

PENERAPAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS PADA ANALISIS KADAR BESI (Fe) DALAM SUPLEMEN TAMBAH DARAH SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PRAKTIKUM

Rizky Kurniawan^{*1}, Nizar Mauliza¹, Mahmudi² dan Hadi Kurniawan¹

¹Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, Indonesia

²Program Studi Farmasi, Sekolah Tinggi Kesehatan Assyifa Aceh, Banda Aceh, Indonesia
e-mail^{*1}: rizky.kurniawan@ar-raniry.ac.id

Submitted: 18 Okt 2025; Revised: 8 Nov 2025; Accepted: 10 Des 2025; Published: 10 Des 2025

ABSTRAK

Analisis kadar besi (Fe) pada suplemen tambah darah merupakan langkah penting dalam menjamin mutu dan efektivitas produk farmasi, sekaligus sarana pembelajaran keterampilan analitik mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode spektrofotometri UV-Vis dalam penentuan kadar besi (Fe) pada suplemen tambah darah serta mengevaluasi efektivitasnya sebagai media pembelajaran praktikum kimia analisis farmasi. Preparasi sampel dilakukan dengan metode destruksi asam menggunakan microwave digestion, diikuti reaksi kompleksasi Fe^{3+} dengan kalium tiosianat (KSCN) dalam suasana asam untuk membentuk kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ berwarna merah. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang maksimum 474 nm. Kurva kalibrasi menunjukkan linearitas sangat baik ($r = 0,997$), sedangkan uji akurasi menghasilkan perolehan kembali sebesar 97,5% dengan presisi tinggi (%RSD < 0,1%). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan akurat dan reliabel untuk penentuan kadar Fe, serta efektif sebagai sarana pembelajaran kontekstual yang mengintegrasikan teori kompleksasi logam, prinsip spektrofotometri, dan verifikasi metode analitik dalam praktikum kimia analisis farmasi.

Kata kunci: Besi (Fe), destruksi asam, kalium tiosianat, spektrofotometri UV-Vis.

ABSTRACT

The determination of iron (Fe) content in blood supplement products is essential for ensuring product quality and efficacy, while also serving as a medium for enhancing students analytical skills. This study aimed to apply the UV-Vis spectrophotometric method for determining iron (Fe) in blood supplement tablets and to evaluate its effectiveness as a learning medium in pharmaceutical analytical chemistry practice. Sample preparation was performed using microwave digestion, followed by complex formation of Fe^{3+} with potassium thiocyanate (KSCN) under acidic conditions to produce a red $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ complex. Measurements were carried out at the maximum wavelength of 474 nm. The calibration curve exhibited excellent linearity ($r = 0,997$), while accuracy testing yielded a recovery rate of 97,5% with high precision (%RSD < 0,1%). The results indicate that the proposed method is accurate and reliable for Fe determination and effective as a contextual learning approach that integrates metal complexation theory, spectrophotometric principles, and analytical method verification in pharmaceutical analytical chemistry practice.

Keywords: Acid digestion, iron (Fe), potassium thiocyanate, UV-Vis spectrophotometry.

PENDAHULUAN

Besi (Fe) merupakan unsur esensial yang berperan penting dalam pembentukan hemoglobin dan transportasi oksigen di dalam tubuh. Kekurangan Fe dapat menyebabkan anemia defisiensi besi yang ditandai dengan menurunnya kadar hemoglobin, kelelahan, dan gangguan fungsi metabolisme tubuh (Magistri et al., 2024; Meliyani et al., 2022). Oleh karena itu, sediaan farmasi seperti tablet dan kapsul penambah darah banyak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan zat besi bagi tubuh. Namun, efektivitas sediaan tersebut sangat bergantung pada kadar Fe yang terkandung di dalamnya, sehingga pengujian kadar Fe menjadi aspek penting dalam pengendalian mutu dan keamanan produk farmasi.

