat diukur secara fisikokimia, penilaiannya memiliki sifat subjektif dan memerlukan keterampilan khusus serta pelatihan yang intensif. Hal ini menjadi tantangan bagi industri yang menginginkan konsistensi kualitas produk dalam skala produksi besar (Gupta, 2018).

Sebagai alternatif, pendekatan berbasis teknologi seperti data mining dan machine learning semakin banyak diterapkan untuk mengevaluasi kualitas wine secara objektif. Teknik ini memanfaatkan data fisikokimia untuk mengidentifikasi pola yang terkait dengan kualitas produk, sehingga dapat menghasilkan klasifikasi yang lebih konsisten dan efisien (Cortez et al., 2009; Zahedi et al., 2021). Beberapa algoritma machine learning yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya meliputi Naïve Bayes, Random Forest, Support Vector Machines (SVM), Decision Tree, dan K-Nearest Neighbors (K-NN) (Dahal et al., 2021; Kumar et al., 2020;).

Analisis kimia juga menjadi bagian penting dalam pengendalian kualitas, dengan parameter seperti kadar alkohol, densitas, dan pH menjadi fokus utama. Menurut Sinaga et al. (2025), kadar alkohol, densitas, dan klorida merupakan prediktor paling berpengaruh dalam klasifikasi kualitas wine. Selain itu, pH berperan krusial dalam proses fermentasi dan stabilitas produk, sementara densitas berkorelasi dengan kandungan senyawa larut dan dapat digunakan untuk memperkirakan kadar alkohol serta komposisi lainnya (Anton Paar, 2025; OIV, 2025). Sistem pengukuran multi-parameter telah dapat mengukur kadar alkohol, densitas, dan pH secara akurat dan efisien, dengan hasil yang sesuai dengan standar internasional seperti OIV OENO 390/2010 dan standar TTB untuk pengukuran alkohol tujuan pajak (Anton Paar, 2025).

Diagram kontrol X-bar R merupakan salah satu alat penting dalam Statistical Process Control (SPC) yang digunakan untuk memantau variabel proses secara bersamaan, yaitu rata-rata dan variasi dari data yang terdistribusi normal (Wikipedia, 2025a; 2025b). Alat ini cocok digunakan ketika ukuran sampel relatif kecil ($n \leq 10$) dan konstan, serta memerlukan perhitungan yang dapat dilakukan oleh operator langsung di lapangan (Wikipedia, 2025a). Prinsip kerja diagram kontrol X-bar R meliputi dua bagian yang ditampilkan secara

bersamaan: diagram X-bar untuk memantau perubahan rata-rata proses dari waktu ke waktu dan diagram R untuk memantau variasi atau sebaran data dalam setiap subgroup. Perhitungan batas kontrol menggunakan konstanta statistik yang disesuaikan dengan ukuran sampel, dengan rumus yang telah terstandarisasi berdasarkan referensi statistik (Wikipedia, 2025a).

Penerapan kontrol chart X-bar R dalam industri wine bertujuan untuk memastikan konsistensi parameter kualitas selama proses produksi dan penyimpanan. Dengan memantau parameter seperti pH, densitas, dan kadar alkohol secara berkala, produsen dapat mendeteksi perubahan proses yang tidak diinginkan secara dini dan mengambil tindakan korektif sebelum produk tidak memenuhi spesifikasi (Anton Paar, 2025). Data yang dihasilkan dari sistem pengukuran dapat langsung digunakan untuk membangun kontrol chart X-bar R, sehingga memudahkan pemantauan proses secara real-time (Anton Paar, 2025).

