

VALIDASI METODE ANALISIS Fe DALAM LARUTAN NON-CRM MELALUI DESTRUKSI H₂SO₄ DAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS

Ni Komang Tria Pradnyani Dewi^{1*}, Ni Ketut Anggun Damayanti¹, Mulan Gevika Amara Putri¹, Ida Bagus Ketut Widnyana Yoga²

^{1*}Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia

²Laboratorium Penelitian Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia
*triapradnya36@gmail.com

ABSTRAK: Penetapan kadar besi (Fe) secara kuantitatif penting dilakukan karena Fe merupakan logam esensial yang berdampak signifikan pada sistem biologis dan lingkungan. Dalam penelitian ini, dilakukan validasi metode spektrofotometri UV-Vis untuk analisis kadar Fe dalam larutan standar FeCl₃ tidak bersertifikat (non-CRM/*non-Certified Reference Material*) menggunakan destruksi H₂SO₄. Pembentukan kompleks Fe(III)-tiosianat dilakukan menggunakan KSCN. Tujuan penelitian adalah untuk menilai kelayakan metode yang digunakan sebagai alternatif yang efisien dan terjangkau di laboratorium yang tidak memiliki akses terhadap larutan standar bersertifikat. Validasi dilakukan terhadap parameter linearitas, akurasi, presisi, LoD, dan LoQ. Hasil menunjukkan kompleks Fe(III)-tiosianat memberikan absorbansi maksimum pada panjang gelombang 454 nm. Hubungan antara konsentrasi dan absorbansi menunjukkan linearitas sangat baik dengan nilai koefisien determinasi (R^2) > 0,99. Uji akurasi memberikan nilai %*recovery* dalam rentang 90-110%, menunjukkan metode memiliki ketepatan tinggi. Presisi antarhari oleh tiga analis menghasilkan nilai RPD < 2%, mencerminkan keterulangan yang baik. LoD dan LoQ yang diperoleh sangat rendah dan menunjukkan sensitivitas metode. Dapat disimpulkan bahwa metode yang dilakukan dapat dijadikan alternatif yang valid untuk analisis Fe, khususnya di laboratorium dengan keterbatasan peralatan dan bahan standar bersertifikat.

Kata kunci: FeCl₃; KSCN; Non-CRM; Spektrofotometri UV-Vis; Validasi Metode.

ABSTRACT: Quantitative determination of iron (Fe) is essential due to its significant impact on both biological systems and the environment. This study validated a UV-Vis spectrophotometric method for Fe analysis using H₂SO₄ destruction on non-certified FeCl₃ standard solution (non-CRM). Fe(III)-thiocyanate complexation is done with KSCN. The aim was to evaluate the feasibility of this method as an efficient and cost-effective alternative for laboratories lacking access to certified reference materials. The validation covered parameters including linearity, accuracy, precision, limit of detection (LoD), and limit of quantification (LoQ). The Fe(III)-thiocyanate complex showed a maximum absorbance at 454 nm. A strong linear relationship between concentration and absorbance was observed, with a determination coefficient (R^2) greater than 0.99. Accuracy testing yielded recovery values within the acceptable range of 90-110%, indicating high measurement reliability. Interday precision involving three analysts produced relative percent differences (RPD) below 2%, reflecting good repeatability. The obtained LoD and LoQ values were sufficiently low, confirming the method's high sensitivity. Based on these results, the validated UV-Vis spectrophotometric method can serve as a reliable and practical alternative for Fe analysis, particularly in laboratories with limited access to certified standards.

Keywords: FeCl₃; KSCN; Method Validation; Non-CRM; UV-Vis Spectrophotometry.

1. PENDAHULUAN

Unsur besi (Fe) merupakan logam esensial yang memiliki peran penting dalam berbagai bidang, termasuk kesehatan, lingkungan, pangan, dan industri. Dalam sistem biologis, Fe terlibat dalam sejumlah proses vital seperti transportasi oksigen, sintesis DNA, serta aktivitas enzimatik [1,2]. Di bidang lingkungan dan industri, kadar Fe digunakan sebagai indikator kualitas air dan keberhasilan proses pengolahan logam. Namun, kadar Fe yang berlebih dapat bersifat toksik baik bagi lingkungan maupun tubuh karena memicu stres oksidatif, gangguan metabolisme, dan kerusakan jaringan [3,4]. Oleh sebab itu, diperlukan metode analisis kadar Fe yang akurat, presisi, dan andal, untuk menunjang pengawasan mutu, diagnosis klinis, dan pemantauan lingkungan.

