

IMPLEMENTASI METODE TITRASI KOMPLEKSOMETRI PADA UJI KESADAHAN AIR

¹Gandes Winarni*, ¹Raden Yusril Muhammad Siroj, ¹Amalinda Nurcahyani, ¹Nur Ilmi Khair, ¹Anissa Utami

¹STIKes Widya Dharma Husada Tangerang, Jl. Pajajaran No.1, Tangerang Selatan 15417, Indonesia

*E-mail: gandeswinarni@wdh.ac.id

ABSTRACT

This study aims to evaluate the water hardness from various sources using the complexometric titration method with EDTA as the complexing agent. Water hardness is a critical parameter in determining the quality of potable water. Samples analyzed include rainwater, tap water, and two types of bottled mineral water. The titration procedure involved the use of Eriochrome Black T (EBT) indicator at pH 10, with the endpoint indicated by a color change from wine red to blue. The titration results showed that all water samples had hardness levels ranging from 633.5 to 900 mg/L (ppm), classifying them as hard water and not suitable for direct consumption based on Indonesian Ministry of Health Regulation No. 32 of 2017 and WHO standards. Complexometric titration proved to be an effective and practical method for analyzing Ca^{2+} and Mg^{2+} ions in water, although it has limitations in accuracy when compared to techniques like Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). These findings are consistent with previous studies indicating high hardness levels in certain water sources. Therefore, the implementation of this method can serve as a reliable preliminary approach for monitoring water quality for environmental and public health purposes.

Keywords: Water hardness, complexometric titration, EDTA, drinking water, water quality

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesadahan air dari berbagai sumber dengan menerapkan metode titrasi kompleksometri menggunakan larutan EDTA sebagai ligan kompleks. Kesadahan air merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas air yang layak konsumsi. Sampel yang digunakan meliputi air hujan, sumber air, dan dua jenis air mineral dalam kemasan. Prosedur titrasi dilakukan dengan penambahan indikator Eriochrome Black T (EBT) pada pH 10, dan titik akhir ditandai dengan perubahan warna dari merah anggur menjadi biru. Hasil titrasi menunjukkan bahwa seluruh sampel air memiliki tingkat kesadahan antara 633,5 hingga 900 mg/L (ppm), yang tergolong sebagai air keras dan tidak memenuhi syarat sebagai air layak minum berdasarkan Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 dan WHO. Metode titrasi kompleksometri terbukti efektif dan praktis dalam menganalisis ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air, meskipun memiliki keterbatasan dalam akurasi jika dibandingkan dengan metode seperti Spektrometri Serapan Atom (SSA). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan tingginya kadar kesadahan pada sumber air tertentu. Dengan demikian, penerapan metode ini dapat digunakan sebagai pendekatan awal yang andal dalam pemantauan kualitas air untuk keperluan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Kata Kunci: Kesadahan air, titrasi kompleksometri, EDTA, air minum, kualitas air

PENDAHULUAN

Air tanah atau air sungai yang digunakan oleh masyarakat seharusnya telah memenuhi standar persyaratan yang telah ditentukan. Standar persyaratan tersebut

diantaranya persyaratan fisik, kimiawi dan bakteriologis. Permasalahan yang sering dijumpai oleh masyarakat dalam penggunaan air adalah kualitas air tanah dan sungai yang kurang memenuhi standar persyaratan sebagai air bersih yang sehat (Shofiyah dan Amalia, 2015).

Salah satu metode analisis kuantitatif yang banyak digunakan untuk mengukur kesadahan air adalah titrasi kompleksometri. Titrasi kompleksometri adalah metode analisis yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ion logam dalam larutan dengan menggunakan agen kompleksasi, khususnya dengan menggunakan larutan standar EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid). Metode ini bekerja berdasarkan prinsip pembentukan kompleks stabil antara ion logam divalen dengan larutan EDTA. Titrasi kompleksometri sangat berguna dalam analisis lingkungan, industri maupun laboratorium, dimana pengukuran konsentrasi ion logam, seperti kalsium, magnesium, dan logam berat sangat penting untuk memastikan kualitas dan keamanan air (Wibisana et al., 2025).