Secara analitik, kadar Fe umumnya ditentukan menggunakan berbagai teknik, antara lain *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), *Inductively Coupled Plasma* (ICP), dan spektrofotometri UV-Vis. Meskipun AAS dan ICP memiliki sensitivitas tinggi, kedua metode tersebut memerlukan peralatan mahal, bahan standar khusus, serta kondisi operasional yang kompleks (Sari, 2024). Sebaliknya, metode spektrofotometri UV-Vis menawarkan alternatif yang lebih sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan di laboratorium pendidikan dengan hasil yang akurat. Salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah metode kompleksasi Fe dengan ion tiosianat (KSCN) yang menghasilkan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ berwarna merah, yang dapat diukur pada panjang gelombang maksimum sekitar 470-480 nm (Fahmi et al., 2022).

Beberapa penelitian telah melaporkan penggunaan metode spektrofotometri UV-Vis untuk analisis Fe dalam sampel air (Miratsi et al., 2024) dan pangan (Putri et al., 2021), namun penerapan metode ini dalam pengujian suplemen serta konteks pembelajaran praktikum farmasi masih terbatas. Penelitian sebelumnya lebih berfokus pada optimasi metode dan validasi analitik, sementara aspek pedagogis yakni bagaimana metode ini dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap prinsip analisis kuantitatif berbasis instrumen belum banyak dieksplorasi.

Kegiatan praktikum kimia analisis farmasi idealnya tidak hanya berorientasi pada hasil pengukuran, tetapi juga pada penguasaan konsep dasar, keterampilan teknis, dan interpretasi data ilmiah. Dalam hal ini, penerapan metode spektrofotometri UV-Vis pada analisis Fe memberikan pengalaman belajar kontekstual yang menghubungkan teori kompleksasi logam dengan praktik analisis instrumen. Penggunaan microwave digestion sebagai teknik preparasi modern juga menjadi nilai tambah, karena memperkenalkan mahasiswa pada prosedur destruksi asam yang lazim digunakan dalam laboratorium penelitian logam. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menerapkan metode spektrofotometri UV-Vis dalam analisis kadar besi (Fe) pada suplemen tambah darah, sekaligus mengevaluasi efektivitas penerapannya sebagai media pembelajaran praktikum kimia analisis farmasi.

METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi Spektrofotometri UV/Vis (LAMBDA 365+ PerkinElmer, USA) Microwave Digestion System (Sineo, China), pipet volumetrik, labu ukur, gelas kimia, dan mikropipet. Bahan yang digunakan yaitu larutan standar $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, kalium tiosianat (KSCN), asam nitrat (HNO_3), hidrogen peroksida (H_2O_2), aquades, dan sampel suplemen tambah darah komersial.

2. Preparasi Sampel (Destruksi Asam)

Tiga jenis suplemen komersial digunakan sebagai sampel penelitian dan masing-masing diberi kode A, B dan C. Ketiganya dipilih untuk mewakili variasi formulasi sediaan yang beredar di pasaran, yaitu dua sediaan dengan kandungan utama asam folat (A dan C) serta satu sediaan dengan bahan aktif ferrous fumarate dan asam folat (B). Sebanyak 0,1 gram masing-masing sampel ditimbang dalam wadah PTFE, kemudian ditambahkan 8 mL HNO_3 (65% v/v) dan 1 mL H_2O_2 (30% v/v). Proses destruksi dilakukan menggunakan microwave digestion pada suhu 150 °C dengan daya 400 W selama 25 menit. Hasil destruksi kemudian ditara hingga 100 mL menggunakan air bebas mineral dan difiltrasi untuk menghilangkan residu padat yang tidak terdestruksi. Filtrat selanjutnya dianalisis kadar Fe menggunakan metode Spektrofotometri UV-Vis.

3. Penentuan panjang gelombang maksimum (λ_{maks})

Sebanyak 1 mL larutan Fe^{3+} 100 mg/L dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, ditambahkan 4 mL HNO_3 (4 N) dan 4 mL KSCN (10%), kemudian ditara hingga tanda batas. Larutan Fe^{3+} 2 mg/L yang dihasilkan diukur absorbansinya pada rentang panjang gelombang 400–550 nm untuk menentukan λ_{maks} kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$.

