



**COMPARISON OF CHLORIDE LEVELS IN WASTEWATER SAMPLES WITH ARGENTOMETRIC TITRATION METHODS: MOHR, FAJANS, AND VOLHARD**

**PERBANDINGAN KADAR KLORIDA DALAM SAMPEL AIR LIMBAH DENGAN METODE TITRASI ARGENTOMETRI: MOHR, FAJANS, DAN VOLHARD**

Magfirah Nur Annisa<sup>1</sup>, Selfina Gala<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Fajar Makassar, Indonesia

E-mail: [magfhiranurannisa@icloud.com](mailto:magfhiranurannisa@icloud.com)<sup>1</sup>, [selfinagala90@gmail.com](mailto:selfinagala90@gmail.com)<sup>2</sup>

**ARTICLE INFO**

**ABSTRACT**

**Correspondent:**

**Magfirah Nur Annisa**  
[magfhiranurannisa@icloud.com](mailto:magfhiranurannisa@icloud.com)

**Key words:**

*Chloride, Argentometry, Mohr Method, Fajans Method, Volhard Method, Wastewater*

**Website:**

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

**Page: 648 - 661**

Argentometric titration is a method that is often used to determine chloride levels in water samples due to its accuracy and sensitivity. This method involves the reaction between chloride ions and silver ions ( $Ag^+$ ) to form silver chloride precipitates ( $AgCl$ ). There are three main approaches in argentometric titration, namely the Mohr, Fajans, and Volhard methods. This study aims to compare the three methods in determining chloride levels from wastewater samples. By conducting tests and comparisons, it is hoped that the most effective, accurate, and appropriate method for analyzing chloride levels in wastewater can be obtained. This is important to support efforts to better manage wastewater, in accordance with environmental regulations and industrial needs. The results showed that the Volhard method produced the highest chloride levels (361.83 mg/L) with the largest standard deviation (2.5), indicating a higher variation in results. The Mohr method gave intermediate results (357.17 mg/L) with a standard deviation of 2.1, while the Fajans method produced the lowest chloride levels (352.53 mg/L) but with the highest precision (standard deviation 1.8). In terms of accuracy and consistency, the Fajans method is superior, while the Mohr method is more practical for various types of samples. The Volhard method tends to be less precise and is more affected by interference from other ions. This study recommends the Fajans method for high-precision analysis and the Mohr method as a simpler alternative.

Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p><b>Koresponden</b></p> <p><b>Magfirah Nur Annisa</b> <i>magfhiranurannisa@icloud.com</i></p> <p><b>Kata kunci:</b> <b>Klorida, Argentometri, Metode Mohr, Metode Fajans, Metode Volhard, Air Limbah</b></p> <p><b>Website:</b> <i>https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR</i></p> <p><b>Hal: 648 - 661</b></p>	<p>Titration argentometry is a method that is often used to determine the concentration of chloride in water samples because of its accuracy and sensitivity. This method involves a reaction between chloride ions and silver ions (<math>Ag^+</math>) to form silver chloride (<math>AgCl</math>) precipitate. There are three main approaches in argentometry, namely the Mohr, Fajans, and Volhard methods. This study aims to compare these three methods in determining the concentration of chloride from wastewater samples. Through testing and comparison, it is expected that the most effective, accurate, and suitable method for chloride analysis in wastewater can be obtained. This is important to support wastewater management efforts that are better, suitable with environmental regulations and industrial needs. The results show that the Volhard method produces the highest chloride concentration (361,83 mg/L) with the largest standard deviation (2,5), indicating higher results. The Mohr method gives a middle result (357,17 mg/L) with a standard deviation of 2,1, while the Fajans method produces the lowest chloride concentration (352,53 mg/L) but with the highest precision (standard deviation 1,8). From the accuracy and consistency, the Fajans method is the best, while the Mohr method is more practical for various types of samples. The Volhard method tends to be less precise and more influenced by interference from other ions. This research recommends the Fajans method for analysis with high accuracy and the Mohr method as an alternative that is simpler.</p> <p style="text-align: right;"><i>Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.</i></p>

## PENDAHULUAN

Air limbah merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang perlu dikelola dengan baik untuk mencegah dampak negatif terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air limbah adalah kadar klorida ( $Cl^-$ ), yang berpotensi menyebabkan korosi pada infrastruktur dan gangguan pada ekosistem air. Oleh karena itu, pengukuran kadar klorida secara akurat dan tepat sangat penting untuk mendukung pengelolaan air limbah yang sesuai dengan standar lingkungan (Bakkara & Purnomo, 2022).

Titration argentometry is a method that is often used to determine the concentration of chloride in water samples because of its accuracy and sensitivity. This method involves a reaction between chloride ions and silver ions ( $Ag^+$ ) to form silver chloride ( $AgCl$ ) precipitate. There are three main approaches in argentometry, namely the Mohr, Fajans, and Volhard methods (Pasetia et al., 2023).

The Mohr method uses chromate ( $CrO_4^{2-}$ ) as an indicator to detect the end point of titration through a color change. The Fajans method, on the other hand, uses adsorption of the indicator fluorescein which is sensitive to silver ions. Meanwhile, the Volhard method is a back titration carried out in an acidic medium using an iron (III) indicator to detect the remaining silver ions. Each method has its own advantages, limitations, and application conditions (Belladonna et al., 2020).

