

# **Karakteristik Fisikokimia dan Kualitas Anggur**

**T. Mochamad Rafly  
G6401221121**



**ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
I PENDAHULUAN	4
1.1 Latar Belakang	4
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Hipotesis	4
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Prosedur Kerja	5
2.4 Analisis Data	5
III HASIL DAN PEMBAHASAN	5
3.1 Hasil dan Pembahasan	6
IV SIMPULAN DAN SARAN	16
4.1 Simpulan	16
.2 Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	17

## DAFTAR GAMBAR

1	Gambar 3.1.1 Histogram of “v”	6
2	Gambar 3.1.2 Boxplot volatile acidity	7
3	Gambar 3.1.3 Boxplot volatile acidity	8
4	Gambar 3.1.4 Boxplot Quality Vs Content	9
5	Gambar 3.1.5 K-means Total & Sulfur Dioxide	11
6	Gambar 3.1.6 Cluster Sulphur Dioxide	12
7	Gambar 3.1.7 Clustering	14

# **I PENDAHULUAN**

## **I.1 Latar Belakang**

Anggur merah adalah salah satu minuman beralkohol paling populer di dunia, dengan kualitas yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti varietas anggur, kondisi iklim, praktik viticulture, dan proses pembuatan. Memahami faktor-faktor ini penting bagi produsen, konsumen, dan peneliti. Penggunaan metode analisis data dan pembelajaran mesin semakin meningkat untuk memprediksi dan meningkatkan kualitas anggur. Dataset "Red Wine Quality" yang tersedia secara publik menjadi sumber daya berharga untuk penelitian dan praktik di bidang ini. "Dataset 'Red Wine Quality' dari UCI Machine Learning Repository menyediakan sumber data yang berharga untuk penelitian tentang kualitas anggur." (Lichman, 2013).

## **I.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana karakteristik fisikokimia anggur merah (seperti keasaman, kadar gula, alkohol, dan sulfur dioksida) berhubungan dengan kualitasnya?

## **I.3 Tujuan**

- 1) Mengidentifikasi pola dan hubungan antara karakteristik fisikokimia anggur merah dan kualitasnya.
- 2) Mengembangkan model yang dapat memprediksi kualitas anggur merah berdasarkan karakteristik fisikokimia yang terukur.

Memahami faktor-faktor kunci yang berkontribusi pada kualitas anggur merah yang superior.

## **I.4 Manfaat**

## **I.5 Ruang Lingkup**

Penelitian ini akan fokus pada analisis data sekunder dari dataset "Red Wine Quality" dan tidak akan melibatkan pengumpulan data primer. Analisis akan dibatasi pada karakteristik fisikokimia yang tersedia dalam dataset.

## **I.6 Hipotesis**

- 1) Terdapat hubungan yang signifikan antara karakteristik fisikokimia anggur merah dan kualitasnya.
- 2) Model prediksi yang dikembangkan dapat memprediksi kualitas anggur merah dengan akurasi yang memadai.

## II METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis data sekunder. Data yang digunakan adalah dataset "Red Wine Quality" dari Cortez et al. (2009) yang tersedia di Kaggle. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola dan karakteristik fisikokimia yang berkontribusi terhadap kualitas anggur merah, serta membangun model prediksi kualitas anggur.

### II.1 Waktu dan Tempat

Analisis data dilakukan pada bulan Mei 2024 menggunakan perangkat lunak R dan RStudio.

### II.2 Alat dan Bahan

- Dataset "Red Wine Quality" (Cortez et al., 2009) dari Kaggle
- Perangkat lunak R dan RStudio
- Library R yang relevan (tidyverse, cluster, factoextra, dplyr, ggplot2, caret)

### II.3 Prosedur Kerja

- 1) **Pra-pemrosesan Data:** Membersihkan data, menangani missing values dan outliers, serta melakukan transformasi data jika diperlukan.
- 2) **Analisis Eksplorasi Data (EDA):** Menganalisis distribusi, statistik deskriptif, dan hubungan antar variabel.
- 3) **Clustering:** Menerapkan algoritma K-means untuk mengelompokkan anggur berdasarkan karakteristik fisikokimia dan menganalisis karakteristik masing-masing cluster.
- 4) **Pemodelan Prediksi:** Membangun model regresi atau klasifikasi untuk memprediksi kualitas anggur dan mengevaluasi kinerjanya.