4. Pembuatan kurva kalibrasi

Deret standar Fe^{3+} dengan konsentrasi 0; 2; 4; 6; 8; dan 10 mg/L disiapkan, masing-masing direaksikan dengan HNO_3 (4 N) dan KSCN (10%), kemudian diukur absorbansinya pada λ_{maks} yang telah diperoleh. Data konsentrasi dan absorbansi digunakan untuk membuat kurva kalibrasi.

5. Analisis sampel

Sebanyak 1 mL larutan hasil destruksi sampel A, B dan C ditambahkan ke dalam labu ukur 100 mL, direaksikan dengan HNO_3 dan KSCN, kemudian diukur absorbansinya pada λ_{maks} . Kadar Fe dalam sampel dihitung menggunakan persamaan regresi dari kurva kalibrasi.

6. Analisis data

Data absorbansi deret standar Fe^{3+} digunakan untuk menyusun kurva kalibrasi dengan persamaan regresi linier $y = a + bx$, dan koefisien korelasi (r) dihitung untuk menilai linearitas metode. Konsentrasi Fe pada sampel ditentukan dengan mensubstitusi nilai absorbansi ke dalam persamaan regresi, kemudian dihitung kadar Fe dalam mg/g menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Fe (mg/g)} = \frac{C \times Vt}{m} \quad (1)$$

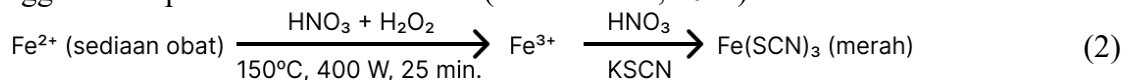
di mana C adalah konsentrasi (mg/L), Vt adalah volume total (L), dan m adalah massa sampel (g). Sebagai kontrol ketelitian, mengacu pada SNI 06-4138-1996 dan SNI 6989-84:2019 analisis sampel dilakukan secara duplo dengan batas keberterimaan nilai *relative percent difference* (%RPD) < 10%; dan dilakukan pengukuran triplo apabila lebih besar $\geq 10\%$. Akurasi metode dievaluasi berdasarkan persen perolehan kembali (%R), sedangkan presisi dinilai melalui simpangan baku relatif (%RSD) (Belouafa et al., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Reaksi Kimia Pembentukan Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$

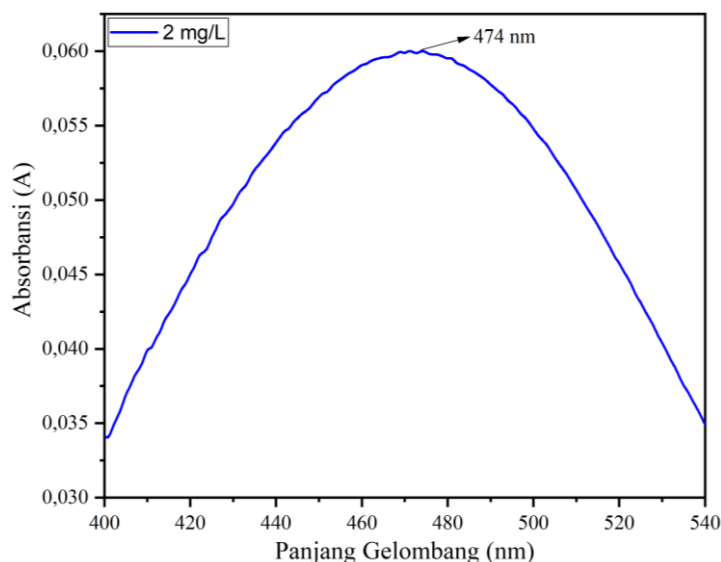
Proses destruksi asam menggunakan campuran HNO_3 dan H_2O_2 berfungsi menguraikan matriks organik pada suplemen tambah darah serta melepaskan ion logam besi dalam bentuk larutan homogen. Pada kondisi oksidatif kuat, Fe^{2+} yang berasal dari sediaan suplemen dioksidasi menjadi Fe^{3+} , sedangkan komponen organik terurai menjadi senyawa sederhana seperti CO_2 dan H_2O (Ola, 2025). Reaksi oksidasi ini memastikan seluruh besi berada dalam bentuk ionik yang dapat dianalisis secara spektrofotometrik. Selain itu, penambahan asam nitrat mempertahankan suasana asam yang stabil untuk mencegah hidrolisis Fe^{3+} menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan menjaga kestabilan ion logam dalam larutan (Fahmi et al., 2022).