Sebagian besar penelitian sebelumnya terkait pengendalian kualitas wine fokus pada penerapan metode machine learning untuk klasifikasi kualitas atau analisis kimia secara statis (Dahal et al., 2021; Sinaga et al., 2025; Tommasone, 2024). Penerapan alat kontrol proses seperti diagram X-bar R untuk memantau parameter kualitas secara berkelanjutan, khususnya pada parameter pH, densitas, dan kadar alkohol, masih terbatas dalam literatur yang tersedia. Selain itu, meskipun diketahui bahwa parameter tersebut memiliki peran penting dalam menentukan kualitas wine, belum banyak penelitian yang mengkaji efektivitas kontrol chart X-bar R dalam memelihara konsistensi parameter tersebut selama proses produksi skala industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan model pengendalian kualitas menggunakan kontrol chart X-bar R berdasarkan parameter pH, densitas, dan kadar alkohol.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Statistical Quality Control (SQC)* untuk menganalisis kestabilan kualitas produk *wine*. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengolahan data numerik serta analisis statistik guna mengevaluasi apakah proses produksi berada dalam kondisi terkendali atau tidak.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari platform Kaggle, yaitu dataset *wine* yang tersedia secara publik. Dataset ini berisi berbagai parameter kimia yang mencerminkan karakteristik kualitas produk *wine*. Penggunaan data sekunder memungkinkan penelitian dilakukan secara efisien tanpa proses pengumpulan data secara langsung.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tingkat keasaman (*pH*), densitas (*density*), dan kadar alkohol (*alcohol*). Ketiga variabel tersebut dipilih karena memiliki peranan penting dalam menentukan mutu, stabilitas, serta konsistensi produk *wine*.

Metode analisis yang digunakan adalah peta kendali $\bar{X}$ -R (*X-bar dan Range Chart*). Peta kendali $\bar{X}$ digunakan untuk memantau rata-rata proses dalam setiap subgroup, sedangkan peta kendali *R* digunakan untuk mengukur variasi atau penyebaran data dalam subgroup. Kombinasi kedua peta ini memungkinkan identifikasi terhadap variasi yang disebabkan oleh faktor umum (*common cause*) maupun faktor khusus (*assignable cause*).

Data dikelompokkan ke dalam subgroup dengan ukuran 5 pengamatan pada setiap subgroup. Selanjutnya dilakukan perhitungan statistik sebagai berikut:

Rata-rata subgroup dirumuskan sebagai:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{5}$$

Rentang subgrup dihitung dengan:

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

Rata-rata keseluruhan diperoleh dari:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{k}$$

Rata-rata rentang dihitung dengan:

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{k}$$

Penentuan batas kendali dilakukan menggunakan konstanta A_2 , D_3 , dan D_4 yang disesuaikan dengan ukuran subgrup ($n = 5$), yaitu:

Untuk peta kendali $\bar{X}$:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + (A_2 \cdot \bar{R})$$

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - (A_2 \cdot \bar{R})$$

Untuk peta kendali R :

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$CL_R = \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R}$$

Selanjutnya, nilai rata-rata dan rentang dari setiap subgrup diplot ke dalam peta kendali $\bar{X}$ dan R . Evaluasi dilakukan dengan melihat apakah terdapat titik yang berada di luar batas kendali.

Apabila ditemukan titik di luar batas kendali, maka dilakukan identifikasi terhadap subgrup tersebut sebagai indikasi adanya variasi khusus. Subgrup yang menyimpang kemudian dieliminasi dan dilakukan perhitungan ulang hingga diperoleh kondisi proses yang stabil.

Pengolahan data dan pembuatan grafik dilakukan menggunakan Microsoft Excel untuk mempermudah perhitungan serta visualisasi hasil analisis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Variabel pH

Analisis pengendalian kualitas pada variabel pH dilakukan dengan menggunakan peta kendali $\bar{X}$ - R . Data dikelompokkan ke dalam subgrup yang masing-masing terdiri dari 5 pengamatan. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengidentifikasi variasi proses secara lebih akurat melalui perhitungan rata-rata dan rentang pada setiap subgrup. Hasil pengelompokan data serta perhitungan nilai rata-rata ($\bar{X}$) dan rentang (R) untuk masing-masing subgrup disajikan pada Tabel 1.