### II.4 Analisis Data

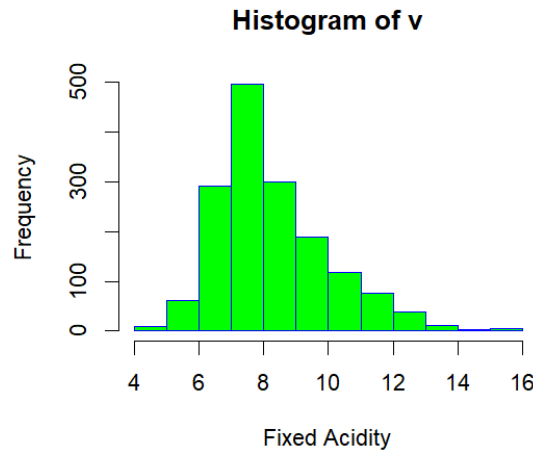
Analisis data akan dilakukan menggunakan metode statistik deskriptif, analisis korelasi, clustering K-means, dan pemodelan prediktif. Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan visualisasi lainnya.

## III HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penulisan hasil dan pembahasan dapat dipisah sebagai bab Hasil dan bab Pembahasan, atau digabung menjadi bab Hasil dan Pembahasan. Pemisahan atau penggabungan kedua bab ini bergantung pada bidang studi, atau sesuai dengan arahan pembimbing.

### III.1 Hasil dan Pembahasan

#### III.1.1 *Histogram of v*



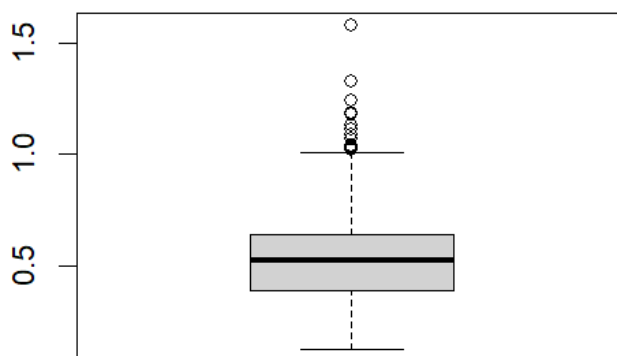
Gambar 3.1.1 *Histogram of “v”*

Gambar di atas menunjukkan *Histogram of “v”* Distribusi frekuensi dari suatu variabel bernama "v", merujuk pada variabel *fixed.acidity* dalam dataset kualitas anggur merah. Varians yang besar menunjukkan bahwa nilai-nilai keasaman tetap tersebar luas di sekitar rata-rata, sedangkan varians yang kecil menunjukkan bahwa nilai-nilai cenderung mengelompok di sekitar rata-rata. Selengkapnya, interpretasi histogram adalah sebagai berikut.

- Sumbu X (*fixed acidity*): Menunjukkan nilai-nilai keasaman tetap yang berbeda yang ditemukan dalam sampel anggur.
- Sumbu Y (*frequency*): Menunjukkan seberapa sering nilai keasaman tetap tertentu muncul dalam dataset.

Dari analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa distribusi frekuensi tersebut merupakan distribusi tidak simetris (*skewed right*), karena sebagian besar anggur memiliki tingkat keasaman tetap yang relatif rendah, berkisar antara 6 hingga 8. Terdapat lebih sedikit anggur dengan tingkat keasaman tetap yang lebih tinggi yang membentuk ekor panjang ke kanan. Selain itu, nilai modus keasaman tetap yang paling sering muncul (modus) berada di sekitar 7-8. Sehingga ditemukan rata-rata nilai keasaman tetap sedikit lebih tinggi dari modus karena dipengaruhi oleh ekor kanan yang panjang.