Studi ini bertujuan untuk membandingkan ketiga metode tersebut dalam menentukan kadar klorida dari sampel air limbah. Dengan melakukan pengujian dan perbandingan, diharapkan dapat diperoleh metode yang paling efektif, akurat, dan sesuai untuk analisis kadar klorida pada air limbah. Hal ini penting untuk mendukung upaya pengelolaan air limbah yang lebih baik, sesuai dengan regulasi lingkungan dan kebutuhan industri.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian telah dilakukan kurang lebih selama 1 bulan dimulai pada bulan Januari hingga bulan Februari, di UPT laboratorium lingkungan Hidup. Dengan menggunakan sampel air limbah Rumah Sakit dengan kode AL/SLM B. dan AL/R201.Sl.B

### Bahan dan Alat

#### a. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Sampel Air Limbah, Aquades, NaCl,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , NaOH,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , Kertas saring Whatman No. 40, Larutan Standar klorida 1000 ppm, Merkuri tiosianat ( $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ ), Besi (III) nitrat ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ )

#### b. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah buret, *erlenmeyer*, gelas ukur, pH meter, pipet ukur, Pipet volumetric, Gelas beker, Desikator Oven, Timbangan analitik, Spektrofotometer UV-Vis, Kuvet visible, Labu ukur (untuk membuat larutan standar), Corong gelas dan Kertas saring Whatman No. 40

### Proses Penelitian

#### Analisa Air Limbah Titrasi Argentometri

Untuk proses penelitian akan dilakukan Analisa sampel air limbah dengan menggunakan Titrasi Argentometri dan Spektrofotometer UV-Vis dengan langkah – langkah sebagai berikut:

#### a. Metode Morh:

Pipet 100 mL contoh uji atau sejumlah volume contoh uji yang telah diencerkan menjadi 100 mL, masukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL; tambahkan 1 mL larutan indikator  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ; titar dengan larutan  $\text{AgNO}_3$  sampai terbentuk warna kuning kemerahan sebagai titik akhir, catat kebutuhan larutan  $\text{AgNO}_3$  (A mL); lakukan langkah a) sampai c) dengan menggunakan air bebas mineral sebagai blanko, catat kebutuhan larutan  $\text{AgNO}_3$  (B mL).

#### b. Metode Fajans

Larutan sampel yang mengandung  $\text{Cl}^-$  dititrasi dengan larutan standar  $\text{AgNO}_3$ . Indikator adsorpsi (misalnya fluorescein) ditambahkan. Saat  $\text{AgCl}$  mulai terbentuk, partikel endapan bermuatan negatif. Ketika  $\text{Ag}^+$  berlebih, muatan partikel beralih menjadi positif dan indikator teradsorpsi, menyebabkan perubahan warna dari hijau-kuning menjadi merah muda. Perubahan warna ini menandai titik akhir titrasi.

#### c. Metode Volhard

Larutan sampel yang mengandung  $\text{Cl}^-$  dititrasi secara tidak langsung dengan larutan standar  $\text{AgNO}_3$  dalam kondisi asam ( $\text{HNO}_3$ ). Setelah seluruh  $\text{Cl}^-$  bereaksi membentuk endapan  $\text{AgCl}$ , kelebihan  $\text{Ag}^+$  dititrasi balik dengan KSCN (kalium tiosianat). Ion  $\text{Fe}^{3+}$  ditambahkan sebagai indikator, yang membentuk kompleks merah darah dengan ion  $\text{SCN}^-$ . Titik akhir tercapai saat warna merah stabil terbentuk, menunjukkan semua  $\text{Ag}^+$  telah bereaksi dengan  $\text{SCN}^-$ . Metode ini cocok

untuk larutan asam dan digunakan untuk menentukan ion halida yang tidak larut langsung dengan  $\text{AgNO}_3$

### Analisa Air Limbah dengan Spektrofotometri UV-Vis

#### Pembuatan Larutan Standar

Encerkan larutan standar  $\text{Cl}^-$  1000 ppm menjadi seri konsentrasi (0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm). Tambahkan reagen  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  dan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  ke masing-masing larutan, lalu homogenkan

#### Pengukuran Absorbansi

Baca absorbansi larutan standar dan sampel pada  $\lambda = 460\text{--}480$  nm menggunakan spektrofotometer. Buat kurva kalibrasi (absorbansi vs konsentrasi).

#### Perhitungan Kadar $\text{Cl}^-$

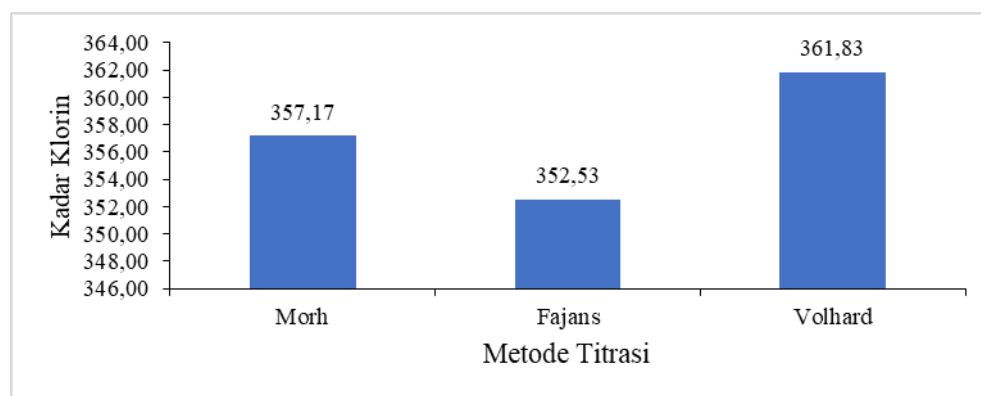
Gunakan persamaan garis kalibrasi untuk menghitung kadar  $\text{Cl}^-$  dalam sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum memulai analisis metode Titrasi Argentometri dilakukan filtrasi untuk menghilangkan partikel padatan, penyesuaian pH dan pengukuran suhu agar sesuai dengan metode yang digunakan, serta pengenceran atau pemekatan jika kadar klorida terlalu tinggi atau rendah. Selain itu, indikator atau pereaksi spesifik seperti  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (Mohr), fluorescein (Fajans), atau  $\text{Fe}^{3+}$  (Volhard) ditambahkan untuk menentukan titik akhir titrasi, serta dilakukan pembuangan ion pengganggu guna mencegah interferensi dalam analisis. Berikut adalah hasil analisis metode Titrasi Argentometri yang telah dilakukan:

**Tabel 1. Hasil Analisis kadar klorida dalam sampel air limbah**

Metode Titrasi	Volume $\text{AgNO}_3$ (mL)	Konsentrasi $\text{Cl}^-$ (mg/L)	Rata-rata $\text{Cl}^-$ (mg/L)	Standar Deviasi
Morh	10,20	355,50	357,17	$\pm 2,1$
	10,50	360,00		
	9,80	356,00		
Fajans	10,10	350,80	352,53	$\pm 1,8$
	10,30	355,10		
	9,90	351,70		
Volhard	9,70	360,20	361,83	$\pm 2,5$
	10,00	365,50		
	9,80	359,80		



**Gambar 1. Grafik Rata-rata Hasil Analisis Kadar Klorida**

Berdasarkan data diatas diperoleh hasil analisis kadar klorida dengan menggunakan metode Morh diperoleh rata-rata kadar klorida sebesar 357,17 mg/L dengan standar

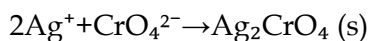
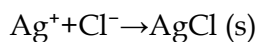
deviasi  $\pm 2,1$ , metode Fajans sebesar 352,53 mg/L dengan standar deviasi  $\pm 1,8$ , dan dengan metode Vorhard sebesar 361,83 mg/L standar deviasi  $\pm 2,5$ .

Standar Deviasi adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur sebaran atau variabilitas data dari nilai rata-ratanya. Kegunaan utama untuk menunjukkan seberapa jauh data tersebar dari nilai rata-rata. Standar deviasi rendah artinya data mengumpul di sekitar rata-rata (konsisten), sedangkan untuk Standar deviasi tinggi artinya Data tersebar luas (variasi besar) (Kominfo at al., 2025)

Standar Deviasi adalah alat penting untuk memahami pola data, menilai risiko dan konsistensi, mendukung keputusan statistik yang akurat dan mengomunikasikan variabilitas secara efektif. Nilai standar deviasi (SD) yang dapat diterima dalam laboratorium pengujian tergantung pada jenis analisis, metode yang digunakan, dan persyaratan akurasi/presisi yang ditetapkan oleh standar atau regulasi. SD yang diterima harus memenuhi kriteria validasi metode, persyaratan klien, dan regulasi yang berlaku, SD/RSD digunakan sebagai indikator utama kualitas data dan keandalan pada laboratorium.

### Hasil Analisis Klorida Menggunakan Metode Mohr

Metode ini berdasarkan reaksi pengendapan antara ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dalam sampel dengan ion perak ( $\text{Ag}^+$ ) dari larutan  $\text{AgNO}_3$ , menghasilkan endapan putih perak klorida ( $\text{AgCl}$ ). Titik akhir titrasi ditentukan dengan indikator kalium kromat ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ), yang akan bereaksi dengan kelebihan  $\text{Ag}^+$  membentuk endapan merah bata perak kromat ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ). Reaksi utama:



Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar klorida yang diukur menggunakan metode Mohr adalah 357,17 mg/L dengan standar deviasi  $\pm 2,1$ . Nilai ini menempatkan metode Mohr pada posisi tengah jika dibandingkan dengan metode titrasi lainnya, yaitu metode Fajans dan metode Volhard.

Metode Fajans menghasilkan kadar klorida rata-rata 352,53 mg/L dengan standar deviasi  $\pm 1,8$ , sedangkan metode Volhard memberikan nilai yang sedikit lebih tinggi, yaitu 361,83 mg/L dengan standar deviasi  $\pm 2,5$ . Dari segi statistik, metode Fajans menunjukkan hasil yang lebih stabil dengan standar deviasi terendah ( $\pm 1,8$ ), sementara metode Volhard memiliki variabilitas tertinggi ( $\pm 2,5$ ), yang menunjukkan tingkat ketidakpastian yang lebih besar dibandingkan dua metode lainnya.

Dalam konteks penelitian sebelumnya, hasil ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh (Qomariyah, 2023) yang juga menemukan bahwa metode Fajans cenderung lebih stabil dibandingkan metode Mohr dan Volhard, terutama dalam lingkungan dengan ion interferen yang rendah. Namun, metode Mohr tetap menjadi pilihan yang banyak digunakan karena keseimbangannya antara akurasi dan kemudahan prosedur dibandingkan metode Fajans yang lebih sensitif terhadap perubahan pH dan indikator fluoresens yang digunakan.

Penelitian lain oleh (Umamingrum & Purwaningtyas, 2023) menunjukkan bahwa metode Volhard cenderung memberikan nilai klorida yang sedikit lebih tinggi karena kemungkinan adanya interferensi dari ion lain dalam larutan, terutama dalam kondisi matriks kompleks seperti air limbah atau sampel dengan kandungan logam tinggi.

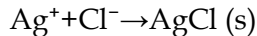
Secara keseluruhan, penelitian ini mengonfirmasi bahwa metode Mohr memberikan hasil yang cukup akurat dan presisi, meskipun masih sedikit kalah dalam hal presisi

dibandingkan metode Fajans. Namun, dari sisi kemudahan dan penerapan praktis di laboratorium, metode Mohr tetap menjadi pilihan yang baik, terutama untuk sampel dengan komposisi yang tidak terlalu kompleks.

