

Pengukuran Anion Anorganik Secara Simultan dalam Sampel Air Tanah dan Air Ledeng Menggunakan Kromatografi Ion

Muhammad Amin^{*1,2}, Budhi Oktavia³

¹Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Khairun
Jalan : Bandara Babullah, Akehuda, Ternate 97723, Maluku Utara, Indonesia

²UPT. Laboratorium Dasar dan Terpadu, Universitas Khairun
Jalan : Jusuf Abdulrahman, Gambesi, Ternate 97719, Maluku Utara, Indonesia

³Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jalan : Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang 25131, Sumatera Barat, Indonesia

*muh_amin@unkhair.ac.id

Abstract — Ion chromatography (IC) is an advanced and highly sensitive form of ion exchange chromatography that can effectively measure ion species with various types of liquid samples, whether organic or inorganic ions. This research study utilized ion chromatography with a suppressed conductivity detection system to separate and measure the concentration of fluoride, chloride, nitrite, bromide, nitrate, sulfate, and phosphate ions in groundwater and tap water samples. The eluent solution used in this separation contained 6.0 mmol/L Na₂CO₃ and 0.25 mmol/L NaHCO₃, which was crucial in ensuring the accuracy and selectivity of the measurements. The retention time, height, and area RSDs were below 3% from the IC method's analytical conditions. The correlation coefficient between peak heights and concentration range is linear, with an r^2 value of at least 0.99. The water samples were collected from 3 sub-districts in Ternate City, and the study's findings shed light on the water quality in the area.

Keywords — ion chromatography, inorganic anions, suppressed conductivity detection

I. PENGANTAR

Kromatografi ion adalah bentuk kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) yang terutama digunakan untuk memisahkan dan mengukur konsentrasi ion dalam berbagai sampel kimia dan biologi. Berbeda dengan metode HPLC yang pemisahannya didasarkan pada polaritas dan hidrofobisitas senyawa, kromatografi ion menggunakan pertukaran ion sebagai mode pemisahan utama dan konduktivitas sebagai metode pendeteksian utama [1][2].

Teknik ini bermanfaat untuk menganalisis anion anorganik, kation anorganik, serta asam dan basa organik kecil. Dalam kromatografi ion, dengan deteksi konduktivitas tertekan, sampel yang mengandung analit dari kolom pemisah dilewatkan melalui kolom penekan yang secara kimia mengurangi konduktansi eluen sekaligus meningkatkan konduktansi listrik ion analit. Hal ini memungkinkan deteksi ion analit yang sensitif dan selektif, bahkan dalam kebisingan/gangguan konduktansi latar belakang yang tinggi [3][4].

Kromatografi ion dengan deteksi konduktivitas yang ditekan menjadi semakin populer dalam beberapa tahun

terakhir karena sensitivitas, selektivitas, dan fleksibilitasnya yang tinggi. Ini memiliki aplikasi di berbagai bidang, termasuk pemantauan lingkungan, analisis farmasi, ilmu pangan, dan diagnostik klinis. Jackson dan Chassaniol menjelaskan metode ini pada tahun 2009 [5], sedangkan Alexandre (2021) menguraikan prinsip dan penerapannya [6].

Metode yang dijelaskan dalam literatur oleh Paull, B. (2003) merupakan alternatif efektif terhadap metode analisis elektroforesis zona kapiler, karena kemampuan reproduksi dan sensitivitasnya yang unggul [7]. Metode ini melibatkan penggunaan eluen seperti NaOH, NaHCO₃, dan Na₂CO₃ dalam proporsi yang bervariasi, yang terbukti efektif dalam memisahkan ion.

Kromatografi ion adalah teknik analisis yang menawarkan banyak keunggulan dibandingkan metode tradisional untuk menentukan ion rutin dalam sampel air. Menurut V. Ivanova *et al.*, kromatografi ion adalah metodologi yang cepat, menuntut volume sampel kecil, dan sesuai tujuan untuk menganalisis sampel permukaan, tanah, dan air minum [8]. Metode ini memberikan cara yang andal dan efisien untuk mendeteksi anion anorganik dalam sampel air dan telah

divalidasi oleh berbagai organisasi pengatur dan standar seperti ISO and US EPA [5]. Secara singkat, kromatografi ion adalah teknik analisis praktis yang menawarkan banyak keunggulan dibandingkan metode tradisional dan klasik untuk menentukan ion rutin dalam sampel air. Metode ini cepat, terpercaya, praktis, dan memerlukan volume sampel yang kecil, menjadikannya pilihan tepat untuk analisis air rutin.