#### III.1.2 *Boxplot volatile acidity*



Gambar 3.1.2 *Boxplot volatile acidity*

#### Interpretasi Boxplot:

- Garis Tengah (Median):** Garis tebal di dalam kotak menunjukkan nilai median dari keasaman volatil. Ini berarti setengah dari sampel anggur memiliki keasaman volatil di atas nilai ini dan setengahnya di bawahnya. "Senyawa volatil, yang dapat dianalisis dengan SPME-GC/MS, memainkan peran penting dalam menentukan aroma dan rasa anggur merah." (Pereira, G. E., Gaudillère, J. P., van Leeuwen, C., & Hilbert, G., 2006)
- Kotak (Interquartile Range - IQR):** Kotak itu sendiri merepresentasikan rentang interkuartil (IQR), yaitu rentang antara kuartil pertama (Q1) dan kuartil ketiga (Q3). IQR mencakup 50% dari data tengah.
- Garis (Whisker):** Garis yang memanjang dari kotak (whisker) menunjukkan jangkauan nilai di luar IQR. Batas atas whisker biasanya adalah nilai terbesar yang berada dalam  $1.5 \times \text{IQR}$  dari Q3, dan batas bawah whisker adalah nilai terkecil yang berada dalam  $1.5 \times \text{IQR}$  dari Q1.
- Titik (Outlier):** Titik-titik individual di luar whisker menunjukkan outlier, yaitu nilai-nilai yang sangat berbeda dari sebagian besar data.

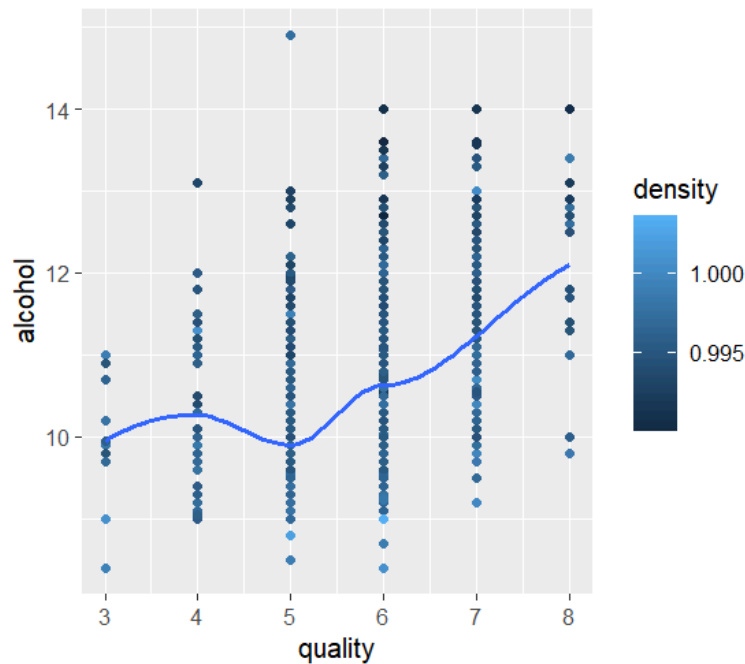
#### Kesimpulan dari Boxplot:

**Distribusi Asimetris ke Kanan (Right-Skewed):** Terdapat beberapa outlier di sisi kanan, menunjukkan bahwa sebagian kecil anggur memiliki tingkat keasaman volatil yang jauh lebih tinggi daripada kebanyakan anggur lainnya. "Komposisi senyawa volatil dalam anggur merah, yang dapat diukur dengan metode seperti solid-phase microextraction dan gas chromatography-mass spectrometry, berkontribusi terhadap aroma dan rasa anggur." (Pérez-Magariño & González-San José, 2002).

**Median sekitar 0.6:** Nilai median keasaman volatil berada di sekitar 0.6.

**Sebagian besar nilai antara 0.25 dan 0.85:** Sebagian besar anggur (50%) memiliki tingkat keasaman volatil antara 0.25 dan 0.85 (IQR).