Setelah destruksi, larutan contoh uji ditera dan disaring (filtrasi) untuk menghilangkan residu padat yang mungkin tersisa dari proses destruksi. Langkah ini penting untuk meminimalkan potensi gangguan absorbansi akibat partikel tersuspensi (sisa karbon organik) yang dapat menyebabkan hamburan cahaya (light scattering) dan meningkatkan nilai absorbansi secara artifisial (Kamil, 2024). Larutan sampel maupun standar Fe^{3+} direaksikan dengan KSCN dalam suasana asam untuk membentuk kompleks merah $\text{Fe}(\text{SCN})_3$. Kompleks ini terbentuk melalui koordinasi ion Fe^{3+} dengan ligan SCN^- , di mana terjadi transisi muatan dari ligan tiosianat ke pusat logam, menghasilkan warna merah khas yang intens (Amri et al., 2025; Stahl & König, 2024). Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ stabil pada pH asam, dan intensitas warnanya sebanding dengan konsentrasi Fe^{3+} dalam sampel, sehingga dapat diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis (Miratsi et al., 2024).



2. Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks})

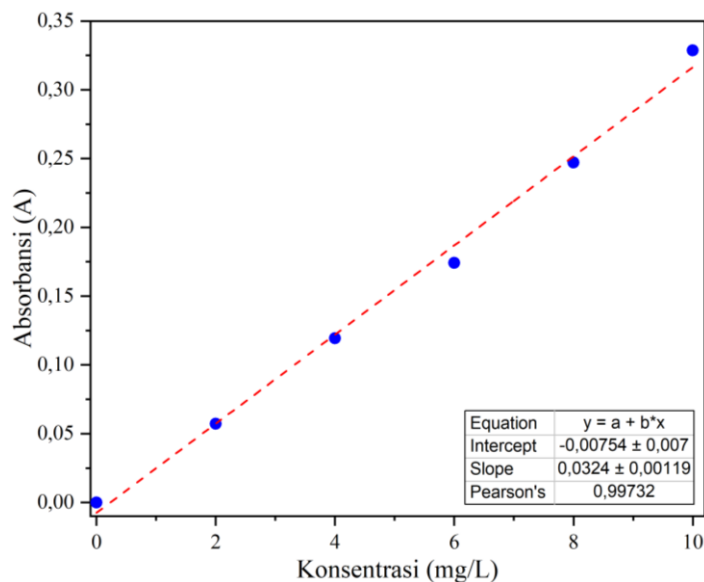
Hasil pengukuran spektrum kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ pada larutan standar 2 mg/L menunjukkan puncak serapan maksimum pada panjang gelombang 474 nm (Gambar 1). Puncak ini sesuai dengan karakteristik kompleks Fe^{3+} -tiosianat yang menghasilkan warna merah darah akibat transisi *ligand-to-metal charge transfer* (LMCT) (Juliá, 2022; Miratsi et al., 2024). Kompleks ini hanya terbentuk jika Fe berada pada bentuk oksidasi +3, sehingga pada tahap preparasi digunakan oksidator H_2O_2 dan kondisi asam kuat (HNO_3) untuk mengubah Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Fahmi et al. (2022) dan Suryani et al. (2022) yang melaporkan λ_{maks} kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ berada pada rentang 470–480 nm menggunakan pelarut asam nitrat. Kesamaan posisi λ_{maks} menunjukkan bahwa kompleks yang terbentuk memiliki struktur dan interaksi elektron yang serupa, memperkuat validitas metode yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Spektrum serapan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ menunjukkan $\lambda_{\text{maks}} = 474 \text{ nm}$.