Table 1 Data Subgrup Variabel pH

No. SG	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Rata-rata ($\bar{x}$)	Range (R)	Keterangan
1	3.5100	3.2000	3.2600	3.1600	3.5100	3.3280	0.3500	Dalam Batas Kendali
2	3.5100	3.3000	3.3900	3.3600	3.2800	3.3680	0.2300	Dalam Batas Kendali
3	3.5800	3.2600	3.3000	3.0400	3.5200	3.3400	0.5400	Dalam Batas Kendali
4	3.1700	3.1700	3.4300	3.3400	3.2800	3.2780	0.2600	Dalam Batas Kendali
5	3.4700	3.3800	3.3500	3.1700	3.3800	3.3500	0.3000	Dalam Batas Kendali
6	3.4000	3.4200	3.2300	3.3300	3.2600	3.3280	0.1900	Dalam Batas Kendali
7	3.2100	3.3000	3.9000	3.2500	3.1500	3.3620	0.7500	Dalam Batas Kendali
8	3.4000	3.3900	3.2000	3.1700	3.0400	3.2400	0.3600	Dalam Batas Kendali
9	3.4300	3.4100	3.4400	3.2100	3.3900	3.3760	0.2300	Dalam Batas Kendali
10	3.4100	3.4100	3.4400	3.3400	3.3100	3.3820	0.1300	Dalam Batas Kendali
11	3.3100	3.5400	3.5200	3.3800	3.1600	3.3820	0.3800	Dalam Batas Kendali
12	3.4100	3.3600	3.4400	3.4100	2.9300	3.3100	0.5100	Dalam Batas Kendali
13	3.3900	3.1400	3.4800	3.2300	2.9300	3.2340	0.5500	Dalam Batas Kendali
14	3.3900	3.7500	3.4500	3.3900	3.3000	3.4560	0.4500	Dalam Batas Kendali
15	3.4000	3.3000	3.2900	3.3300	3.2900	3.3220	0.1100	Dalam Batas Kendali
16	3.0800	3.4600	3.1900	3.1500	3.3200	3.2400	0.3800	Dalam Batas Kendali
17	3.1900	3.0700	3.3900	3.3000	3.2100	3.2320	0.3200	Dalam Batas Kendali
18	3.4900	3.3900	3.5300	3.5400	3.4200	3.4740	0.1500	Dalam Batas Kendali
19	3.2400	3.6300	3.2200	3.1900	3.4800	3.3520	0.4400	Dalam Batas Kendali
20	3.1900	3.6800	3.3400	3.6800	3.1700	3.4120	0.5100	Dalam Batas Kendali
Jumlah (Σ)						66.7660	7.1400	
Rata-rata (k = 20)						3.3383	0.3570	

Berdasarkan **Tabel 1**, diperoleh nilai rata-rata dari masing-masing subgrup yang relatif tidak berbeda jauh, yang menunjukkan bahwa data cenderung stabil. Nilai rentang yang dihasilkan juga tidak menunjukkan variasi yang ekstrem antar subgrup.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan parameter peta kendali untuk menentukan batas kendali atas (UCL), garis tengah (CL), dan batas kendali bawah (LCL), yang disajikan pada Tabel 2.

Table 2 Parameter Peta Kendali $\bar{X}$ -R Variabel pH

Parameter	Rumus	Nilai
Grand Average ($\bar{\bar{x}}$)	$\Sigma \bar{x} / 20$	3.3383
Rata-rata Range ($\bar{R}$)	$\Sigma R / 20$	0.3570
X-bar Chart		
UCL (X-bar)	$\bar{\bar{x}} + A_2 \times \bar{R} = 3.3383 + 0,577 \times 0.3570$	3.5443
CL (X-bar)	$= \bar{\bar{x}}$	3.3383
LCL (X-bar)	$\bar{\bar{x}} - A_2 \times \bar{R} = 3.3383 - 0,577 \times 0.3570$	3.1323
R Chart		
UCL (R)	$D_4 \times \bar{R} = 2,114 \times 0.3570$	0.7547
CL (R)	$= \bar{R}$	0.3570
LCL (R)	$D_3 \times \bar{R} = 0 \times 0.3570$	0,0000

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan ($\bar{\bar{x}}$) sebesar 3.3383 dan rata-rata rentang ($\bar{R}$) sebesar 0.3570. Nilai tersebut digunakan untuk menentukan batas kendali pada peta $\bar{X}$ dan peta R. Batas kendali pada peta $\bar{X}$ menunjukkan rentang nilai yang masih dapat diterima untuk rata-rata proses, sedangkan peta R menunjukkan batas variasi yang masih dianggap normal dalam proses produksi.