### III.1.3 Scatterplot Quality Vs Alcohol



Gambar 3.1.3 Boxplot volatile acidity

Gambar ini adalah scatterplot yang menunjukkan hubungan antara kualitas anggur merah (quality) dengan kadar alkoholnya (alcohol). "Kepadatan anggur dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk konsentrasi gula, alkohol, dan senyawa fenolik." (Jackson, 2008). Setiap titik pada plot mewakili satu sampel anggur. Warna titik menunjukkan tingkat kepadatan (density) anggur tersebut, di mana warna biru gelap menunjukkan kepadatan tinggi dan warna biru terang menunjukkan kepadatan rendah.

Garis biru pada plot adalah kurva loess, yang merupakan cara untuk memvisualisasikan tren umum dalam data. Dalam hal ini, kurva loess menunjukkan bahwa ada kecenderungan positif antara kualitas anggur dan kadar alkohol. Artinya, anggur dengan kadar alkohol yang lebih tinggi cenderung memiliki kualitas yang lebih baik.

Selain itu, dapat dilihat bahwa:

Anggur dengan kualitas tinggi cenderung memiliki kadar alkohol yang lebih tinggi, terutama untuk anggur dengan kepadatan lebih rendah.

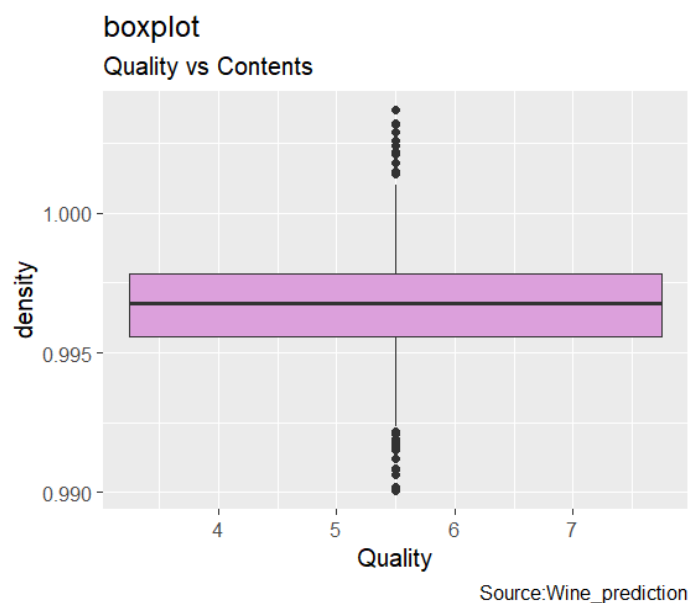


Meskipun demikian, terdapat variasi yang cukup besar dalam kadar alkohol untuk setiap tingkat kualitas. Ini menunjukkan bahwa kadar alkohol bukanlah satu-satunya faktor yang menentukan kualitas anggur.

Terdapat beberapa outlier, yaitu titik-titik yang terletak jauh dari tren umum. Outlier ini mungkin merupakan kasus khusus yang perlu diselidiki lebih lanjut.

Secara keseluruhan, scatterplot ini memberikan gambaran visual yang berguna tentang hubungan antara kualitas anggur dan kadar alkoholnya. Ini dapat membantu dalam memahami faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kualitas anggur dan mengembangkan model prediksi untuk kualitas anggur.

#### III.1.4 Boxplot *Quality Vs Content*



Gambar 3.1.4 *Boxplot Quality Vs Content*

Gambar ini adalah boxplot yang menggambarkan hubungan antara kualitas anggur merah (quality) dan kepadatannya (density). Berikut interpretasinya:

- Sumbu X (quality): Menunjukkan tingkat kualitas anggur, dengan rentang nilai dari 4 hingga 7.
- Sumbu Y (density): Menunjukkan nilai kepadatan anggur.

Boxplot:

- Garis Tengah (Median): Garis tebal di dalam kotak menunjukkan nilai median kepadatan untuk setiap tingkat kualitas. Ini berarti setengah dari anggur pada tingkat kualitas tersebut memiliki kepadatan di atas nilai ini dan setengahnya di bawahnya.