Salah satu indikator penting untuk penilaian air layak konsumsi bagi masyarakat adalah kandungan kapur (CaCO_3) atau bisa disebut dengan kesadahan air. Istilah kesadahan air digunakan untuk air yang mengandung molekul kation bervalensi 2, seperti Fe, Sr, Mn, Ca, dan Mg. Penyebab utama dari kesadahan air adalah kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Kalsium dalam air dapat bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat, khlorida dan nitrat. Sedangkan mineral magnesium dalam air dapat bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat dan khlorida (Sahidin et al., 2024).

Seiring meningkatnya kebutuhan akan pengujian kualitas air yang cepat dan efisien, metode titrasi kompleksometri menawarkan solusi yang sederhana namun andal untuk analisis kesadahan air, baik di laboratorium pendidikan, penelitian, maupun di lingkungan industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode titrasi kompleksometri dalam penentuan tingkat kesadahan air, serta mengevaluasi efektivitas dan ketepatannya dalam analisis berbagai sumber air.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada pengujian ini yaitu buret 50 ml, erlemeyer 250 ml, pipet volume 50 ml, pipet skala/gelas ukur 100 ml. Bahan yang digunakan pada ini yaitu larutan EDTA 0,01 M, larutan buffer pH 10.0, air contoh, NaOH 0,1 N, KCN 10%, indikator mureksid, indikator EBT.

Prosedur

Untuk memperoleh data penelitian kesadahan air, diperlukan beberapa tahapan yang harus dilakukan yang dirincikan sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Penetapan kadar kalsium menggunakan indikator mureksid
3. Melakukan titrasi dengan larutan EDTA
4. Penetapan kesadahan total menggunakan indikator EBT
5. Mentitrasi dengan larutan EDTA
6. Ulangi prosedur kerja tersebut hingga mendapatkan 3 data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan penelitian analisis kadar kesadahan air pada sampel yang digunakan yaitu sebanyak empat sumber air yang berbeda menggunakan metode titrasi kompleksometri. Berikut merupakan data dari larutan EDTA yang digunakan pada masing-masing sampel.

Tabel 1. Hasil titrasi dengan larutan EDTA

Sampel	V1	V2	V3	Hasil akhir
Air hujan	1,7 ml	1,4 ml	1,2 ml	Ungu
Air mineral A	1,9 ml	1,8 ml	1,7 ml	Ungu
Sumber air instansi X	1,7 ml	1,4 ml	1,2 ml	Ungu
Air mineral B	1,7 ml	1,2 ml	0,9 ml	Ungu

Pengujian kesadahan air dilakukan menggunakan metode titrasi kompleksometri dengan larutan EDTA sebagai titran. Larutan EDTA yang digunakan memiliki normalitas 0,1 N, yang merupakan konsentrasi standar umum dalam analisis kesadahan air karena mampu membentuk kompleks stabil dengan ion logam divalen, khususnya Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Penentuan kesadahan dilakukan pada berbagai jenis air: air hujan, air mineral (A dan B), serta sumber air instansi X. Dalam tiap pengujian, indikator Eriochrome Black T (EBT) digunakan pada pH sekitar 10, yang dijaga dengan larutan buffer ammonium.

Dalam setiap titrasi, pH awal dijaga sekitar pH 10 dengan penambahan buffer amoniak-amonium klorida untuk menjaga kestabilan kompleks EDTA-logam. pH akhir tetap dijaga agar tidak turun secara drastis karena perubahan pH dapat menyebabkan pelepasan ion logam dari kompleks EDTA, sehingga memengaruhi akurasi titrasi. Keberhasilan titrasi ditandai dengan perubahan warna larutan dari merah anggur menjadi biru, yang menunjukkan bahwa seluruh ion logam telah berikatan dengan EDTA dan indikator EBT kembali dalam bentuk bebas.