Penelitian ini bertujuan utama untuk menyajikan evaluasi komprehensif mengenai keunggulan teknik kromatografi ion dalam mengukur kandungan anion anorganik dan penerapannya pada kualitas air alam, khususnya air tanah dan air ledeng yang di-sampling di Kota Ternate. Selain itu, juga dapat memberikan informasi berharga mengenai alternatif penerapan kromatografi ion pada pada bidang dan tema penelitian yang lain.

II. METODE

A. Instrumen Pemisahan

Instrumen yang digunakan untuk pemisahan dan pengukuran adalah sistem Eco-IC Metrohm dengan modul tertekan yang lengkap. Sistem kromatografi ion dilengkapi pula dengan kolom analitik pemisah anion Metrohm Supp A 17-250/4.0, yang dipilih secara khusus untuk seluruh pengukuran. Ukuran instrumen yang ringkas dan presisi tinggi menjadikannya ideal dan efektif untuk pengukuran anion anorganik.

B. Reagen dan Prosedur Kerja

Untuk menyiapkan larutan yang mengandung 6,0 mmol/L Na_2CO_3 dan 0,25 mmol/L NaHCO_3 , digunakan bahan kimia natrium karbonat anhidrat tingkat reagen analitik dan natrium hidrogen karbonat tingkat reagen analitik. Natrium karbonat dan natrium hidrogen karbonat, kemudian ditimbang dan ditambahkan ke dalam labu ukur yang berisi akuades untuk mendapatkan konsentrasi yang diinginkan.

Sebelum digunakan, eluen dihilangkan gasnya untuk menghilangkan gas terlarut yang dapat mengubah komposisi larutan. Larutan yang telah dihilangkan gasnya kemudian disaring menggunakan filter 0,45 μm untuk menghilangkan pengotor yang tersisa.

Larutan regenerasi sebagai penekan konduktan detektor, digunakan senyawa asam sulfat (H_2SO_4) dengan kadar 50 mmol/L. Larutan dengan kadar tersebut, ditambahkan ke dalam rangkaian sistem kromatografi ion, untuk meregenerasi kondisi analitik kolom pemisah dan *column packing material* (bahan pengepakan kolom), sehingga membantu menjaga efisiensi dan efektivitas pemisahan yang terjadi pada kolom.

Untuk menyiapkan larutan standar kalibrasi, digunakan stok standar *IC Multielemen* (Merck) yang mengandung masing-masing 1000 mg/L untuk semua anion anorganik (florida, klorida, nitrit, bromida, nitrat, sulfat, dan fosfat). Konsentrasi yang sesuai untuk setiap anion anorganik diperoleh dengan mengencerkan stok standar setiap anion tersebut dengan akuades tingkat HPLC. Semua larutan disaring melalui *membrane filter* berpori-pori 0,45 μm sebelum digunakan untuk menghilangkan kotoran yang dapat mempengaruhi keakuratan analisis dan dapat merusak kolom.

C. Sampling dan Perlakuan Awal Sampel

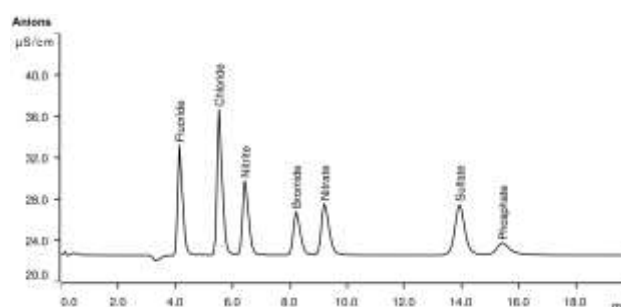
Untuk mengetahui kualitas air di Kota Ternate, dilakukan penelitian dengan mengambil sampel air tanah dan air ledeng dari 3 kecamatan di Kota Ternate. Sampel disaring dengan hati-hati menggunakan *membrane filter* 0,45 μm sebelum dianalisis menggunakan kromatografi ion. Tidak ada perlakuan awal lain yang diterapkan pada sampel selain mengamati sifat-sifatnya. Hal ini dilakukan untuk memastikan keakuratan hasil dan meminimalkan potensi sumber kesalahan.