3. Kurva Kalibrasi

Hubungan antara konsentrasi standar Fe^{3+} (0–10 mg/L) dan nilai absorbansi menghasilkan kurva linier dengan persamaan regresi $y = 0,0324x - 0,0075$ dan koefisien korelasi (r) = 0,9973 (Gambar 2). Hasil ini menunjukkan perbaikan linearitas dibandingkan dengan penelitian Miratsi et al. (2024), yang melaporkan nilai $R^2 = 0,9844$ ($r \approx 0,9922$) pada rentang 1–10 mg/L. Nilai $r > 0,995$ menunjukkan tingkat linearitas yang sangat baik dan di atas batas minimum kriteria validasi metode analitik (Belouafa et al., 2017). Linearitas yang tinggi mengindikasikan bahwa metode analisis UV-Vis berbasis kompleksasi $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ memiliki respon analitik yang stabil dan proporsional terhadap perubahan konsentrasi analit dalam rentang kerja yang digunakan, dan dapat diterapkan untuk analisis kadar Fe dalam sediaan farmasi.



Gambar 2. Kurva kalibrasi larutan standar Fe^{3+} pada $\lambda_{\text{maks}} = 474 \text{ nm}$.

Sebagai kontrol kualitas analisis, dilakukan pengukuran terhadap larutan standar Fe^{3+} dengan konsentrasi 2 mg/L sebanyak delapan kali. Hasil pengukuran menunjukkan nilai absorbansi $0,0573 \pm 0,0000$ dengan kadar terhitung $1,9503 \pm 0,0011 \text{ mg/L}$, menghasilkan nilai persen perolehan kembali (%R) rata-rata 97,5% dan simpangan baku relative (%RSD) < 1% (Tabel 1). Hasil ini menunjukkan akurasi dan presisi yang sangat baik, sesuai dengan pedoman validasi metode analisis kuantitatif (Belouafa et al., 2017). Secara keseluruhan, metode yang digunakan memenuhi kriteria

linearitas, akurasi, dan presisi, sehingga layak diterapkan baik untuk tujuan analisis laboratorium maupun pembelajaran praktikum berbasis validasi instrumen.

Tabel 1. Hasil uji akurasi dan presisi metode spektrofotometri $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ pada standar 2 mg/L.

No	Absorbansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	%R
1	0,0573	1,9507	97,5
2	0,0573	1,9507	97,5
3	0,0573	1,9507	97,5
4	0,0573	1,9507	97,5
5	0,0573	1,9507	97,5
6	0,0573	1,9507	97,5
7	0,0573	1,9507	97,5
8	0,0572	1,9476	97,4
Rerata	0,0573	1,9503	97,5
SD	0,0000	0,0011	
%RSD	0,0617	0,0553	