#### **Hasil Analisis Klorida Menggunakan Metode Fajans**

Metode ini menggunakan prinsip adsorpsi pada permukaan endapan AgCl. Saat AgNO<sub>3</sub> ditambahkan ke dalam sampel, Ag<sup>+</sup> akan bereaksi dengan Cl<sup>-</sup> membentuk AgCl. Indikator fluorescein akan berubah warna akibat pergeseran muatan di permukaan endapan AgCl setelah semua Cl<sup>-</sup> habis dan kelebihan Ag<sup>+</sup> mulai teradsorpsi.

Reaksi utama:



Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Fajans menghasilkan rata-rata kadar klorida sebesar 352,53 mg/L, yang merupakan nilai terendah dibandingkan metode Mohr (357,17 mg/L) dan Volhard (361,83 mg/L). Standar deviasi yang lebih kecil (1,8) mengindikasikan bahwa metode ini memiliki keakuratan tertinggi, sehingga pengukuran lebih konsisten dibandingkan metode lainnya.

Metode Mohr, yang menggunakan indikator kromat, memberikan hasil yang sedikit lebih tinggi dibandingkan metode Fajans, dengan standar deviasi 2,1. Hal ini menunjukkan bahwa metode Mohr memiliki tingkat akurasi yang baik, meskipun masih kalah dibandingkan metode Fajans. Sementara itu, metode Volhard menghasilkan kadar klorida tertinggi dengan standar deviasi 2,5, yang menunjukkan bahwa metode ini memiliki variabilitas tertinggi, kemungkinan akibat adanya interferensi ion lain atau perbedaan dalam mekanisme titrasi yang digunakan.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Murti, 2022) juga menunjukkan bahwa metode Fajans sering kali lebih akurat dibandingkan metode Mohr dan Volhard, terutama dalam kondisi kontrol yang ketat terhadap pH dan penggunaan indikator fluoresens yang sensitif. Studi lain oleh [Referensi] melaporkan bahwa metode Fajans menghasilkan kadar klorida yang sedikit lebih rendah dibandingkan metode Mohr karena interaksi spesifik antara indikator adsorpsi dan ion klorida, yang dapat menyebabkan titik akhir titrasi lebih awal dibandingkan metode lainnya.

Penelitian lebih lanjut oleh (Santoso & Purbaningtyas, 2017) juga mendukung bahwa metode Volhard sering kali menghasilkan kadar klorida yang lebih tinggi, kemungkinan akibat adanya gangguan dari ion lain yang dapat mempengaruhi kompleksasi perak dengan ion klorida. Oleh karena itu, meskipun metode Volhard dapat digunakan dalam berbagai jenis sampel, metode ini lebih rentan terhadap kesalahan akibat keberadaan ion interferen, seperti ion sulfat atau ion logam berat.

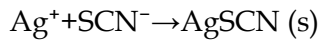
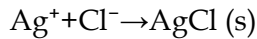
Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode Fajans unggul dalam hal keakuratan data, menjadikannya pilihan ideal untuk analisis yang membutuhkan ketelitian tinggi. Namun, metode ini juga memiliki keterbatasan, seperti sensitivitas terhadap pH larutan dan jenis indikator yang digunakan sangat berbahaya digunakan, yang dapat memengaruhi keberhasilan analisis dalam kondisi tertentu. Sebaliknya, metode Mohr menawarkan keseimbangan antara akurasi dan kemudahan prosedur, sementara metode Volhard lebih cocok untuk analisis dalam matriks yang lebih kompleks, meskipun dengan tingkat variabilitas yang lebih tinggi.

#### **Hasil Analisis Klorida Menggunakan Metode Volhard**

Metode ini adalah titrasi balik di mana ion klorida (Cl<sup>-</sup>) dalam sampel terlebih dahulu direaksikan dengan kelebihan AgNO<sub>3</sub>, membentuk AgCl yang tidak larut. Kelebihan Ag<sup>+</sup> yang tersisa kemudian dititrasi dengan larutan standar amonium tiosianat

( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ), menggunakan ion besi(III) ( $\text{Fe}^{3+}$ ) sebagai indikator. Titik akhir titrasi ditandai dengan terbentuknya kompleks merah dari  $\text{FeSCN}^{2+}$ .

Reaksi utama:



Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Volhard menghasilkan rata-rata kadar klorida sebesar 361,83 mg/L, yang merupakan nilai statistik tertinggi dibandingkan dengan metode Mohr (357,17 mg/L) dan Fajans (352,53 mg/L). Selain itu, standar deviasi yang diperoleh sebesar 2,5, yang merupakan nilai tertinggi di antara ketiga metode, mengindikasikan bahwa metode ini memiliki tingkat variasi hasil yang lebih besar, sehingga keakuratannya lebih rendah dibandingkan metode lainnya.

Metode Fajans, dengan nilai rata-rata 352,53 mg/L dan standar deviasi 1,8, merupakan metode yang paling stabil dan akurat karena memiliki variabilitas hasil yang paling rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh penggunaan indikator fluoresens yang sangat sensitif terhadap titik akhir titrasi, sehingga metode ini lebih stabil dan akurat dalam menentukan kadar klorida.

Sementara itu, metode Mohr menghasilkan nilai klorida yang berada di tengah, yaitu 357,17 mg/L dengan standar deviasi 2,1, menunjukkan bahwa metode ini memiliki keseimbangan antara akurasi dan kemudahan penggunaan. Penggunaan indikator kromat dalam metode ini memungkinkan penentuan titik akhir titrasi secara visual, meskipun masih berpotensi mengalami interferensi dari ion lain dalam sampel.