Sampel air yang terkumpul kemudian diukur, dan hasilnya digunakan untuk divalidasi lebih lanjut. Perlakuan ini dilakukan dengan sangat hati-hati dan penuh perhatian terhadap detail untuk menghasilkan data yang dapat dipercaya mengenai kualitas air tanah dan air ledeng di Kota Ternate.

III. HASIL PENELITIAN

A. Pemisahan dan Pengukuran Anion Anorganik Menggunakan Larutan Standar Sampel

Untuk memisahkan berbagai anion anorganik seperti florida, klorida, nitrit, bromida, nitrat, sulfat, dan fosfat, pada air ledeng dan air tanah, dilakukan kalibrasi menggunakan larutan standar yang mengandung ion-ion tersebut pada konsentrasi 20 mg/L kecuali ion florida yaitu pada konsentrasi 10 mg/L. Kromatogram larutan standar disajikan pada Gambar 1, yang memberikan representasi visual pemisahan berbagai anion anorganik.



Gambar 1. Pemisahan dan pengukuran anion anorganik menggunakan larutan standar sampel anion. Kombinasi eluen : 6,0 mmol/L Na_2CO_3 dan 0,25 mmol/L NaHCO_3 . Kolom pemisah : Metrohm Supp A 17-250/4.0 (Metrohm). Volume sampel : 10 μL . Kecepatan alir eluen : 0,8 mL/menit. Konsentrasi anion anorganik (dalam satuan, mg/L) : florida (10), klorida (20), nitrit (20), bromida (20), nitrat (20), sulfat (20), dan fosfat (20).

B. Validasi Metode

Tabel 1 menampilkan pengulangan sinyal berbagai analit anion anorganik, untuk waktu retensi, tinggi puncak, dan luas puncak. Pemisahan dilakukan lima kali di bawah kondisi analitik optimal yang ditunjukkan pada Gambar 1. Deviasi standar relatif (RSD) semua ion dihitung untuk setiap jenis sinyal, dan hasilnya menunjukkan bahwa nilai RSD untuk waktu retensi, puncak tinggi, dan luas puncak adalah masing-masing kurang dari 2,71%, 2,80%, dan 2,49%.

Angka-angka ini menunjukkan bahwa pengulangan sinyal berada dalam batas yang dapat diterima, dengan tingkat presisi dan akurasi yang tinggi, serta metode pengukuran yang bisa

dianggap dapat dipercaya untuk pemisahan analit tersebut, yang akhirnya dapat pula memberikan wawasan berharga mengenai kualitas air tanah dan air ledeng.

TABEL 1
DATA STANDAR DEVIASI RELATIF (RSD) ANION ANORGANIK. KONDISI OPTIMAL PEMISAHAN/PENGUKURAN, SEBAGAIMANA PADA GAMBAR 1

Anion Anorganik	% RSD (n=5)		
	Waktu Retensi	Tinggi Puncak	Lebar Puncak
Florida	1,49	1,60	1,42
Klorida	1,85	1,49	1,47
Nitrit	1,79	1,55	1,68
Bromida	1,79	1,68	1,79
Nitrat	2,26	1,99	1,97
Sulfat	2,71	2,65	2,49
Fosfat	2,63	2,80	2,37

Penelitian ini menyajikan Tabel 2 yang menampilkan koefisien korelasi (r^2) untuk anion anorganik. Ketinggian puncak menunjukkan korelasi linier yang signifikan dengan kisaran konsentrasi anions 10 hingga 50 mg/L. Batas deteksi (LOD) untuk semua anion dihitung melalui persamaan rasio signal-to-noise (S/N) sebesar 3, dan hasil yang diperoleh dirangkum dalam Tabel 2. LOD untuk semua anion anorganik ditemukan berkisar antara 0,018 – 0,464 $\mu\text{g/L}$, menunjukkan sensitivitas tinggi dari metode analisis yang digunakan.