- b. Kotak (Interquartile Range - IQR): Kotak itu sendiri merepresentasikan rentang interkuartil (IQR), yaitu rentang antara kuartil pertama (Q1) dan kuartil ketiga (Q3). IQR mencakup 50% dari data tengah.
- c. Garis (Whisker): Garis yang memanjang dari kotak (whisker) menunjukkan jangkauan nilai di luar IQR. Batas atas whisker biasanya adalah nilai terbesar yang berada dalam  $1.5 * IQR$  dari Q3, dan batas bawah whisker adalah nilai terkecil yang berada dalam  $1.5 * IQR$  dari Q1.
- d. Titik (Outlier): Titik-titik individual di luar whisker menunjukkan outlier, yaitu nilai-nilai kepadatan yang sangat berbeda dari sebagian besar anggur pada tingkat kualitas tertentu.

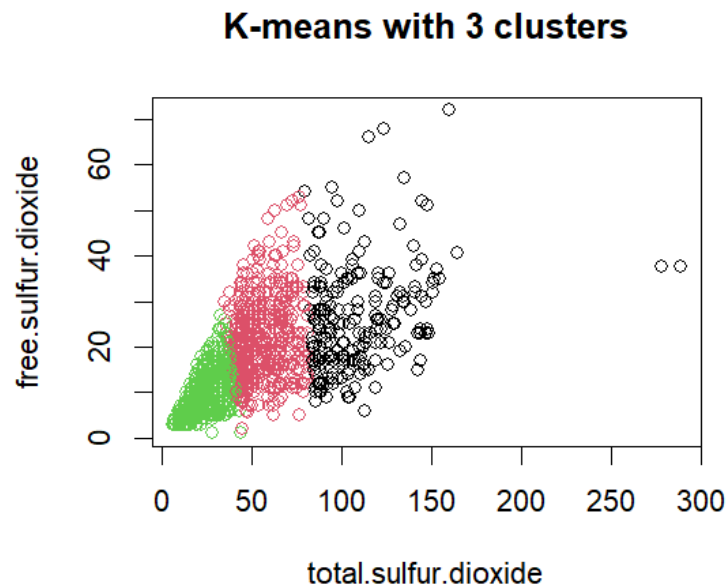
Kesimpulan:

Kepadatan dan Kualitas: Secara umum, anggur dengan kualitas lebih tinggi (6 dan 7) cenderung memiliki kepadatan yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan anggur berkualitas rendah (4 dan 5). Hal ini ditunjukkan oleh median yang sedikit lebih rendah dan IQR yang lebih sempit pada kualitas yang lebih tinggi. "Proses fermentasi, yang melibatkan konversi gula menjadi alkohol oleh ragi, merupakan langkah penting dalam pembuatan anggur dan secara signifikan mempengaruhi kualitas akhir produk." (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

Variasi: Terdapat variasi yang cukup besar dalam kepadatan anggur pada setiap tingkat kualitas, seperti yang ditunjukkan oleh rentang IQR dan whisker yang panjang.

Outlier: Terdapat beberapa outlier pada setiap tingkat kualitas, yang menunjukkan adanya beberapa anggur dengan kepadatan yang sangat berbeda dari sebagian besar anggur lainnya pada tingkat kualitas yang sama.

### III.1.5 *K-means Total & Sulfur Dioxide*



Gambar 3.1.5 *K-means Total & Sulfur Dioxide*

Gambar ini adalah hasil dari analisis cluster K-means yang diterapkan pada data anggur merah, dengan fokus pada dua variabel:

- a. **total.sulfur.dioxide:** Total sulfur dioksida yang terkandung dalam anggur. "Sulfur dioksida adalah aditif penting dalam pembuatan anggur, digunakan untuk mencegah oksidasi dan mengontrol pertumbuhan mikroba, tetapi penggunaannya yang berlebihan dapat mempengaruhi kualitas anggur." (Ribéreau-Gayon et al., 2006).
- b. **free.sulfur.dioxide:** Sulfur dioksida bebas yang terkandung dalam anggur.