Di berbagai laboratorium, termasuk di Laboratorium Penelitian Terpadu Universitas Udayana, beberapa analisis kuantitatif dilakukan menggunakan larutan standar yang belum bersertifikat (*non-Certified Reference Material*) atau non-CRM [5,6]. Padahal, penggunaan larutan standar yang belum terverifikasi metrologis dapat menimbulkan ketidakpastian dalam hasil analisis dan memengaruhi keabsahan interpretasi data ilmiah [7]. Terbatasnya akses dan harga larutan CRM yang tinggi menimbulkan tantangan dalam penerapan standar mutu laboratorium. Oleh karena itu, validasi tidak hanya diperlukan untuk metode analisis, tetapi juga untuk larutan standar non-CRM yang digunakan [8,9]. Hal ini sesuai dengan prinsip ISO/IEC 17025:2017 yang menekankan pentingnya metode tervalidasi dalam menjamin integritas hasil pengujian [10]. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), metode baku analisis logam berat dilakukan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) [11]. Namun, karena instrumen SSA memiliki harga yang tinggi dan tidak tersedia di semua laboratorium,

spektrofotometri UV-Vis menjadi alternatif yang lebih praktis dan ekonomis. Metode ini memanfaatkan pembentukan kompleks antara ion Fe^{3+} dan ligan tiosianat (SCN^-), yang menghasilkan warna dan dapat diukur secara kuantitatif melalui absorbansi [12].

Dalam penelitian ini, metode destruksi basah dengan asam sulfat (H_2SO_4) dilakukan sebagai tahapan awal untuk melepaskan ion Fe. H_2SO_4 dipilih karena efektivitasnya dalam mendestruksi sampel organik dan anorganik tanpa mengganggu proses kompleksasi [13,14]. Meskipun metode ini potensial, studi mengenai validasi metode spektrofotometri UV-Vis dengan destruksi H_2SO_4 dan larutan standar non-CRM masih sangat terbatas. Oleh karena itu, dilakukan validasi metode yang meliputi parameter linearitas, presisi, akurasi, LoD dan LoQ [15] untuk memastikan metode layak diterapkan meskipun tanpa larutan CRM.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan validasi metode spektrofotometri UV-Vis dalam penetapan kadar Fe dengan tahapan destruksi menggunakan H_2SO_4 dan pembentukan kompleks menggunakan KSCN. Validasi dilakukan terhadap larutan standar FeCl_3 non-CRM untuk menilai kelayakan metode dalam menghasilkan data analitis yang akurat dan konsisten. Studi ini diharapkan berkontribusi dalam pengembangan metode alternatif yang efisien dan terjangkau, khususnya di laboratorium dengan keterbatasan alat dan bahan.

1. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah gelas beaker, gelas ukur, spatula logam, pipet tetes, pipet ukur, mikropipet, *ball filler*, timbangan analitik, labu ukur, kuvet 1 cm, vortex, serta spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1800. Bahan-bahan yang digunakan adalah larutan standar induk FeCl_3 1000 ppm, akuades,

KSCN 1%, H₂SO₄ 1 N, dan larutan standar FeCl₃ non-CRM 10 ppm.

2.2 Metode

Preparasi Larutan Standar Induk FeCl₃

Larutan standar induk FeCl₃ 100 ppm disiapkan dengan memipet larutan standar FeCl₃ 1000 ppm sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan. Larutan induk tersebut kemudian dipipet sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 mL ke dalam masing-masing labu ukur 10 mL. Ke dalam setiap larutan ditambahkan masing-masing 1 mL larutan H₂SO₄ 1 N dan 1 mL larutan KSCN 1%. Larutan kemudian diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan menggunakan vortex. Setelah homogen, larutan disimpan dalam tabung reaksi berlabel dan didiamkan selama 15 menit agar terbentuk kompleks Fe(III)-tiosianat secara stabil [11,16]. Dengan cara ini, diperoleh larutan standar FeCl₃ dengan konsentrasi akhir berturut-turut 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm.