TABEL 2
DATA BATAS DETEKSI (LOD) INSTRUMEN, KURVA KALIBRASI, DAN WAKTU RETENSI ANION ANORGANIK. KONDISI OPTIMAL PEMISAHAN/PENGUKURAN, SEBAGAIMANA PADA GAMBAR 1

Anion Anorganik	LOD ($\mu\text{g/L}$)	Kurva Kalibrasi (r^2)	Waktu Retensi (menit)
Florida	0,018	0,9992	4,14
Klorida	0,030	0,9993	5,52
Nitrit	0,054	0,9997	6,43
Bromida	0,093	0,9996	8,20
Nitrat	0,096	0,9992	9,21
Sulfat	0,109	0,9989	13,93
Fosfat	0,464	0,9987	15,42

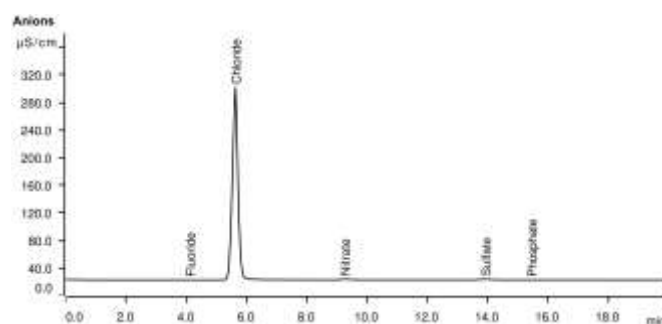
C. Pengukuran Anion Anorganik Menggunakan Sampel Air Tanah dan Air Ledeng

Pengukuran anion anorganik tersebut, 1 sampel air tanah yang diambil dari Kec. Ternate Utara (Gambar 2), dan 2 sampel air ledeng yang masing-masing diambil di Kec. Ternate Tengah (Gambar 3) dan di Kec. Ternate Selatan (Gambar 4), kemudian dilakukan pengolahan data dengan membandingkan dengan kromatogram sampel standar (Gambar 1) dan/atau melalui perhitungan kadar anion menggunakan persamaan regresi/kurva kalibrasi.

Untuk memastikan pengukuran ion-ion ini secara akurat dan dipercaya, maka penting untuk menetapkan urutan elusi, waktu retensi, dan parameter operasi untuk setiap anion yaitu florida > klorida > nitrit > bromida > nitrat > sulfat > fosfat.

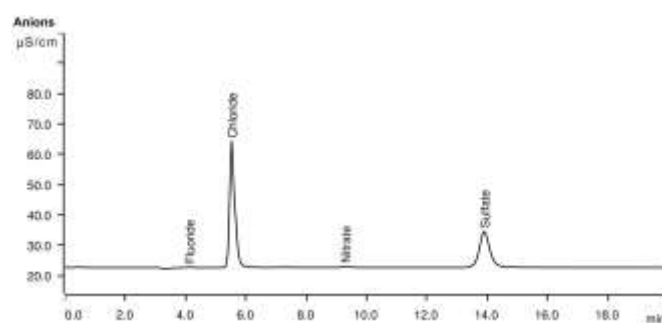
IV. PEMBAHASAN

Florida dan klorida adalah dua anion anorganik utama yang umum ditemukan dalam sumber air tanah dan air ledeng. Meskipun florida biasanya terdapat dalam konsentrasi rendah, florida dapat ditemukan dalam konsentrasi yang lebih tinggi di sumber air tanah. Jumlah florida dalam air dapat diukur menggunakan elektroda selektif ion dan metode kolorimetri [9], yang memungkinkan untuk mendeteksi florida bebas dan terikat kompleks. Demikian juga, dapat menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dalam mengukur kadar ion florida dalam air tanah [10], dan dalam air minum dalam kemasan (AMDK) [11]. Klorida, sebaliknya, dapat berasal dari sumber alami dan antropogenik.