Metode Volhard, meskipun memberikan hasil kadar klorida tertinggi, memiliki keakuratan yang paling rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh gangguan ion interferen dalam larutan, seperti ion sulfat atau ion logam berat, yang dapat membentuk kompleks dengan ion perak yang digunakan dalam titrasi. Selain itu, metode Volhard menggunakan titrasi balik, yang bisa menyebabkan ketidakpastian tambahan akibat kesulitan dalam menentukan titik akhir dengan indikator besi(III).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Huljani & Rahma, 2019) juga melaporkan bahwa metode Volhard sering kali menghasilkan kadar klorida yang lebih tinggi dibandingkan metode Mohr dan Fajans. Hal ini diduga akibat kemungkinan kelebihan titran yang digunakan dalam titrasi balik, atau adanya reaksi sampingan yang mempengaruhi pembentukan kompleks perak-klorida.

Studi lain oleh (Kuntari et al., 2018) menunjukkan bahwa metode Volhard lebih cocok digunakan untuk sampel dengan kadar klorida tinggi, seperti air laut atau limbah industri, namun kurang ideal untuk analisis kadar klorida rendah karena potensi kesalahan dalam perhitungan titran berlebih. Sebaliknya, metode Fajans lebih direkomendasikan untuk sampel dengan kadar klorida rendah karena sensitivitasnya yang tinggi terhadap perubahan titik akhir titrasi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa metode Volhard memberikan hasil kadar klorida tertinggi tetapi dengan presisi yang lebih rendah dibandingkan metode lainnya. Oleh karena itu, pemilihan metode harus disesuaikan dengan karakteristik sampel dan kebutuhan analisis. Jika diperlukan hasil yang presisi tinggi, metode Fajans adalah pilihan terbaik, sedangkan jika menginginkan metode yang lebih praktis dan akurat untuk berbagai jenis sampel, metode Mohr dapat digunakan. Namun, metode Volhard tetap memiliki keunggulan dalam analisis

sampel kompleks dengan kadar klorida tinggi, meskipun dengan risiko variasi hasil yang lebih besar.

### Perbedaan Hasil Analisis Klorida Menggunakan Titrasi Argentometri dan Alat Spektrofotometri UV-Vis

#### a. Penentuan Klorida dengan Metode Titrasi Argentometri

Penentuan klorida dilakukan dengan Titrasi Argentometri, Argentometri merupakan metode umum untuk menetapkan kadar halogenida dan senyawa-senyawa lain yang membentuk endapan dengan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) pada suasana tertentu. Metode ini disebut juga metode pengendapan karena pada argentometri memerlukan pembentukan senyawa yang relatif tidak larut atau endapan. Penentuan kadar klorida dengan menggunakan metode titrasi argentometri memiliki banyak kelebihan seperti pekerjaannya lebih cepat, Peralatan yang digunakan lebih sederhana dan memiliki nilai akurasi yang tinggi sehingga kadar klorida dalam sampel dapat diketahui konsentrasinya (Qomariyah et al., 2022).

Untuk ketelitian dari perhitungan klorida pada sampel dihitung dengan menggunakan *relative Percent Difference* (RPD) dan *Presentase Recovery* (% R). *Relative Percent Difference* (RPD) merupakan *recovery* persen deviasi gunannya untuk mengetahui presisi atas ketelitian data yang diperoleh pada saat pengukuran sampel, Presisi yang baik akan memberikan standar deviasi yang kecil dan biasanya rendah. *Persen Recovery* (%R) tujuannya untuk mengetahui tingkat keakuratan data yang diperoleh pada kesesuaian antara hasil uji dengan perolehan kembali dari standar yang di tambahkan agar mengetahui efek matriks pada sampel yang dapat dikatakan sebagai tingkat akurasi (Huljani dan Rahma, 2019).

Analisis kadar Klorida di lakukan dengan menggunakan prosedur Titrasi Argentometri berdasarkan SNI 6989.19.2009. Menurut Triwandono (2015) *Relative Percent Difference* (RPD) yang telah ditetapkan yaitu sebesar 14,5 % dan *Presentase Recovery* (% R) yaitu sebesar 114,15 %.

Preparasi sampel pengujian Klorida dengan Titrasi Argentometri dilakukan dengan cara diambil sebanyak 100 mL sampel dimasukan dalam erlenmeyer kemudian dianalisa dengan menggunakan metodenya masing-masing. Berikut adalah hasil analisis Titrasi Argentometri yang telah dilakukan:

Tabel 2. Hasil Analisis Titrasi Argentometri

Metode Titrasi	Kode sampel	Titrasi ke:	V $\text{AgNO}_3$ (ml)	Konsentrasi $\text{Cl}^-$ (mg/L)	RPD (%)
Mohr	AL/ R201.Sl.B	SIMPLO	11,37	56,03	2,85
		DUPLO	11,70	57,65	
Fajans	AL/ R201.Sl.B	SIMPLO	10,93	53,86	1,09
		DUPLO	11,05	54,45	
Volhard	AL/ R201.Sl.B	SIMPLO	11,50	56,66	4,84
		DUPLO	12,07	59,47	

Tabel 2 Pada hasil analisa kadar korida dengan Titrasi Argentometri terhadap sampel yang berkode AL/R201.Sl.B diperoleh hasil yang masih berada jauh dibawah ambang batas yang telah ditetapkan berdasarkan Keputusan Peraturan

Pemerintah No.22 tahun 2021, yaitu sebesar 600 mg/L. Sehingga sampel air limbah yang dianalisa telah memenuhi standar dan layak untuk diteruskan ke lingkungan. Pada tabel diatas ditentukan nilai *Relative Percent Difference* (RPD) dari masing-masing metode titrasi. Hasil analisis kadar klorida dengan menggunakan metode Morh diperoleh rata-rata kadar klorida sebesar 56,84 mg/L dengan nilai RPD 2,85 %, metode Fajans sebesar 54,155 mg/L dengan nilai RPD 1,09 %, dan dengan metode Vorhard sebesar 58,07 mg/L dengan nilai RPD 4,84%.