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan standar FeCl₃ 6 ppm menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200-700 nm. Panjang gelombang yang memberikan absorbansi tertinggi ditetapkan sebagai λ_{maks} untuk analisis selanjutnya.

Analisis Data

Data hasil pengukuran dianalisis untuk mengevaluasi parameter validasi metode, meliputi (1) Linearitas, dengan menilai hubungan antara konsentrasi dan absorbansi melalui regresi linier; (2) Akurasi, ditentukan sebagai persen perolehan kembali (%*recovery*) dari sampel yang ditambahkan larutan standar; (3) Presisi, dievaluasi

berdasarkan RPD (*Relative Percent Difference*) dari pengulangan pengukuran dalam kondisi antarhari (*interday*) dengan tiga analisis berbeda; (4) Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantitasi (LoQ), dihitung berdasarkan simpangan baku residu dan kemiringan kurva kalibrasi sesuai pedoman International Conference on Harmonization (ICH Q2(R1)).

3. HASIL dan PEMBAHASAN

3.1 Peran H₂SO₄ dan KSCN

Dalam analisis kuantitatif ion besi (Fe³⁺) menggunakan spektrofotometri UV-Vis, keberadaan reagen H₂SO₄ dan KSCN sangat penting untuk memastikan reaksi kompleksasi berjalan optimal dan menghasilkan absorbansi yang signifikan. H₂SO₄ berperan dalam menciptakan suasana asam yang diperlukan agar Fe³⁺ tetap dalam bentuk terlarut dan tidak mengalami hidrolisis [17]. Dalam kondisi netral atau basa, ion Fe³⁺ cenderung membentuk endapan Fe(III) hidroksida yang tidak reaktif terhadap ion tiosianat, sehingga menghambat pembentukan kompleks berwarna [18]. Suasana asam tidak hanya menjaga kestabilan ion Fe³⁺, tetapi juga meningkatkan stabilitas kompleks yang terbentuk [19].

Sementara itu, KSCN bertindak sebagai ligan donor elektron yang membentuk kompleks dengan Fe³⁺, menghasilkan senyawa kompleks Fe(III)-tiosianat berwarna merah hingga jingga [20]. Warna yang terbentuk dari kompleks ini akan semakin pekat seiring dengan meningkatnya konsentrasi Fe³⁺, yang memungkinkan penerapan hukum Lambert-Beer dalam analisis kuantitatif [20].

3.2 Pemilihan Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks})

Penentuan λ_{maks} bertujuan untuk mengidentifikasi posisi spektrum ketika kompleks Fe(III)-tiosianat menunjukkan absorbansi tertinggi [21, 22]. Pada panjang

gelombang ini, sensitivitas alat terhadap perubahan konsentrasi analit mencapai titik optimal, sehingga memungkinkan deteksi yang lebih akurat, presisi tinggi, dan menghasilkan hubungan linear antara konsentrasi dan absorbansi [23]. Selain itu, pemilihan λ_{maks} juga penting untuk meminimalkan interferensi dari senyawa lain yang mungkin menyerap cahaya pada panjang gelombang berbeda [22].

Larutan standar FeCl_3 6 ppm dipindai menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200-700 nm. Hasil pemindaian menunjukkan puncak serapan maksimum pada 454 nm. Panjang gelombang ini sesuai dengan karakteristik kompleks $\text{Fe}^{3+}\text{-SCN}^-$ yang dikenal memiliki warna merah darah intens dan menyerap kuat di wilayah tampak (*visible light*) [22].

Nilai λ_{maks} dalam penelitian ini berada dalam rentang yang dilaporkan dalam literatur untuk Fe(III)-tiosianat, yaitu antara 450–480 nm, bergantung pada kondisi medium [12]. Hal ini berbeda dengan penelitian Suryani dkk. (2022) yang melaporkan λ_{maks} pada 481 nm [11]. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh reagen asam yang digunakan. Penelitian tersebut menggunakan HCl, di mana ion klorida (Cl^-) yang merupakan ligan, berpotensi membentuk kompleks campuran dengan Fe^{3+} dan bersaing dengan SCN^- , sehingga diduga menyebabkan pergeseran spektral kecil [21]. Sebaliknya, penggunaan H_2SO_4 dalam penelitian ini merupakan ligan yang lebih lemah (anion sulfat) memungkinkan pembentukan kompleks Fe(III)-tiosianat yang lebih spesifik dan menghasilkan λ_{maks} pada daerah yang lebih pendek [22]. Konsistensi dan kejelasan puncak pada 454 nm yang diperoleh mendukung bahwa H_2SO_4 merupakan pilihan yang sesuai untuk metode ini. 1 mL H_2SO_4 1 N dan 1 mL KSCN 1% ditambahkan ke setiap larutan standar dan sampel untuk memastikan kondisi reaksi tetap konsisten [17].