Pada setiap sampel, volume EDTA yang digunakan berbeda-beda tergantung kadar ion logam dalam air tersebut. Pada tabel 1 rata-rata volume titran EDTA yang digunakan pada Air hujan adalah sebanyak 1,43 mL, Air mineral A sebanyak 1,8 mL, Sumber air instansi X sebanyak 1,43 mL, dan Air mineral B adalah 1,26 mL

Dengan menggunakan rumus perhitungan:

$$\text{Normalitas sampel air (N)} = \frac{VEDTA \times NEDTA}{V \text{ sampel air}}$$

$$\text{ppm CaCO}_3 = \frac{VEDTA \times NEDTA \times 50 \times 1000}{V \text{ sampel air}}$$

Maka diperoleh:

Tabel 2. Hasil perhitungan

Sampel	Normalitas	Ppm CaCO_3
Air hujan	0,0143 N	716,5 ppm
Air mineral A	0,018 N	900 ppm
Sumber air instansi X	0,0143 N	716,5 ppm

Air mineral B 0,0126 N 633,5 ppm

Berdasarkan hasil titrasi tersebut diketahui kadar kesadahan total sampel air berkisar antara 633,5 hingga 900 mg/L (ppm), hal ini menunjukkan bahwa seluruh sampel yang digunakan tergolong “air keras”. Menurut WHO (2003), air dengan kadar > 180 ppm termasuk air keras yang dapat menyebabkan pembentukan kerak dan gangguan kesehatan seperti nefrolitiasis. Sementara itu, Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 menetapkan batas maksimum kesadahan dalam air minum sebesar 500 mg/L. dengan demikian, semua sampel tidak memenuhi standar air minum yang layak dikonsumsi menurut regulasi nasional dan internasional. Hasil ini sejalan dengan studi oleh Wulandari dkk tahun 2021 yang menyatakan bahwa air sumur di beberapa wilayah memiliki kadar kesadahan air yang tinggi akibat tingginya kandungan kalsium dan magnesium dalam tanah.

Titration complexometry is a quantitative analysis method used to determine the concentration of metal ions such as calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}) in water samples. The main reagent is EDTA (ethylenediamine tetraacetate), which functions as a ligand hexadentate to form a stable complex with metal ions. The procedure involves adding an indicator such as Eriochrome Black T (EBT) to the sample, then titrating with EDTA solution until a color change occurs (from red wine to blue), which marks the end point of titration. EDTA is very effective and selective because it can form a 1:1 complex that is very stable with many divalent metal ions at a certain pH, especially between pH 9-10 (Darmawan et al., 2020).

Metode kompleksometri memiliki sejumlah kelebihan: sederhana, cepat, murah, dan tidak memerlukan peralatan canggih. Namun, terdapat beberapa potensi kesalahan, seperti:

- a. Ketidaktepatan dalam penentuan titik akhir titrasi akibat perubahan warna indikator yang samar.
- b. Kesalahan volume saat menggunakan buret.
- c. Ketergantungan terhadap pH larutan, karena pembentukan kompleks EDTA-Logam sangat tergantung pada pH optimum.

Dibandingkan dengan metode Spektrometri Serapan Atom/SSA, kompleksometri lebih rendah dari segi akurasi dan sensitivitas, tetapi lebih mudah diaplikasikan di laboratorium pendidikan. SSA unggul dalam mendeteksi ion logam secara spesifik dan juga pada konsentrasi sangat rendah, namun mahal dan membutuhkan kalibrasi serta pemeliharaan alat yang rumit (Putri & Susanti, 2019; Kurniawan et al., 2021).

pH memainkan peran kunci dalam titrasi kompleksometri. Kompleks EDTA-logam paling stabil terbentuk pada pH sekitar 10. Oleh karena itu, larutan buffer amonia digunakan untuk menjaga pH selama titrasi. Indikator Eriochrome Black T (EBT) digunakan karena mampu membentuk kompleks warna dengan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dan akan berubah warna saat ion tersebut ditarik oleh EDTA. Namun, keberadaan ion logam lain seperti Fe^{3+} , Cu^{2+} , atau Zn^{2+} dapat menyebabkan gangguan karena EDTA juga membentuk kompleks dengan ion-ion tersebut. Oleh karena itu, penambahan masking agent seperti CN^- atau triethanolamine kadang digunakan untuk menghindari gangguan (Fauziah et al., 2020).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar sampel air memiliki kesadahan tinggi (>600 ppm). Penelitian oleh Yuliani et al. (2019) terhadap air sumur di daerah perkotaan menunjukkan kesadahan 650–900 ppm, yang selaras dengan hasil