Gambar 1. Peta Kendali $\bar{X}$ Variabel pH



Gambar 2. Peta Kendali R Variabel pH

Berdasarkan Gambar 1, seluruh titik pengamatan berada di dalam batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL), serta tidak menunjukkan pola tertentu seperti tren meningkat atau menurun secara konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata proses berada dalam kondisi stabil dan tidak terdapat indikasi adanya penyimpangan yang signifikan.

Pada Gambar 2, peta kendali R menunjukkan bahwa seluruh nilai rentang juga berada dalam batas kendali. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi dalam setiap subgrup masih berada dalam batas yang dapat diterima dan tidak terdapat variasi yang disebabkan oleh faktor khusus. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variabel pH berada dalam kondisi terkendali secara statistik, baik dari segi rata-rata maupun variasinya. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi untuk variabel pH telah berjalan dengan konsisten dan stabil.

4.2 Analisis Variabel Density

Analisis terhadap variabel density dilakukan dengan prosedur yang sama seperti variabel pH, yaitu dengan mengelompokkan data ke dalam subgrup berukuran 5 dan menghitung nilai rata-rata serta rentang untuk setiap subgrup. Hasil perhitungan awal disajikan pada Tabel 3

Berdasarkan hasil analisis awal, terdapat satu subgrup yang berada di luar batas kendali, yaitu subgrup ke-20. Hal ini menunjukkan adanya variasi yang disebabkan oleh faktor khusus (assignable cause), yang dapat berasal dari ketidakkonsistenan bahan baku atau proses produksi.

Untuk memperoleh kondisi proses yang stabil, dilakukan eliminasi terhadap subgrup yang menyimpang dan dilakukan perhitungan ulang terhadap parameter peta kendali. Hasil perhitungan parameter disajikan pada Tabel 4.

Table 3 Data Subgrup Variabel Density

No. SG	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Rata-rata ($\bar{x}$)	Range (R)	Keterangan
1	0.997800	0.996800	0.997000	0.998000	0.997800	0.997480	0.001200	Dalam Batas Kendali
2	0.997800	0.996400	0.994600	0.996800	0.995900	0.996300	0.003200	Dalam Batas Kendali
3	0.994300	0.997400	0.996900	0.996900	0.998200	0.996740	0.003900	Dalam Batas Kendali
4	0.996600	0.996800	0.996800	0.995500	0.996200	0.996380	0.001300	Dalam Batas Kendali
5	0.997200	0.996400	0.995800	0.996600	0.995700	0.996340	0.001500	Dalam Batas Kendali
6	0.998600	0.997500	0.996800	0.997800	0.997600	0.997660	0.001800	Dalam Batas Kendali
7	0.996800	0.996800	0.993400	0.997000	0.997100	0.996220	0.003700	Dalam Batas Kendali
8	0.995600	0.995500	0.997000	0.995500	0.997100	0.996140	0.001600	Dalam Batas Kendali
9	0.997500	0.996200	0.998000	0.996800	0.996600	0.997020	0.001800	Dalam Batas Kendali
10	0.996200	0.996200	0.996200	0.996200	0.996100	0.996180	0.000100	Dalam Batas Kendali
11	0.997600	0.998600	0.996600	0.995800	0.997200	0.997160	0.002800	Dalam Batas Kendali
12	0.995800	0.997000	0.995900	0.996100	0.997200	0.996400	0.001400	Dalam Batas Kendali
13	0.996600	0.997800	0.997800	0.996400	0.997200	0.997160	0.001400	Dalam Batas Kendali
14	0.996600	0.993800	0.996500	0.996700	0.997200	0.996160	0.003400	Dalam Batas Kendali
15	0.997200	0.997200	0.996700	0.996000	0.996700	0.996760	0.001200	Dalam Batas Kendali
16	0.997300	0.996900	0.996400	0.996400	0.998800	0.997160	0.002400	Dalam Batas Kendali
17	0.996400	0.996600	0.997800	0.996200	0.996200	0.996640	0.001600	Dalam Batas Kendali
18	0.998000	0.996000	0.996400	0.996400	0.996200	0.996600	0.002000	Dalam Batas Kendali
19	0.996800	0.993700	0.995900	0.996500	0.997200	0.996020	0.003500	Dalam Batas Kendali
20	0.996500	0.991600	0.995400	0.991600	0.996800	0.994380	0.005200	Di Luar Batas Kendali
Jumlah (Σ)						19.930900	0.045000	
Rata-rata ($k = 20$)						0.996545	0.002250	