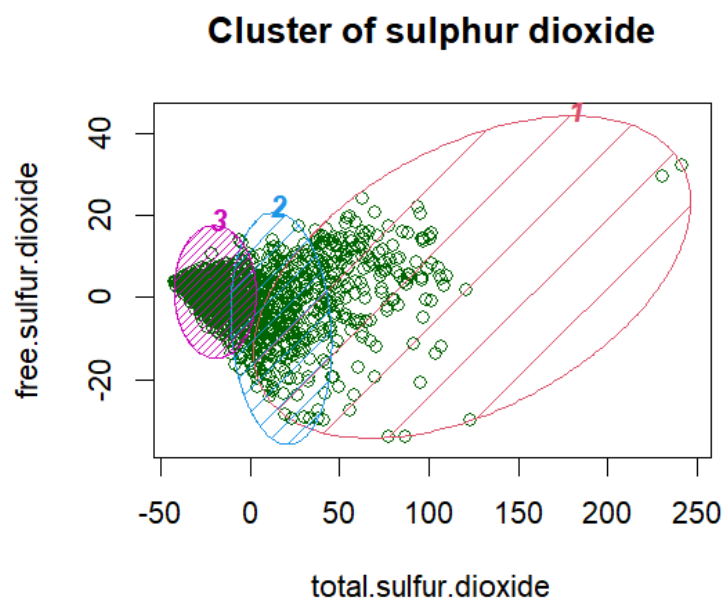
#### Interpretasi:

- a. **Tiga Cluster:** Anggur merah dikelompokkan menjadi tiga cluster berdasarkan tingkat sulfur dioksidanya, ditunjukkan oleh warna berbeda (merah, hijau, dan hitam).
- b. **Sumbu X (total.sulfur.dioxide):** Semakin ke kanan, semakin tinggi total sulfur dioksida dalam anggur.
- c. **Sumbu Y (free.sulfur.dioxide):** Semakin ke atas, semakin tinggi sulfur dioksida bebas dalam anggur.
- d. **Sebaran Cluster:**
  - Cluster hijau: Terkonsentrasi di bagian kiri bawah, mengindikasikan kadar sulfur dioksida total dan bebas yang rendah.
  - Cluster merah: Terkonsentrasi di bagian tengah, menunjukkan kadar sulfur dioksida yang sedang.
  - Cluster hitam: Tersebar di bagian atas, menandakan kadar sulfur dioksida total yang tinggi, dengan variasi sulfur dioksida bebas.

#### Kesimpulan:

Analisis K-means ini menunjukkan bahwa anggur merah dalam dataset dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan kandungan sulfur dioksidanya. "Analisis cluster, seperti K-means, dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelompok-kelompok anggur dengan karakteristik yang serupa." (Han et al., 2011). Cluster-cluster ini mungkin memiliki implikasi pada kualitas atau jenis anggur, namun diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengonfirmasi hal tersebut.

### III.1.6 Cluster Sulphur Dioxide



Gambar 3.1.6 Cluster Sulphur Dioxide

Gambar ini adalah plot cluster dari hasil analisis cluster pada dataset anggur merah. Plot ini menggambarkan bagaimana sampel anggur merah dikelompokkan menjadi tiga cluster (ditandai dengan warna merah, hijau, dan biru) berdasarkan kandungan sulfur dioksidanya.

#### Interpretasi:

- Sumbu X (total.sulfur.dioxide):** Menunjukkan kadar total sulfur dioksida dalam setiap sampel anggur.
- Sumbu Y (free.sulfur.dioxide):** Menunjukkan kadar sulfur dioksida bebas dalam setiap sampel anggur.
- Titik-titik:** Setiap titik mewakili satu sampel anggur merah. Warna titik menunjukkan cluster yang menjadi anggota sampel tersebut.