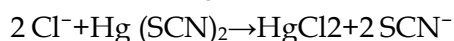
Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar klorida yang diukur menggunakan metode Mohr 56,84 mg/L dengan nilai RPD 2,85 %, nilai ini menempatkan metode Mohr pada posisi tengah jika dibandingkan dengan metode titrasi lainnya, yaitu metode Fajans dan metode Volhard (Qomariyah, 2023).

Metode Fajans menghasilkan kadar klorida rata-rata 54,155 mg/L dengan nilai RPD 1,09 %, sedangkan metode Volhard memberikan nilai yang sedikit lebih tinggi, yaitu 58,07 mg/L dengan nilai RPD 4,84%. Dari segi statistik, metode Fajans menunjukkan hasil yang lebih stabil dengan RPD terendah yaitu 1,09%, sementara metode Volhard memiliki nilai RPD tertinggi (4,84%), yang menunjukkan tingkat ketidakpastian yang lebih besar dibandingkan dua metode lainnya (Yulianti, 2019).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memiliki informasi yang sama pada data sebelumnya bahwa metode Volhard memberikan hasil kadar klorida tertinggi tetapi dengan konsistensi yang lebih rendah dibandingkan metode lainnya. Oleh karena itu, pemilihan metode harus disesuaikan dengan karakteristik sampel dan kebutuhan analisis. Jika diperlukan hasil dengan konsistensi tinggi, metode Fajans adalah pilihan terbaik, sedangkan jika menginginkan metode yang lebih praktis dan akurat untuk berbagai jenis sampel, metode Mohr dapat digunakan. Namun, metode Volhard tetap memiliki keunggulan dalam analisis sampel kompleks dengan kadar klorida tinggi, meskipun dengan risiko variasi hasil yang lebih besar (Risman D, 2019).

#### b. Penentuan klorida dengan Alat Spektrofotometri UV-Vis

**Prinsip dasar** penentuan kadar klorida dengan spektrofotometer UV-Vis yaitu Klorida bereaksi dengan reagen (misal Hg (SCN)<sub>2</sub> dan Fe (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) membentuk kompleks berwarna merah FeSCN<sup>2+</sup>, diukur absorbansinya pada  $\lambda = 460-480$  nm. Reaksi Cl<sup>-</sup> dengan Merkuri Tiosianat (Hg(SCN)<sub>2</sub>):



Pembentukan Kompleks FeSCN<sup>2+</sup>:



Langkah pertama yang harus dilakukan adalah dibuat larutan induk klorida 1000 ppm, yang nantinya akan diencerkan menjadi larutan standar (0, 20, 40, 60, 80, 100) ppm dari larutan induk 1000 ppm. ditambahkan reagen ke masing-masing larutan standar 1 mL Hg (SCN)<sub>2</sub> dan 1 mL Fe (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, dihomogenkan dan diamkan selama 10 menit. Selanjutnya Pengukuran Absorbansi larutan Standar, absorbansi larutan standar diukur pada panjang gelombang  $\lambda = 460$  nm. Dibuatkan kurva kalibrasi dengan persamaan regresi linearnya, Selanjutnya dilakukan Pengukuran Sampel dengan menambahkan reagen ke sampel dengan cara yang sama, dikemudian ukur absorbansi sampel (Umaminingrum dan Purwaningtyas, 2023).

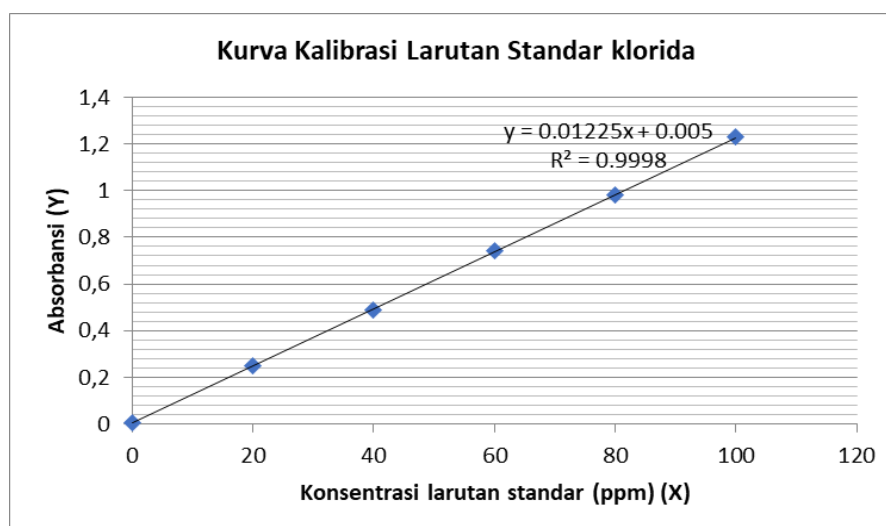
Analisis ini menggunakan instrumen spektrofotometer sinar tampak dengan reagen Hg (SCN)<sub>2</sub> dan Fe (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Metode ini mempunyai kelebihan lebih cepat dan memiliki hasil yang akurat dibandingkan dengan menggunakan metode klasik yaitu titrasi. walaupun klasik metode titrasi tidak kalah telitinya dengan metode

spektrofotometer UV-Vis. Metode spektrofotometri sedikit lebih lambat pengerjaannya, sebelum menganalisa kadar klorida dalam sampel terlebih dahulu melakukan pembuatan kurva larutan standar. Pembuatan kurva larutan standar dilakukan dengan cara membuat larutan seri klorida 0,0; 20; 40; 60; 80 dan 100 kemudian diukur pada panjang gelombang 460 nm. Berikut hasil pengukuran larutan standar dengan spektrofotometri UV-Vis (Vinet dan Zhedanov, 2021).