pengujian ini. Sementara penelitian oleh Wardhani & Astuti (2018) pada air kemasan menunjukkan nilai kesadahan berkisar antara 200–400 ppm, masih dalam batas aman. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa produk air kemasan dapat lolos dari pengolahan kesadahan yang optimal. Adapun penelitian oleh Nugroho et al. (2021) memperlihatkan efektivitas EDTA dalam mendeteksi logam berat Ca dan Mg dalam air sungai dengan hasil sangat presisi di bawah kondisi pH yang terkontrol, menguatkan validitas metode kompleksometri bila digunakan dengan prosedur yang tepat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh sampel air, baik dari air hujan, sumber air, maupun air mineral kemasan, memiliki tingkat kesadahan tinggi (633,5–900 ppm) dan tidak memenuhi standar air layak minum menurut Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 maupun WHO. Metode titrasi kompleksometri menggunakan EDTA terbukti efektif sebagai metode sederhana dan praktis dalam menganalisis ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air. Meskipun memiliki keterbatasan dalam akurasi dibanding metode instrumen seperti SSA, kompleksometri tetap dapat digunakan sebagai pendekatan awal yang andal dalam pemantauan kualitas air, terutama untuk kepentingan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan, H., Siregar, R. T., & Hidayat, M. (2020). *Analisis Kadar Kesadahan Air Menggunakan Titrasi Kompleksometri*. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 12(1), 34-42.
- Fauziah, A., Ridwan, A., & Rosnani, R. (2020). *Pengaruh pH dan Ion Pengganggu terhadap Stabilitas Kompleks EDTA-Ca²⁺*. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 5(2), 99-105.
- Kurniawan, A., Prasetya, R. A., & Haryati, S. (2021). *Perbandingan Analisis Ion Logam Menggunakan SSA dan Metode Kompleksometri*. *Indonesian Journal of Analytical Chemistry*, 6(1), 47–54.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Nugroho, A. D., Wijayanti, H., & Huda, M. (2021). *Evaluasi Efektivitas EDTA sebagai Kompleksator Logam Ca dan Mg dalam Air Sungai*. *Jurnal Ilmiah Kimia dan Lingkungan*, 10(1), 21–28.
- Putri, Y. N., & Susanti, N. (2019). *Akurasi Metode Titrasi Kompleksometri dalam Analisis Ca dan Mg di Air Minum*. *Jurnal Analisis Kesehatan*, 8(3), 76–84.
- Sahidin, S., Eso, R., Okto, A., Alfirman, A., & Andimbara, L. O. (2024). *Analysis of Lime Content (CaCO₃) in Clean Water Sources in Tampo Village, Napabalano District, Muna Regency*. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, 6(01), 51-61.
- Shofiyyah, M. R., & Shofiyyah, M. R. (2020). *Studi Literatur: Perbandingan Efektivitas Analisis Kadar Kesadahan Air Tanah dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa) dan Titrasi Kompleksometri*. *Studi Literatur: Perbandingan Efektivitas Analisis Kadar Kesadahan Air Tanah dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa) dan Titrasi Kompleksometri*, 11(2), 22-28.

- Wardhani, R., & Astuti, T. (2018). *Uji Kualitas Air Minum Kemasan Berdasarkan Kesadahan dan pH*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 55–63.
- WHO. (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum*. Geneva: World Health Organization
- Wibisana, H., Rosariawari, F., & Edahwati, L. (2025). *MENGENAL KIMIA DALAM BIDANG KETEKNIKAN*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Yuliani, E., Pramesti, D. R., & Setiawan, D. (2019). *Analisis Kadar Kesadahan pada Sumber Air Sumur di Perkotaan*. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 4(1), 14–20.