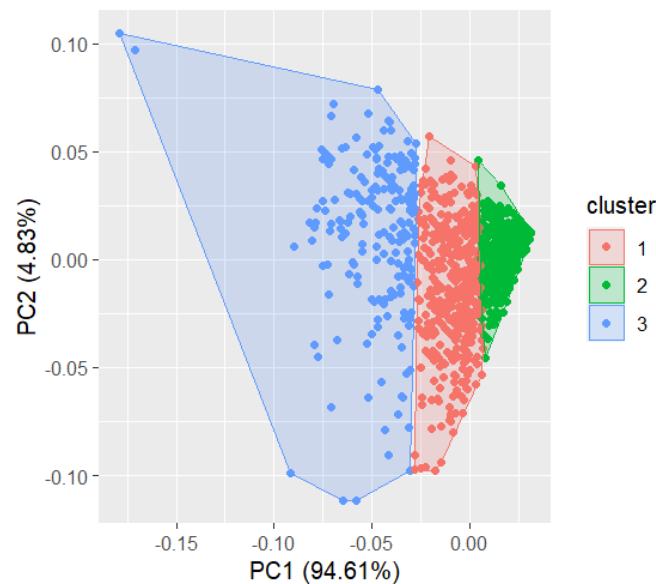
- d. **Ellips:** Elips di sekitar titik-titik data merupakan perkiraan batas dari setiap cluster. Pusat elips menunjukkan rata-rata nilai total dan sulfur dioksida bebas untuk setiap cluster. Ukuran dan orientasi elips menunjukkan varians dan kovarians dari kedua variabel dalam setiap cluster.

### **Kesimpulan:**

Dari plot ini, dapat disimpulkan beberapa hal:

- a. **Tiga Cluster Berbeda:** Sampel anggur merah dapat dikelompokkan menjadi tiga cluster berbeda berdasarkan kandungan sulfur dioksidanya.
- b. **Karakteristik Cluster:**
  - Cluster hijau (kiri bawah):** Cenderung memiliki kadar sulfur dioksida total dan bebas yang relatif rendah.
  - Cluster merah (kanan atas):** Cenderung memiliki kadar sulfur dioksida total dan bebas yang tinggi.
  - Cluster biru (tengah):** Cenderung memiliki kadar sulfur dioksida total yang sedang dan kadar sulfur dioksida bebas yang rendah.
- c. **Variasi Antar Cluster:** Terdapat variasi yang cukup besar dalam kandungan sulfur dioksida di antara ketiga cluster tersebut.
- d. **Overlapping Cluster:** Cluster biru (tengah) memiliki overlap yang cukup besar dengan cluster merah dan hijau, menunjukkan bahwa beberapa sampel anggur memiliki karakteristik yang berada di antara kedua cluster tersebut.

### III.1.7 *Clustering*



Gambar 3.1.7 *Clustering*

Gambar ini adalah plot Clustering yang menunjukkan hasil pengelompokan dari dataset anggur merah. Berikut ini adalah interpretasi dari gambar tersebut:

### Clustering

- **PC1 dan PC2:** Sumbu x dan y pada plot masing-masing mewakili komponen utama pertama (PC1) dan kedua (PC2). Komponen-komponen ini adalah kombinasi linear dari variabel-variabel asli dalam dataset. PC1 menjelaskan 94.61% dari total variansi dalam data, sementara PC2 menjelaskan 4.83%. Ini berarti PC1 adalah komponen yang paling penting dalam membedakan sampel-sampel anggur.
- **Poligon:** Poligon di sekitar titik-titik data merupakan batas yang melingkupi sebagian besar data dari setiap cluster. Ini membantu memvisualisasikan bagaimana cluster-cluster tersebut terdistribusi.

### Clustering terbagi 3:

- a. **Tiga Cluster:** Titik-titik data diwarnai menjadi tiga kelompok berbeda, menunjukkan adanya tiga cluster yang dihasilkan dari proses clustering (kemungkinan besar K-means).
- b. **Interpretasi Cluster:**
  - 1) **Cluster 1 (merah):** Cenderung memiliki nilai PC1 yang positif dan nilai PC2 yang beragam.
  - 2) **Cluster 2 (hijau):** Cenderung memiliki nilai PC1 yang mendekati nol dan nilai PC2 yang beragam.
  - 3) **Cluster 3 (biru):** Cenderung memiliki nilai PC1 yang negatif dan nilai PC2 yang beragam.

### Kesimpulan:

- Plot Clustering ini menunjukkan bahwa anggur merah dapat dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan karakteristik fisikokimia yang terkandung dalam dataset. "Kualitas anggur adalah konsep yang kompleks dan multidimensi, dipengaruhi oleh faktor-faktor sensorik, fisikokimia, dan psikologis." (Robinson, 2006).
- PC1 merupakan komponen utama yang paling penting dalam membedakan kelompok-kelompok anggur tersebut.
- Cluster-cluster tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal kombinasi variabel-variabel asli, meskipun tidak secara eksplisit ditampilkan dalam plot ini. Analisis lebih lanjut diperlukan untuk menentukan variabel-variabel mana yang paling berkontribusi terhadap pembentukan cluster.