Tabel 3. Hasil Absorbansi

Konsentrasi standar (ppm)	Absorbansi
0.0	0,005
20	0,250
40	0,490
60	0,740
80	0,980
100	1,230

Data pada Tabel 3. di atas diperoleh nilai absorbansi dari larutan standar Cl yang telah diukur dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis double-beam dengan panjang gelombang maksimum 460nm. Dari hasil data absorbansi diatas diperoleh kurva kalibrasi sebagai berikut:



Gambar 2. Kurva Kalibrasi

Pada grafik diatas diperoleh dari larutan standar klorida, Grafik yang diperoleh didapat nilai persamaan regresi dengan nilai  $y = 0.01225x + 0.005$  dan diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar  $R^2 = 0.9998$ . Menurut SNI (2009) diacu dalam SNI 06- 6989,19-2009 tentang koefisien korelasi nilai yang telah ditentukan yaitu sebesar 0,995. Besarnya koefisien determinasi yang diperoleh telah memenuhi syarat yang telah ditentukan, yang berarti kurva yang diperoleh dari hasil larutan deret standar cukup baik (Yulianti, 2019).

Tabel 4. Konsentrasi dan Absorbansi Sampel

Kode sampel	Absorbansi Sampel	Konsentrasi sampel (ppm)
AL/ R201.SI.B	0,682	55,27
AL/ R201.SI.B	0,671	54,37

Berdasarkan Tabel 4, nilai konsentrasi yang diperoleh dari setiap pengukuran sampel yang telah diukur dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis double beam dengan panjang gelombang maksimum yaitu 460 nm dan telah ditmbahkn reagen (1 mL  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ), masih berada jauh dibawah ambang batas yang telah ditetapkan berdasarkan Baku Mutu Air Limbah brdasarka peraturan pemerintah No.22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Qomariyah, 2023) yaitu sebesar 54,82 ppm yang berati sampel tersebut lulus uji baku mutu air limbah.

### c. Perbedaan Data dan Hasil

#### 1. Metode Analisis

##### Spektrofotometri:

**Prinsip:** Reaksi klorida dengan reagen membentuk kompleks berwarna merah ( $\text{FeSCN}^{2+}$ ), diukur absorbansinya pada  $\lambda = 460$  nm.

**Standar Kalibrasi:** 0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm  $\text{Cl}^-$

**Persamaan Kalibrasi:**  $y = 0.01225x + 0.00$  ( $R^2 = 0.9998$ ).

##### Titrisi Argentometri

**Prinsip:** Titrisi dengan  $\text{AgNO}_3$  0,01 N menggunakan indikatornya masing-masing metode Argentometri membentuk endapan  $\text{AgCl}$

**Rumus perhitungan:** Kadar  $\text{Cl}^-$  (mg/L) =  $\frac{(V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times 35,45 \times 1000)}{V_{\text{sampel}}}$

#### 2. Data dan Hasil

##### Spektrofotometri

Tabel 5. Hasil Spektrofotometri

Parameter	Nilai
Absorbansi sampel (rata-rata)	0,6765
Kadar $\text{Cl}^-$	54,82 mg/L (ppm)
RSD	1,16 %
RPD	1,64 %

##### Titrisi Argentometri

Tabel 6. Hasil Titrisi Argentometri

Parameter	Nilai
V $\text{AgNO}_3$ (rata-rata)	11,43
Normalitas $\text{AgNO}_3$	0,0139 N
V Sampel	100 ml
Kadar $\text{Cl}^-$ (rata-rata)	55,97 mg/L (ppm)
SD	1,90 ppm
RPD	1,64 %

#### 3. Perbandingan Hasil

Spektrofotometri: 54,82 mg/L (ppm)

Titrisi Argentometri: 55,97 mg/L (ppm)

Selisih: 1,15 ppm (Sesuai)

Kesimpulan: Hasil analisis kadar klorida dengan Spektrofotometri (54,82 ppm) dan Titrisi (55,97 ppm) Tidak Berbeda Signifikan.

Penelitian ini berkaitan erat dengan bidang *engineering*, terutama dalam teknik lingkungan, teknik kimia, dan analisis kualitas air. Pemahaman terhadap performa berbagai metode titrisi berkontribusi pada pengembangan sistem pemantauan

kualitas air yang lebih efisien, akurat, dan sesuai dengan kebutuhan industri serta regulasi lingkungan.

Hasil penelitian menjadi dasar dalam meningkatkan metode analisis kadar klorida yang lebih otomatis, *real-time*, dan terintegrasi dengan teknologi sensor atau sistem pemrosesan data berbasis *Internet of Things* (IoT). Identifikasi metode paling akurat, presisi, dan stabil terhadap gangguan matriks memungkinkan pengembangan perangkat analisis yang lebih efektif, hemat biaya, serta dapat diterapkan dalam skala industri untuk pengolahan air limbah. Informasi ini juga bermanfaat dalam optimasi reaktor pengolahan air limbah, di mana pengendalian kadar klorida memengaruhi efisiensi proses dan pencegahan korosi pada peralatan industri.

Penelitian ini memiliki dampak praktis dalam rekayasa sistem pemantauan kualitas air, peningkatan efisiensi proses industri, serta pengembangan teknologi analitik berbasis otomatisasi dan kecerdasan buatan (AI) dalam bidang lingkungan.