Gambar 2. Kromatogram hasil pengukuran anion anorganik pada sampel air tanah yang diambil di Kec. Ternate Utara.

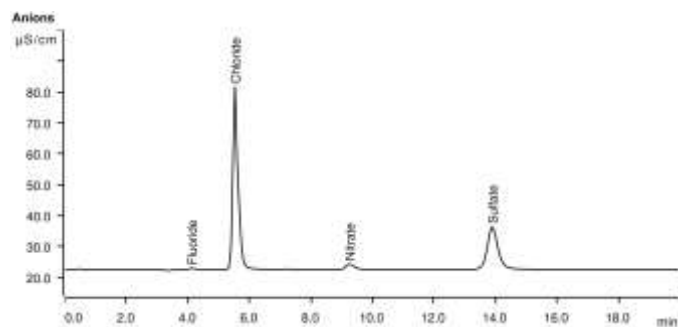
Metode klasik seperti titrasi argentometri metode Mohr umumnya digunakan untuk menentukan kadar klorida dalam air [12][13], menggunakan metode potensiometri [14]. Metode-metode ini efektif dalam mendeteksi keberadaan klorida di air ledeng dan sumber air tanah/sumur, air PDAM. Penting untuk memantau kadar florida dan klorida dalam air minum, karena konsentrasi anion yang tinggi dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Misalnya, asupan florida yang berlebihan dapat menyebabkan fluorosis gigi atau tulang, sedangkan kadar klorida yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pencernaan atau masalah kesehatan lainnya.



Gambar 3. Kromatogram hasil pengukuran anion anorganik pada sampel air ledeng yang diambil di Kec. Ternate Tengah.

Oleh karena itu, pengukuran kadar akurat anion-anion ini dalam air minum sangat penting untuk memastikan kesehatan dan keselamatan masyarakat. Kadar nitrat dalam air ledeng biasanya rendah. Namun, kadarnya bisa mencapai tingkat

tinggi karena kontaminasi dari berbagai sumber. Tingkat nitrat yang ada dalam air tanah secara alami bergantung pada jenis tanah dan situasi geologis [15]. Konsentrasi nitrat dalam air biasanya diukur menggunakan metode kolorimetri and potensiometri [16]. Metode ini melibatkan reaksi ion nitrat dengan brom dalam asam sulfat pada suhu 100 °C, membentuk senyawa berwarna yang dapat diukur secara spektrofotometri UV-Vis.



Gambar 4. Kromatogram hasil pengukuran anion anorganik pada sampel air ledeng yang diambil di Kec. Ternate Selatan.

Metode kolorimetri banyak digunakan karena akurasi, sensitivitas, dan kesederhanaannya. Selain itu, ia dapat mendeteksi kadar nitrat serendah 0,1 mg/L, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi, termasuk pemantauan lingkungan, kesehatan masyarakat, dan pengendalian kualitas air buangan dari industri. Namun perlu diketahui bahwa kadar nitrat yang tinggi dalam air minum dapat membahayakan kesehatan manusia, terutama bagi bayi dan ibu hamil, serta dapat meningkatkan risiko berbagai masalah Kesehatan lainnya. Oleh karena itu, pemantauan berkala dan penggunaan instrumen pemisahan dan pengukuran yang sensitif terhadap kadar nitrat dalam sumber air sangat penting untuk menjamin keamanan sumber-sumber air minum.

Sulfat dalam air tanah dan air ledeng merupakan masalah lingkungan yang signifikan karena dapat berasal dari sumber alami dan antropogenik. Metode gravimetri [17], banyak digunakan untuk pengukuran sulfat, yang melibatkan pengendapan sulfat sebagai barium sulfat. Dalam metode ini, sampel air yang volumenya diketahui kemudian diolah dengan larutan barium klorida, yang bereaksi dengan ion sulfat membentuk barium sulfat yang sangat tidak larut.