Table 4 Parameter Peta Kendali $\bar{X}$ -R Variabel Density

Parameter	Rumus	Nilai
Grand Average ($\bar{\bar{X}}$)	$\Sigma \bar{x} / 20$	0.996545
Rata-rata Range ($\bar{R}$)	$\Sigma R / 20$	0.002250
X-bar Chart		
UCL (X-bar)	$\bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R} = 0.996545 + 0,577 \times 0.002250$	0.997843
CL (X-bar)	$= \bar{\bar{X}}$	0.996545
LCL (X-bar)	$\bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R} = 0.996545 - 0,577 \times 0.002250$	0.995247
R Chart		
UCL (R)	$D_4 \times \bar{R} = 2,114 \times 0.002250$	0.004756
CL (R)	$= \bar{R}$	0.002250
LCL (R)	$D_3 \times \bar{R} = 0 \times 0.002250$	0,000000

Berdasarkan Tabel parameter peta kendali $\bar{X}$ -R, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan ($\bar{\bar{X}}$) yang merepresentasikan pusat dari proses produksi. Nilai ini menunjukkan kondisi rata-rata karakteristik kualitas yang dihasilkan selama proses berlangsung.

Nilai rata-rata rentang ($\bar{R}$) menunjukkan besarnya variasi dalam setiap subgroup. Semakin kecil nilai $\bar{R}$, maka variasi dalam proses semakin kecil dan proses cenderung lebih stabil. Batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) pada peta $\bar{X}$ menunjukkan batas maksimum dan minimum yang masih dapat diterima untuk rata-rata proses. Jika nilai rata-rata subgroup berada di luar batas tersebut, maka proses dianggap tidak terkendali.

Sementara itu, pada peta R, batas kendali menunjukkan batas variasi yang masih dianggap normal. Nilai R yang melebihi batas kendali mengindikasikan adanya variasi yang disebabkan oleh faktor khusus.

Dengan demikian, parameter yang diperoleh dari Tabel tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kestabilan proses melalui peta kendali.