4. Analisis Kadar Fe pada Suplemen Tambah Darah

Hasil pengujian menunjukkan variasi kadar Fe antar sampel, dengan nilai berkisar antara 27,13–110,43 mg/g atau setara dengan 4,56–42,49 mg Fe per tablet. Sampel B menunjukkan kadar Fe tertinggi (42,49 mg/tablet), nilai ini menunjukkan kesesuaian sebesar 70,8% terhadap klaim teoritis (60 mg Fe/tablet). Sebaliknya, sampel A dan C memiliki kadar Fe jauh lebih rendah (30,25 mg/g dan 27,13 mg/g). Kedua sediaan A dan C (yang diklaim hanya mencantumkan asam folat sebagai komponen aktif utama) menunjukkan kadar Fe dalam jumlah kecil, yang kemungkinan berasal dari komponen tambahan pada multivitamin, dan bukan sebagai bahan aktif utama. Perbedaan kadar ini dapat pula dipengaruhi oleh variasi jenis senyawa besi yang digunakan, bentuk sediaan, serta efisiensi destruksi asam terhadap matriks bahan pengikat dan pengisi tablet. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa metode spektrofotometri UV-Vis mampu mendeteksi variasi kandungan Fe antar formulasi dengan presisi yang baik (%RPD < 2%). Nilai %RPD yang rendah (< 10%) menunjukkan tingkat reproduktibilitas hasil yang baik, dan menunjukkan bahwa variasi antar replikasi masih dalam batas yang dapat diterima (Belouafa et al., 2017).

Tabel 2. Hasil pengukuran kadar Fe pada suplemen tambah darah

Sampel	Abs	Kons. Fe (mg/L)	Massa sampel (g)	Vt (L)	Kadar Fe (mg/g)	%RPD	Massa tablet (g)	Kadar Fe terukur (mg/tablet)
A	0,0131	0,6370	0,1053	5	30,25	0	0,1731	5,23
B	0,0676	2,3191	0,1050	5	110,43	1,06	0,3847	42,49
C	0,0105	0,5568	0,1026	5	27,13	0	0,1679	4,56

Hasil ini memberikan pembelajaran yang bermakna bagi mahasiswa dalam memahami keterkaitan antara teori kimia kompleks, prinsip hukum Lambert–Beer, dan praktik validasi metode analitik. Penggunaan microwave digestion memperkenalkan teknologi preparasi modern yang umum diterapkan di laboratorium. Mahasiswa juga belajar menganalisis parameter linearitas, reproduktibilitas (%RPD), dan interpretasi grafik, yang memperkuat kemampuan berpikir ilmiah dan analisis data. Hasil ini konsisten dengan penelitian Br Karo et al. (2021), yang menggunakan pendekatan serupa untuk penentuan Fe pada produk pangan dan melaporkan tingkat keakuratan yang setara. Sementara itu, Prasetya et al. (2021) menyatakan bahwa penerapan eksperimen spektrofotometri dalam pembelajaran mampu meningkatkan *scientific literacy* dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. Dengan demikian, kegiatan praktikum ini tidak hanya menghasilkan data kuantitatif kadar Fe, tetapi juga menjadi sarana efektif dalam mengembangkan kompetensi analisis dan pemahaman konseptual mahasiswa farmasi.