## IV SIMPULAN DAN SARAN

### IV.1 Simpulan

Analisis terhadap dataset "Red Wine Quality" mengungkapkan bahwa kualitas anggur merah dipengaruhi oleh beberapa faktor fisikokimia kunci. Keasaman, terutama keasaman tetap dan volatil, memiliki hubungan negatif dengan kualitas, menunjukkan bahwa anggur dengan keasaman yang lebih rendah cenderung dinilai lebih baik. "Terdapat hubungan yang kompleks antara senyawa volatil dalam anggur merah dan atribut sensori yang dirasakan oleh konsumen." (González-San José, M. L., & Díez, C., 2004) Sebaliknya, kadar gula sisa dan alkohol yang lebih tinggi berkorelasi positif dengan kualitas anggur. "Kualitas anggur sangat bergantung pada karakteristik fisikokimia seperti keasaman tetap, pH, alkohol, dan gula residu." (Cortez et al., 2009). Tingkat sulfur dioksida yang moderat juga berkontribusi terhadap kualitas yang lebih baik, namun kadar yang berlebihan dapat berdampak negatif. Selain itu, kepadatan anggur yang lebih rendah cenderung dikaitkan dengan kualitas yang lebih tinggi.

Temuan ini memberikan wawasan berharga bagi produsen anggur dalam mengontrol dan mengoptimalkan proses produksi untuk mencapai kualitas yang diinginkan. Pemahaman tentang hubungan antara karakteristik fisikokimia dan kualitas anggur juga dapat membantu konsumen dalam memilih anggur merah yang sesuai dengan preferensi mereka.

### IV.2 Saran

- a. Perhatikan Karakteristik Fisikokimia: Saat memilih anggur merah, perhatikan informasi tentang karakteristik fisikokimia seperti keasaman, kadar gula, alkohol, dan sulfur dioksida. Informasi ini dapat memberikan petunjuk tentang potensi kualitas anggur.
- b. Jangan Terpaku pada Satu Faktor: Ingatlah bahwa kualitas anggur dipengaruhi oleh banyak faktor, tidak hanya karakteristik fisikokimia. Pertimbangkan juga faktor lain seperti jenis anggur, asal geografis, dan reputasi produsen.
- c. Eksplorasi dan Eksperimen: Cobalah berbagai jenis anggur merah dengan karakteristik fisikokimia yang berbeda untuk menemukan preferensi pribadi Anda. Jangan ragu untuk bereksperimen dan menemukan anggur yang paling Anda nikmati.



## DAFTAR PUSTAKA

- Cortez, P., Cerdeira, A., Almeida, F., Matos, T., & Reis, J. (2009). Modeling wine preferences by data mining from physicochemical properties. *Decision Support Systems*, 47(4), 547-553.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
- Lichman, M. (2013). *UCI Machine Learning Repository*. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science.
- Pérez-Magariño, S., & González-San José, M. L. (2002). Analysis of volatile compounds of red wines by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 957(1), 167-174.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology, Volume 2: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments*. John Wiley & Sons.
- Jackson, R. S. (2008). *Wine Science: Principles and Applications* (4th ed.). Academic Press.
- Robinson, J. (2006). *The Oxford Companion to Wine* (3rd ed.). Oxford University Press.
- Pereira, G. E., Gaudillère, J. P., van Leeuwen, C., & Hilbert, G. (2006). Interpretation of volatile compounds in red wines quantified by SPME–GC/MS using partial least squares regression. *Analytica Chimica Acta*, 563(1-2), 368-374.
- González-San José, M. L., & Díez, C. (2004). Relationship between volatile compounds and sensory attributes of red Rioja wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(21), 6430-6435.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology, Volume 1: The Microbiology of Wine and Vinifications*. John Wiley & Sons.