**Gambar 3** Peta Kendali $\bar{X}$ Variabel Density

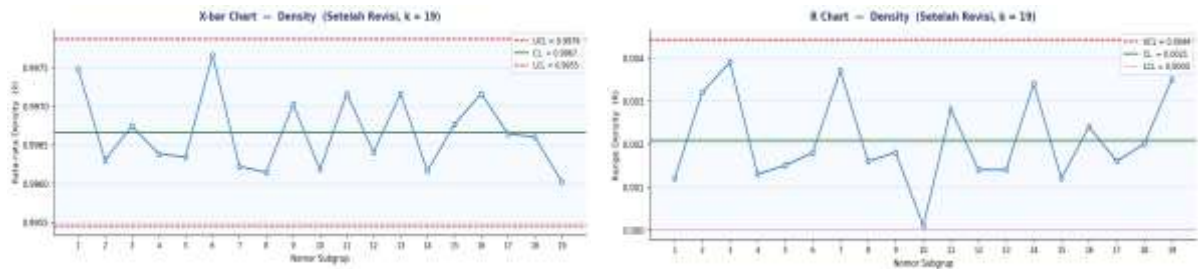


Gambar 4 Peta Kendali $\bar{X}$ Variabel Density

Berdasarkan Gambar $\bar{X}$ dan R, terdapat satu titik pada peta kendali $\bar{X}$ yang berada di luar batas kendali, sedangkan peta kendali R masih berada dalam batas yang ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa proses belum stabil dari sisi rata-rata, meskipun variasinya masih terkendali. Kondisi ini mengindikasikan adanya faktor khusus yang mempengaruhi proses.

Untuk memperoleh kondisi proses yang lebih stabil, dilakukan eliminasi terhadap subgrup yang berada di luar batas kendali, kemudian dilakukan perhitungan ulang parameter peta kendali.

Grafik Setelah Revisi



Berdasarkan peta kendali setelah revisi, seluruh titik pada peta $\bar{X}$ dan R berada dalam batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa proses telah stabil baik dari segi rata-rata maupun variasinya, sehingga variabel density dapat dinyatakan terkendali secara statistik setelah dilakukan perbaikan.

4.3 Analisis Variabel Alkohol

Analisis variabel alkohol menunjukkan adanya variasi yang lebih besar dibandingkan variabel lainnya. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan awal yang menunjukkan adanya beberapa subgrup yang berada di luar batas kendali. Data hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.

Table 5 Data Subgrup Variabel Alkohoh

No. SG	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Rata-rata ($\bar{x}$)	Range (R)	Keterangan
1	9.4000	9.8000	9.8000	9.8000	9.4000	9.6400	0.4000	Dalam Batas Kendali
2	9.4000	9.4000	10.0000	9.5000	9.2000	9.5000	0.8000	Dalam Batas Kendali
3	9.9000	9.1000	10.5000	9.2000	9.7000	9.6800	1.4000	Dalam Batas Kendali
4	9.5000	9.4000	9.7000	9.3000	9.5000	9.4800	0.4000	Dalam Batas Kendali
5	9.4000	9.8000	10.1000	9.8000	9.2000	9.6600	0.9000	Dalam Batas Kendali
6	9.6000	10.8000	9.7000	10.5000	9.3000	9.9800	1.5000	Dalam Batas Kendali
7	10.5000	10.3000	13.1000	9.2000	9.2000	10.4600	3.9000	Di Luar Batas Kendali
8	9.4000	9.4000	9.4000	10.2000	9.6000	9.6000	0.8000	Dalam Batas Kendali
9	10.0000	9.4000	9.2000	9.3000	9.8000	9.5400	0.8000	Dalam Batas Kendali
10	10.9000	10.9000	10.7000	10.5000	9.5000	10.5000	1.4000	Dalam Batas Kendali
11	9.2000	10.5000	10.7000	10.1000	9.1000	9.9200	1.6000	Dalam Batas Kendali
12	9.2000	9.1000	10.3000	10.1000	9.9000	9.7200	1.2000	Dalam Batas Kendali
13	9.6000	9.5000	9.0000	9.5000	9.9000	9.5000	0.9000	Dalam Batas Kendali
14	9.6000	10.5000	10.7000	9.8000	9.0000	9.9200	1.7000	Dalam Batas Kendali
15	10.2000	9.0000	9.2000	9.4000	9.2000	9.4000	1.2000	Dalam Batas Kendali
16	9.3000	9.3000	9.5000	9.8000	9.7000	9.5200	0.5000	Dalam Batas Kendali
17	9.5000	10.5000	10.0000	9.0000	10.9000	9.9800	1.9000	Dalam Batas Kendali
18	9.2000	9.5000	10.9000	10.9000	10.5000	10.2000	1.7000	Dalam Batas Kendali
19	9.4000	13.0000	9.9000	9.6000	9.2000	10.2200	3.8000	Di Luar Batas Kendali
20	9.6000	14.0000	9.4000	14.0000	9.4000	11.2800	4.6000	Di Luar Batas Kendali
Jumlah (Σ)						197.7000	31.4000	
Rata-rata (k = 20)						9.8850	1.5700	

Pada analisis awal, ditemukan bahwa subgrup ke-7, ke-19, dan ke-20 berada di luar batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa proses belum berada dalam kondisi terkendali dan terdapat variasi yang disebabkan oleh faktor khusus.