Endapan yang dihasilkan kemudian dipisahkan dengan penyaringan, dikeringkan, dan ditimbang untuk mengetahui jumlah sulfat dalam sampel air. Teknik lain untuk penentuan sulfat adalah metode turbidimetri [18], yang merupakan metode cepat dan mudah untuk mengukur kadar sulfat rendah dalam air. Dalam metode ini, ion sulfat bereaksi dengan ion barium dalam media asam klorida membentuk barium sulfat yang sedikit larut. Kekeuhan larutan yang dihasilkan kemudian diukur secara fotometrik menggunakan metode spektrofotometri.

Thangiah A.S, (2020) berhasil menerapkan metode spektrofotometer UV-Vis untuk penentuan sulfat dalam berbagai jenis sampel air. Penulis telah menyoroti pentingnya menggunakan teknik persiapan sampel dan instrumentasi yang

tepat untuk mendapatkan hasil yang akurat. Secara umum, metode spektro, banyak digunakan untuk penentuan sulfat dalam sampel air. Namun, metode ini tetap memiliki kelebihan dan keterbatasan.

Pengukuran kadar florida, klorida, nitrat, dan sulfat dan anion anorganik lainnya dalam air sangat penting dalam menentukan kualitas air dan tingkat kontaminasi. Metode tradisional untuk menganalisis anion-anion ini seringkali memakan waktu dan spesifik untuk menganalisis anion tertentu saja. Namun, sebuah studi penelitian terbaru mengusulkan metode baru untuk menganalisis anion-anion ini dalam sampel air yang jauh lebih efisien dan serbaguna.

Metode ini menggunakan teknik kromatografi ion, yang memungkinkan ketujuh anion anorganik ditentukan dalam satu injeksi tanpa langkah pra-perlakuan apa pun kecuali filterisasi sampel. Setiap pemisahan/pengukuran dapat diselesaikan dalam total waktu berjalan 16 menit. Pendekatan ini menawarkan keuntungan yang signifikan dibandingkan metode tradisional dan konvensional, karena menghilangkan kebutuhan akan analisis individual yang beragam serta waktu serta biaya yang lebih banyak.

Metode analisis kromatografi ion mempunyai potensi untuk menjadi metode pengganti analisis rutin anion-anion anorganik dalam air. Ini dapat diterapkan pada berbagai sampel air dan dapat memberikan hasil yang efisien dan akurat. Oleh karena itu, kromatografi ion dapat berguna untuk pemisahan dan pemantauan kualitas air.

V. KESIMPULAN

Pengukuran anion anorganik yang akurat dan dipercaya menjadi sangat penting untuk pemantauan lingkungan dan pengendalian kualitas air. Teknik instrumental yang canggih telah dikembangkan untuk mencapai tingkat sensitivitas, presisi, dan akurasi yang tinggi untuk pemisahan/pengukuran ini. Di antara teknik-teknik klasik seperti kolorimetri, potensiometri, argentometri, atau semi modern metode spektrometri dalam mengukur kadar anion sampel air, akan tetap diperlukan. Namun, perlu dicatat bahwa keterbatasan yang dimiliki adalah kadar anion-anion tersebut, harus lebih banyak terdapat dalam sampel. Sebaliknya, kromatografi ion telah muncul sebagai teknik pilihan untuk memisahkan/mengukur anion dan kadarnya dalam air. Pendekatan ini menggunakan kolom dan eluen khusus untuk memisahkan anion berdasarkan muatan dan ukuran ionnya. Kromatografi ion memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode kimia basah tradisional lainnya, termasuk selektivitas tinggi, sensitivitas, reproduktifitas, pengurangan konsumsi reagen, dan batas deteksi yang lebih rendah. Beberapa tahun terakhir, kromatografi ion telah menggantikan sebagian besar metode kimia basah untuk menganalisis anion khususnya dalam sampel air, karena kecepatan, efisiensi, dan akurasinya. Teknik ini telah diterima secara luas sebagai metode rutin untuk mengukur kadar anion anorganik yang umum ditemukan di air tanah dan air ledeng, dan oleh pihak berwenang yang bertanggung jawab, dan perlu memantau kualitas air di Kota Ternate. Keakuratan dan efektivitas biaya menjadikannya alat yang sangat diperlukan

untuk mendeteksi dan memulihkan potensi masalah kualitas air secara tepat waktu.