3.3 Validasi Metode

Linearitas

Uji linearitas adalah kemampuan metode analisis dalam memberikan respons yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Deret larutan standar dibuat dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Persamaan regresinya ditentukan dengan memplot konsentrasi sebagai sumbu x dan absorbansi sebagai sumbu y. Linearitas memenuhi syarat keberterimaan bila korelasi regresi linear (R^2) $\geq 0,99$ [15]. Hasil absorbansi larutan standar pada 454 nm dari ketiga analisis disajikan pada Tabel 1, sedangkan persamaan regresi ketiga analisis disajikan pada Tabel 2.

Akurasi

Akurasi merupakan parameter yang menggambarkan sejauh mana hasil pengukuran mendekati nilai sebenarnya dari analit yang diukur. Uji perolehan kembali dilakukan dengan menambahkan 1 mL larutan standar FeCl_3 10 ppm ke dalam masing-masing larutan standar FeCl_3 non-CRM 10 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL. Penambahan ini meningkatkan jumlah analit, sehingga konsentrasi teoritis total menjadi 20 ppm dalam volume akhir tetap. Setelah itu, ditambahkan 1 mL H_2SO_4 1 N dan 1 mL KSCN 1%, kemudian diencerkan hingga batas, dihomogenkan, dan didiamkan selama 15 menit sebelum pengukuran. Pengukuran dilakukan dengan tiga kali replikasi. Akurasi dinyatakan sebagai persentase perolehan kembali (*%recovery*) dari kadar teoritis hasil penambahan baku (*standard addition*). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa seluruh nilai *%recovery* berada dalam rentang 90-110%, yang sesuai dengan batas penerimaan umum berdasarkan pedoman validasi analisis [24].

Tabel 1. Hasil Absorbansi Larutan Standar pada Panjang 454 nm

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi		
	Analisis 1	Analisis 2	Analisis 3
2	0,048	0,047	0,056
4	0,100	0,103	0,101
6	0,156	0,163	0,149
8	0,217	0,214	0,215
10	0,271	0,255	0,272

Tabel 2. Persamaan Regresi yang Didapatkan Setiap Analisis

	Analisis 1	Analisis 2	Analisis 3
R ²	0,9994	0,9953	0,9947
Persamaan	y = 0,0281x – 0,0103	y = 0,0263x – 0,0012	y = 0,0274x – 0,0055

Tabel 3. Hasil Validasi Metode Analisis FeCl₃ Non-CRM

Parameter	Syarat	Analisis 1	Analisis 2	Analisis 3
%RPD	< 2%	0,67%	1,56%	1,78%
LoD (ppm)	-	0,25	0,75	0,79
LoQ (ppm)	-	0,86	2,51	2,65
%Recovery	90 - 110%	103%	110%	109,86%

%Recovery yang dihasilkan menunjukkan bahwa dalam sistem larutan standar sederhana, metode ini memberikan akurasi yang dapat diterima. Parameter %recovery disajikan pada Tabel 3.

Presisi

Presisi metode dalam penelitian ini dievaluasi melalui pendekatan *interday precision*, yakni dengan melibatkan tiga analisis berbeda pada hari yang berbeda. Masing-masing analisis melakukan dua ulangan terhadap larutan standar FeCl₃ non-CRM 10 ppm. Setiap larutan diukur sebanyak tiga kali replikasi pada panjang gelombang maksimum 454 nm. Nilai rerata absorbansi dari masing-masing ulangan digunakan untuk menghitung *Relative*

Percent Difference (RPD) antar pasangan data dalam satu hari. RPD digunakan sebagai parameter presisi untuk pengujian dengan

jumlah ulangan per hari sebanyak dua. RPD dihitung dengan rumus berikut [25]:

$$\left(\frac{|x_1 - x_2|}{\frac{(x_1 + x_2)}{2}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

x_1 dan x_2 = rerata absorbansi dari masing-masing ulangan dalam satu hari

Nilai RPD yang dihasilkan sangat rendah (di bawah 2%) sehingga memenuhi kriteria penerimaan dan konsistensi hasil [25]. Hasil uji presisi sebagai %RPD disajikan pada Tabel 3.