Selanjutnya dilakukan eliminasi terhadap subgrup tersebut dan dilakukan analisis ulang. Pada tahap revisi pertama, masih ditemukan satu subgrup yang berada di luar batas kendali, yaitu subgrup ke-10, sehingga dilakukan eliminasi lanjutan. Setelah tahap revisi kedua, seluruh titik pengamatan berada dalam batas kendali. Parameter akhir peta kendali disajikan pada Tabel 6.

Table 6 Parameter Peta Kendali $\bar{X}$ -R Variabel Alkohol

Parameter	Rumus	Nilai
Grand Average ($\bar{\bar{x}}$)	$\Sigma \bar{x} / 20$	9.8850
Rata-rata Range ($\bar{R}$)	$\Sigma R / 20$	1.5700
X-bar Chart		
UCL (X-bar)	$\bar{\bar{x}} + A_2 \times \bar{R} = 9.8850 + 0,577 \times 1.5700$	10.7909
CL (X-bar)	$= \bar{\bar{x}}$	9.8850
LCL (X-bar)	$\bar{\bar{x}} - A_2 \times \bar{R} = 9.8850 - 0,577 \times 1.5700$	8.9791
R Chart		
UCL (R)	$D_4 \times \bar{R} = 2,114 \times 1.5700$	3.3190
CL (R)	$= \bar{R}$	1.5700
LCL (R)	$D_3 \times \bar{R} = 0 \times 1.5700$	0,0000



Gambar 5 Peta Kendali $\bar{X}$ Variabel Alkohol



Gambar 6 Peta Kendali $\bar{X}$ Variabel Alkohol

Berdasarkan Gambar $\bar{X}$ dan R, terdapat beberapa titik pada peta kendali $\bar{X}$ yang berada di luar batas kendali, yang menunjukkan bahwa proses belum stabil secara statistik. Sementara itu, peta kendali R menunjukkan bahwa sebagian besar variasi masih berada dalam batas yang dapat diterima. Hal ini mengindikasikan adanya faktor khusus yang mempengaruhi rata-rata proses. Untuk memperoleh kondisi proses yang lebih stabil, dilakukan eliminasi terhadap subgrup yang berada di luar batas kendali, kemudian dilakukan perhitungan ulang parameter peta kendali.

Table 7 Parameter Setelah Revisi

Variabel	k Final	$\bar{\bar{x}}$ (CL)	$\bar{R}$	UCL X-bar	LCL X-bar	UCL R
pH	20	3.3383	0.3570	3.5443	3.1323	0.7547
Density	19	0.996659	0.002095	0.997868	0.995450	0.004428
Alcohol	16	9.7025	1.1063	10.3408	9.0642	2.3386

Berdasarkan Tabel parameter setelah revisi, diperoleh batas kendali baru di mana nilai rata-rata ($\bar{\bar{X}}$) dan rentang ($\bar{R}$) menunjukkan kondisi proses yang lebih stabil. Nilai UCL dan LCL yang dihasilkan menjadi acuan bahwa proses telah berada dalam batas kendali yang dapat diterima. Dengan demikian, setelah dilakukan eliminasi terhadap subgrup yang menyimpang, variabel alkohol dapat dinyatakan terkendali secara statistik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengendalian kualitas menggunakan peta kendali $\bar{X}$ -R terhadap variabel pH, density, dan alkohol pada produk wine, diperoleh gambaran bahwa tingkat kestabilan proses produksi berbeda pada setiap variabel yang diamati. Variabel pH menunjukkan kondisi yang stabil sejak awal, di mana seluruh titik pengamatan berada dalam batas kendali baik pada peta $\bar{X}$ maupun peta R. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi untuk variabel pH telah terkendali secara statistik dan hanya dipengaruhi oleh variasi alami.