REFERENSI

- [1] J. Weiss, *Ion Chromatography*. 1995.
- [2] M. Amin, L. W. Lim, and T. Takeuchi, "Peak parking technique for the simultaneous determination of anions and cations," *Anal Bioanal Chem*, vol. 381, pp. 1426–1431, 2005.
- [3] M. Amin, L. W. Lim, and T. Takeuchi, "Tunable Separation of Anions and Cations by Column Switching in Ion Chromatography," *Talanta*, vol. 71, pp. 1470–1475, 2007.
- [4] H. M. Asunaga, Y. H. Igo, M. I. Shii, N. M. Aruyama, and S. Y. Amazaki, "Development of a New Suppressor for the Ion Chromatography of Inorganic Cations," *Anal. Sci.*, vol. 30, pp. 477–482, 2014.
- [5] S. R. Yelampalli, K. Gandla, K. Teja, K. Reddy, A. E. Ibrahim, and S. El Deeb, "Determination of Sodium, Potassium, and Magnesium as Sulfate Salts in Oral Preparations Using Ion Chromatography and Conductivity Detection," *Separations*, vol. 10, no. 99, pp. 1–10, 2023.
- [6] A. V. Moura, "Ion Chromatography: Principles and instrumentation," *Orbital Electron. J. Chem.*, vol. 14, no. 2, pp. 110–115, 2022.
- [7] B. Paull, "Quantitative capillary zone electrophoresis of inorganic anions," *Electrophoresis*, vol. 24, pp. 1892–1934, 2003.
- [8] V. Ivanova, A. Surleva, and B. Koleva, "Validation of Ion Chromatographic Method for Determination of Standard Inorganic Anions in Treated and Untreated Drinking Water," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 374, p. 012053, 2018.
- [9] S. Amereih, Z. Barghouthi, and L. Majjiad, "Colorimetric determination of fluoride in drinking groundwater using a polymeric zirconium complex of 5-(2-carboxyphenylazo)-8-hydroxyquinoline," *J. Adv. Chem.*, vol. 4, no. 2, pp. 459–465, 2013.
- [10] Z. Barghouthi, S. Amereih, and S. Khayat, "Spectrophotometric Determination of Fluoride in Groundwater Using Complexes of Flavonoid Chrysin," *Palest. Tech. Univ. Res. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 16–20, 2013.
- [11] Z. Barghouthi and S. Amereih, "Spectrophotometric determination of fluoride in drinking water using aluminium complexes of triphenylmethane dyes," *Water SA*, vol. 38, no. 4, pp. 543–548, 2012.
- [12] Khoirul Ngibad dan Dheasy Herawati, "Analysis of Chloride Levels in Well and PDAM Water," *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan. Kimia.)*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [14] M. Berger, "Potentiometric Determination of Chloride in Natural Waters: An Extended Analysis," *J. Chem. Educ.*, vol. 89, pp. 812–813, 2012.
- [15] Q. F. Hamlin, S. L. Martin, A. D. Kendall, and D. W. Hyndman, "Examining Relationships Between Groundwater Nitrate Concentrations in Drinking Water and Landscape Characteristics to Understand Health Risks," *GeoHealth*, pp. 1–20, 2022.
- [16] S. Panchagnula, "Estimation of Nitrates in Water Sample by Colorimetry and Potentiometry - A Comparative Study," *Int. J. Trend Res. Dev.*, vol. 3, no. 2, pp. 226–227, 2016.
- [17] S. Ismail, Irfan, Ananda Budiman, F. N. Arkhaan, I. Nihati, Irvandi, Sepriyanata, and N. Afifah, "Gravimetric determination of sulphate," vol. 1, no. 1, pp. 30–35, 2023.
- [18] J. Thakre, A. T. Nizamuddin, and W. Bacl, "Determination of Sulphate in Water Sample by Turbidimetry," *J. Emerg. Technol. Innov. Res.*, vol. 8, no. 5, pp. 9–10, 2021.