## **SIMPULAN**

Analisis perbedaan performa metode titrasi argentometri menunjukkan bahwa metode Fajans memiliki akurasi dan presisi tertinggi dengan variasi hasil yang paling kecil, menjadikannya metode paling stabil untuk penentuan kadar klorida dalam sampel air limbah. Metode Volhard stabil jika variasi hasilnya kecil dan titik akhirnya jelas, namun menjadi tidak stabil akibat interferensi ion lain. Metode Mohr stabil jika pH larutan terkontrol dengan baik, tetapi dapat terganggu oleh ion lain yang menyebabkan pengendapan. Evaluasi efektivitas metode titrasi argentometri menunjukkan bahwa metode Fajans merupakan metode yang paling optimal untuk penentuan kadar klorida dalam sampel air limbah karena memiliki sensitivitas tinggi, titik akhir yang jelas, serta ketahanan terhadap gangguan matriks. Metode Mohr masih dapat digunakan secara efisien dengan kontrol pH yang ketat untuk menghindari gangguan presipitasi ion lain, sedangkan metode Volhard memiliki keterbatasan dalam efisiensi dan sensitivitas akibat kompleksitas titrasi balik dan potensi gangguan dari ion lain dalam sampel

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ayuni, T. S., Bimantara, A., & Suranta. (2023). Pengujian Kualitas Air Berdasarkan Parameter Biologycal Oxygen Demand (BOD) dan Klorida (Cl). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas Aisyiyah Yogyakarta*, 1(Cl), 354-362.
- Bakkara, C. G., & Purnomo, A. (2022). Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.90486>
- Belladona, M., Nasir, N., & Agustomi, E. (2020). Perancangan Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Industri Batik Besurek di Kota Bengkulu. *Jurnal Teknologi*, 12(1), 6-13. [jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek](http://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek)
- Huljani, M., & Rahma, N. (2019). Analisis Kadar Klorida Air Sumur Bor Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) II Musi II Palembang dengan Metode Titrasi Argentometri. *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 2(2), 5-9. <https://doi.org/10.19109/alkimia.v2i2.2987>
- Kuntari, K., Aprianto, T., Baruji, B., & Noor, R. H. (2018). Validasi Metode Penentuan Amonium Klorida dalam Obat Batuk Hitam secara Titrimetri. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 1(01), 35-41. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol1.iss1.art5>

- MURTI, G. S. W. (2022). Analitik Dasar “ Penentuan Kadar Klorida Dalam Sampel Dengan Titrasi Argentometri .” Laporan Praktikum, 1(1), 10–11.
- Nasrullah, Z., & Rahmayanti, A. (2024). Kerja Praktek Teknik Lingkungan Eksploitasi Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik : Pendekatan Teknologi Ramah Lingkungan. Kerja Praktek Lingkungan, 1(1), 37.
- Pasetia, A. T., Nurkhasanah, S. D., & Sudarminto, H. P. (2023). Proses Pengolahan Dan Analisa Air Limbah Industri Di Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal). DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi, 6(2), 491–498. <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.159>
- Pratama, I. W. P. A., Parwata, I. M. O. A., & Subhaktiyasa, P. G. (2017). Analysis Of Chloride Content In Dug Well Water In Banjar Telaga, Kutampi Kaler Village, Nusa Penida District, Klungkung Regency With Argentometric Titration. Bali Medika Jurnal, 4(1), 1–4. <https://doi.org/10.36376/bmj.v4i1.51>
- Qomariyah, A. (2023). Perbandingan Metode Mohr Dan Volhard Dalam Penetapan Kadar Klorida Air Sungai Pangpang Desa Tapanrejo. Inovasi Teknik Kimia, 8(3), 160–166.
- Qomariyah, A., Susanto, M. A. A., Apritanti, N., Retno, K. T., & Putri, T. Y. (2022). Analisis Kadar Klorida Air Sumur Sekitar Kawasan Industri Muncar Banyuwangi dengan Metode Titrasi Argentometri. Professional Health Journal, 3(2), 131–137. <https://doi.org/10.54832/phj.v3i2.263>
- Risman D, A. (2019). Uji Kesadahan Total dan Kadar Klorida pada Air sumur di Lingkungan Desa Sei Semayang Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang. Skripsi. Fakultas Farmasi Dan Kesehatan. Institut Kesehatan Helvetia, 19.
- Safitri, & Dwi, L. (2019). Analisa Kadar Klorida Pada Air Sumur Di Desa Dalegan Kabupaten Gresik Dengan Penambahan Karbon Aktif Merek X. Ayan, 8(5), 55.
- Santoso, I. ., & Purbaningtyas, T. . (2017). Pengaruh Metode Pencucian terhadap Penurunan Kadar Klorida dalam Beras dengan Titrasi Argentometri. Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya, 5 (November), 277–285.
- Triwandono, H. (2015). Penentuan klorida dan krom(vi) pada air tanah di badan lingkungan hidup kabupaten cilacap. Program Studi Diploma Iii Analis Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Vi, 1–62.
- Umamingrum, M. T., & Purwaningtyas, F. Y. (2023). Validasi metode analisa penetapan kadar ammonium klorida di PT. Novapharin Pharmaceutical Industries. Jurnal Integrasi Proses Dan Lingkungan, 1(1), 18–23. <https://doi.org/10.30587/jipl.v1i1.6415>
- Vinet, L., & Zhedanov, A. (2021). A “missing” family of classical orthogonal polynomials. Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 44(8), 1–14. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Willy, T. A. E. D., & Mukono, J. (2023). Pengolahan Air Limbah Proses Utama Menggunakan Wastewater Treatment Plant pada PT. Indonesia Power Grati POMU. Media Gizi Kesmas, 12(1), 66–74. <https://doi.org/10.20473/mgk.v12i1.2023.66-74>

Yulianti. (2019). Analisis Kadar Klorida Dalam Air Sumur Dan PDAM di Desa Ngelom Sidoarjo Analysis of Chloride Levels in Well and PDAM Water. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 4(1), 1-6.