Pada variabel density, ditemukan adanya satu titik yang berada di luar batas kendali pada peta $\bar{X}$, meskipun variasi proses yang ditunjukkan oleh peta R masih berada dalam batas kendali. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses belum sepenuhnya stabil dari sisi rata-rata dan masih terdapat faktor khusus yang mempengaruhi proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan perhatian lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab penyimpangan tersebut agar proses dapat berjalan lebih konsisten.

Sementara itu, variabel alkohol menunjukkan kondisi yang tidak stabil pada tahap awal, ditandai dengan adanya beberapa titik yang berada di luar batas kendali. Hal ini mengindikasikan bahwa proses produksi dipengaruhi oleh faktor khusus yang menyebabkan variasi yang tidak normal. Namun, setelah dilakukan eliminasi terhadap subgrup yang menyimpang dan perhitungan ulang parameter peta kendali, diperoleh kondisi proses yang lebih stabil dan seluruh titik berada dalam batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa proses dapat dikendalikan dengan baik setelah dilakukan perbaikan.

Secara keseluruhan, metode peta kendali $\bar{X}$ -R terbukti efektif dalam mengidentifikasi variasi proses serta membantu dalam upaya pengendalian kualitas produk wine. Melalui penerapan metode ini, penyimpangan dalam proses dapat dideteksi lebih awal sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan untuk menjaga kestabilan dan konsistensi kualitas produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Aich, S., et al. (2019). Consumer behavior towards wine: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 56(8), 3891–3902.
- Anton Paar. (2025). *Wine measurement systems*. Retrieved from <https://www.anton-paar.com/cn-cn/products/details/wine-measurement-systems/>
- Conti, M., et al. (2024). Sustainability and quality in wine production: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 392, 136128.
- Cortez, P., et al. (2009). Modeling wine preferences by data mining from physicochemical properties. *Decision Support Systems*, 47(4), 547–553.
- Dahal, K., et al. (2021). Wine quality prediction using machine learning algorithms: A comparative study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 188, 106352.
- Gupta, S. (2018). Wine quality evaluation: A review of traditional and modern methods. *Trends in Food Science & Technology*, 79, 15–26.
- Kumar, A., et al. (2020). Machine learning based wine quality prediction: A review. *International Journal of Computer Applications*, 176(4), 1–6.
- Nugroho, A. (2022). Analisis pengendalian kualitas menggunakan metode $\bar{X}$ -R chart. *Jurnal Nucleus*.
- OIV. (2025). *Section 3.1.2 - Alcohols*. Retrieved from <https://www.oiv.int/standards/annex-a-methods-of-analysis-of-wines-and-musts/section-3-chemical-analysis/section-3-1-organic-compounds/section-3-1-2-alcohols>
- Putra, D. (2025). Penerapan peta kendali $\bar{X}$ dalam pengendalian kualitas. *Jurnal UJSDS*.
- Sinaga, T., et al. (2025). Analisis kualitas wine menggunakan machine learning dengan pendekatan SMOTE dan seleksi fitur. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(3), 656–668.
- Sari, M. (2021). Analisis pH dan kadar alkohol pada minuman fermentasi. *ResearchGate Publication*.
- Tommasone, S. (2024). *Wine analysis: From quality control to authenticity verification*. Retrieved from <https://www.azolifesciences.com/article/Wine-Analysis-From-Quality-Control-to-Authenticity-Verification.aspx>
- Wikipedia. (2025a). *Diagram $\bar{X}$ bar-R*. Retrieved from https://id.wikipedia.org/wiki/Diagram_Xbar-R
- Wikipedia. (2025b). *$\bar{X}$ and R chart*. Retrieved from https://en.m.wikipedia.org/wiki/Xbar_and_R_chart
- Zahedi, M., et al. (2021). Wine quality prediction using deep learning approaches. *Journal of Food Engineering*, 303, 110908.