KESIMPULAN

Metode spektrofotometri UV-Vis berbasis pembentukan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ terbukti akurat, presisi, dan aplikatif untuk analisis kadar besi (Fe) pada suplemen tambah darah, dengan koefisien korelasi sangat baik ($r = 0,997$) dan perolehan kembali 97,5%. Penerapan metode ini tidak hanya menghasilkan data analitik yang valid, tetapi juga memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap konsep kompleksasi logam, prinsip spektrofotometri, dan validasi metode, sehingga efektif sebagai sarana pembelajaran praktikum kimia analisis farmasi yang integratif dan berbasis pengalaman. Penelitian ini terbatas pada sediaan padat, sehingga diperlukan studi lanjutan untuk mengevaluasi stabilitas kompleks dan pengaruh matriks terhadap hasil analisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S. A., Abdullah, A., & Nasir, M. (2025). Analisis Kadar Fe (III) Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Ternate Selatan Kota Ternate. *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 13(2), 101–106. <https://doi.org/10.51887/jpfi.v13i2.1960>
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 06-4138-1996: Metode pengujian besi terlarut dalam air dengan alat spektrofotometer menggunakan fenantrolin*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 6989-84:2019: Air dan air limbah – Bagian 84 : Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA) – nyala*. Badan Standardisasi Nasional.
- Belouafa, S., Habti, F., Benhar, S., Belafkih, B., Tayane, S., Hamdouch, S., Bennamara, A., & Abourriche, A. (2017). Statistical tools and approaches to validate analytical methods: Methodology and practical examples. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 8. <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2016030>
- Br Karo, R. M., Sinurat, J. P., Fioni, F., & Fibrini, D. (2021). Analisis kadar zat besi pada sari kedelai kemasan dengan metode spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Prima Medika Sains*, 3(2), 74–77. <https://doi.org/10.34012/jpms.v3i2.2038>
- Fahmi, A., Kurniawan, W. B., & Indriawati, A. (2022). Uji Linieritas Kalium Tiosianat (KSCN) Sebagai Indikator Kolorimetri Untuk Mendeteksi Konsentrasi Fe Pada Air. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 2(2), 26–30. <https://doi.org/10.33019/jrfi.v2i2.3215>
- Juliá, F. (2022). Ligand-to-Metal Charge Transfer (LMCT) Photochemistry at 3d-Metal Complexes: An Emerging Tool for Sustainable Organic Synthesis. *ChemCatChem*, 14(19). <https://doi.org/10.1002/cctc.202200916>
- Kamil, M. T. (2024). *Pengolahan Limbah Farmasi Sulfanilamida Menggunakan Metode Fotokatalisis Berbasis Material Besi (II) Oksalat*. UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Magistri, P. M., Evynatra, E., & Desmawati, D. (2024). Suplementasi Besi-Folat Pada Wanita Pekerja: Hubungan Anemia Defisiensi Besi Dan Produktivitas Kerja. *Link*, 20(1), 75–81. <https://doi.org/10.31983/link.v20i1.10996>
- Meliyani, A., Sitorus, R. J., Flora, R., Hasyim, H., Zulkarnain, M., Tanjung, R., Sulung, N., Ikhsan, I., & Ermi, N. (2022). Hubungan Asupan Fe Dengan Kejadian Anemia Defisiensi Besi Pada Ibu Hamil Di Kabupaten Seluma. *Journal of Nursing and Public Health*, 10(2), 225–232. <https://doi.org/10.37676/jnph.v10i2.3201>
- Miratsi, L., Kurniawan, W. B., & Indriawati, A. (2024). Penerapan Metode Elektrokoagulasi Dalam Peningkatan Kualitas Larutan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 5(1), 19–28. <https://doi.org/10.33019/jrfi.v5i1.4415>
- Ola, P. D. (2025). Perbandingan Metode Destruksi Basah Dan Kering Pada Penentuan Kadar Logam Fe Dalam Tepung Terigu Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Chemistry Notes*,

7(1), 1–13. <https://doi.org/10.35508/cn.v7i1.22424>

- Prasetya, A. T., Alaudhin, M., & Haryani, S. (2021). Learning Innovation of Instrumental Analysis Lab Work for Improving Students New Literacies and Learning Motivation in the Covid-19 Pandemic. *Periódico Tchê Química*, 18(39), 56–70. https://doi.org/10.52571/ptq.v18.n39.2021.05_prasetya_pgs_56_70.pdf
- Putri, E., Budi, P., & Anggraini, R. (2021). Analisis Kadar Aktivitas Antioksidan, Kadar Besi, dan pH Pada Yogurt Susu Kambing dengan Penambahan Sari Kurma (*Phoenix dactylifera*). *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi*, 20(1), 45–51. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v20i1.2834>
- Sari, S. A. (2024). *Kimia Instrumentasi*. umsu press.
- Stahl, J., & König, B. (2024). A survey of the iron ligand-to-metal charge transfer chemistry in water. *Green Chemistry*, 26(6), 3058–3071. <https://doi.org/10.1039/D3GC04595A>
- Suryani, M. Y., Paramita, A., Susilo, H., & Maharsih, I. K. (2022). Analisis Penentuan Kadar Besi (Fe) dalam Air Limbah Tambang Batu Bara Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Indonesian Journal of Laboratory*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.22146/ijl.v0i0.72451>