LoD dan LoQ

LoD merupakan jumlah analit terkecil dalam suatu sampel yang masih dapat dideteksi, tetapi belum dapat dikuantifikasi secara pasti. Sementara itu, LoQ adalah

konsentrasi analit terendah yang masih dapat dikuantifikasi secara akurat dan presisi. LoQ juga digunakan untuk menentukan batas bawah dari rentang kerja metode analisis yang perlu dicapai [24]. LoD dan LoQ yang didapatkan disajikan dalam tabel 3. Nilai LoD dan LoQ dihitung dengan rumus:

$$\text{LoD} = \frac{3,3 \times SD}{\text{Slope}}$$

$$\text{LoQ} = \frac{10 \times SD}{\text{Slope}}$$

$$SD = \frac{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

Keterangan:

SD = Simpangan baku

$\bar{x}$ = Kadar rata-rata

n = Jumlah pengulangan

4. KESIMPULAN

Metode spektrofotometri UV-Vis dengan destruksi H_2SO_4 terbukti efektif dan valid untuk analisis kadar besi (Fe) dalam larutan standar FeCl_3 non-CRM. Kompleksasi Fe(III)-tiosianat menunjukkan serapan maksimum pada panjang gelombang 454 nm, dengan warna kompleks yang stabil dan dapat terukur secara kuantitatif. Validasi metode menunjukkan akurasi yang baik, dengan nilai %*recovery* berada dalam rentang 90-110%. Evaluasi presisi antarhari oleh tiga analis menghasilkan nilai %RPD yang berada di bawah 2%, mencerminkan konsistensi hasil antar analis dan hari. Linearitas hubungan antara konsentrasi dan absorbansi juga sangat baik, ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1. Dengan demikian, metode ini valid dan dapat menjadi alternatif yang lebih ekonomis untuk laboratorium dengan fasilitas terbatas.

Meski demikian, penelitian ini hanya memvalidasi metode pada larutan standar sederhana. Aplikasi pada sampel riil dengan matriks kompleks (seperti air limbah atau sediaan biologis) memerlukan studi lebih lanjut untuk mengevaluasi efek matriks dan kemungkinan interferensi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Penelitian Terpadu Universitas Udayana atas fasilitas dan kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian, serta seluruh staf laboratorium yang telah membantu dalam berbagai tahapan praktikum dan pengolahan data.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gozzelino R., Arosio P. Iron homeostasis in health and disease. *International Journal of Molecular Sciences*. 2016, 17(1), 130.
- [2] Kontoghiorghes G.J., Kontoghiorghes C.N. Iron and chelation in biochemistry and medicine: new approaches to controlling iron metabolism and treating related diseases. *Cells*. 2020, 9(6), 1456.
- [3] Karim A., Bajbouj K., Shafarin J., Qaisar R., Hall A.C., Hamad M. Iron overload induces oxidative stress, cell cycle arrest and apoptosis in chondrocytes. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2022, 10, 821014.
- [4] Xin Z., Xiang Y., Wang Q., Bai X., Meng D., Wu J., Yang Y. Regulation of iron metabolism in ferroptosis: from mechanism research to clinical translation. *Journal of Pharmaceutical Analysis*. 2025, 101304.
- [5] Trisnawati N.N., Krismayanti N.P.A., Suari P.P.V. Validasi metode uji merkuri menggunakan Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry (ICPE) 9000. *Cakra Kimia*. 2024, 12(2), 94–99.
- [6] Trisnawati N.N., Krismayanti N.P.A., Suari P.P.V. Validasi metode uji nitrit menggunakan spektrofotometer UV-Vis 2600. *Cakra Kimia*. 2025, 13(1), 19–23.
- [7] Badan Standarisasi Nasional. *SNI 06-2479-1991: Pemeriksaan NH3-N*.

- Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 1991.
- [8] Sa'adah E., Winata A.S. Validasi metode pengujian logam tembaga pada produk air minum dalam kemasan secara spektrofotometri serapan atom nyala. *Biopropal Industri*. 2010, 1(02), 31–37.
- [9] Moffat A.C., Osselton M.D., Widdop B., Watts J. Clarke's Analysis of Drugs and Poisons. Vol. 3, *Pharmaceutical Press*, London, 2011.
- [10] Harmita H. Petunjuk pelaksanaan validasi metode dan cara perhitungannya. Maj. *Ilmu Kefarmasian*. 2004, 1(3), 1.
- [11] Suryani M.Y., Paramita A., Susilo H., Maharsih I.K. Analisis penentuan kadar besi (Fe) dalam air limbah tambang batu bara menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Indonesian Journal of Laboratory*. 2022, 5(1), 7–15.
- [12] Khasanah S.R.N., Sunarto. Perbandingan validasi metode analisis ion spektrofotometri besi sinar secara tampak dengan pengompleks KSCN dan 1,10-ortofenantrolin. *Jurnal Kimia Dasar*, 2018, 7(3), 105–114.
- [13] Hulyadi H. Analisa jenis asam terhadap kecepatan destruksi daun singkong. *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*. 2020, 7(1), 95–99.
- [14] Sianturi R.L., Suyati L., Astuti Y. Korosi besi dengan elektrolit H₂SO₄ dan karakterisasi produk. Greensphere: *Journal of Environmental Chemistry*. 2021, 1(2), 39–42.
- [15] ICH. *Validation of Analytical Procedure (Text and Methodology)*, 2005.
- [16] Handayani T., Destiarti L., Idiawati N. Perbandingan pengompleks kalium tiosianat dan 1,10 fenantrolin pada penentuan kadar besi dengan spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 2018, 7(2), 47–53.
- [17] Wermink, W. and Versteeg, G. F. The oxidation of Fe(III) in acidic sulphate solutions with air at elevated pressures. Part II. Influence of H₂SO₄ and Fe(III). *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2017, 56(14).
- [18] Prihaningtyas, I., Rizqullah, M. A., Azizah, K. N., Rahmah, A. M., Widyananda, A. A., Rahman, N. A. R. Kinerja Multiple Tray Aerator Dalam Peningkatan pH dan Penurunan Kadar Besi (Fe) pada Surface Water. *Jurnal Chemurgy*. 2025, 9(2), 131–139.
- [19] Kurniawan, R., Mauliza, N., Mahmudi, Kurniawan, H. Penerapan Metode Spektrofotometri Uv-Vis pada Analisis Kadar Besi (Fe) dalam Suplemen Tambah Darah sebagai Media Pembelajaran Praktikum. *Laboratory Journal*. 2025, 2(2): 1–7.
- [20] Ola, P. D., Beti, M. Y., Wogo, H. E., Darmakusuma, D. Spectrophotometrically Determination of Fe (III) in Manganese Processing Waste Water with Ethanol Extract of *Terminalia catappa* L. Leaves as a Complexing Agent. *Chemistry Notes*. 2021, 3(1), 1–11.
- [21] Krachak, A. N., Rarova, I. G., Khamizov, R. K. Effect of Chloride on the Photometric Determination of Thiocyanates in Solutions Using Iron (III). *Journal of Analytical Chemistry*. 2025, 75(12): 1527–1536.
- [22] Fahmi A., Kurniawan W.B., Indriawati A. Uji linieritas kalium tiosianat (KSCN) sebagai indikator kolorimetri untuk mendeteksi konsentrasi Fe pada air. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*. 2022, 2(2), 26–30.
- [23] Sukmawati, Sudewi, S., Pontoh, J. Optimasi dan Validasi Metode Analisis dalam Penentuan Kandungan Total Flavonoid pada Ekstrak Daun Gedi Hijau yang Diukur Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Pharmacon*, 2018, 7(3), 32–41.

- [24] AOAC. *The AOAC Guidelines for Standard Method Performance Requirements (SMPRs), Appendix F*. 2022.
- [25] Eka Putri, F. Penentuan Kadar Surfaktan pada Sampel Air Permukaan dengan Metode MBAS (Methylene Blue Active Substances) menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. 2024, 8(2), 27899–27906.