

Optimization of the AAS Method with Variations in Air Speed, Wavelength, and Light Current

Dian Sri Asmorowati , Kholifatu Ulil Azmi, dan Sri Susilogati Sumarti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima : 03-02-2025

Disetujui : 01-04-2025

Dipublikasikan : 29-08-2025

Keywords:

Optimasi, AAS, laju udara,
panjang gelombang, arus lampu

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk optimasi *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) di Laboratorium Kimia FMIPA UNNES untuk menguji logam tembaga (Cu) dalam limbah cair laboratorium. Metode penelitian ini meliputi: (1) Preparasi contoh uji; (2) Optimasi kondisi analisis unsur tembaga dengan variasi: laju udara, panjang gelombang, dan arus lampu; (3) Penentuan sensitivitas atau kepekaan serta presisi alat AAS; (4) Penentuan daerah kerja AAS; (5) Penentuan LoD dan LoQ. Pengujian logam Cu di Laboratorium Kimia FMIPA UNNES mengacu pada SNI-6989-84:2019, namun belum optimal karena terdapat nilai hasil uji untuk logam Cu yang belum sesuai. Hal ini dikarenakan adanya gangguan matriks yang dapat memperkecil ataupun meningkatkan jumlah absorbansi, sehingga menyebabkan hasil pengujian kurang valid. Penelitian ini memperoleh kondisi optimum penggunaan AAS yaitu menggunakan perbandingan laju udara dan asetilen sebesar 10:2 (L/menit), pengujian logam Cu pada panjang gelombang 324,8 nm, dan arus lampu 15 mA menghasilkan absorbansi terbesar dalam pengukuran logam Cu.

Abstract

This study aims to optimize the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) at the FMIPA UNNES Chemistry Laboratory to test copper metal (Cu) in laboratory liquid waste. This research method includes: (1) Test sample preparation; (2) Optimization of copper element analysis conditions by varying: air speed, wavelength, and lamp current; (3) Determining the sensitivity and precision of the AAS tool; (4) Determining the AAS work area; (5) Determination of LoD and LoQ. Testing for Cu metal at the FMIPA UNNES Chemistry Laboratory has referred to SNI-6989-84:2019, but it is not optimal because there are test result values for Cu metal that are not appropriate. This is due to matrix interference which can reduce or increase the amount of absorbance, thus causing the test results to be less valid. This research obtained the optimum conditions for using AAS, namely using a ratio of air and acetylene rates of 10:2 (L/minute), testing Cu metal at a wavelength of 324.8 nm, and a lamp current of 15 mA resulting in the greatest absorbance in measuring Cu metal.

© 2025 Universitas Negeri Semarang

 Alamat korespondensi:
Gedung D8 Lantai 1 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
E-mail: diansriasmorowati87@mail.unnes.ac.id

Pendahuluan

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ialah instrumen dalam kimia yang memanfaatkan prinsip energi yang diserap atom. Atom yang menyerap radiasi akan menyebabkan keadaan energi elektron tereksitasi. Alan Walsh seorang ahli kimia dari Australia memperkenalkan teknik ini pada tahun 1955. AAS dimanfaatkan untuk menganalisis konsentrasi analit dalam sampel (Sugito & Setiawan, 2022).

Analisa logam di lingkungan, geologi dan biologi, kimia klinis, pertanian hingga metalurgi sering menggunakan AAS (Djunaidi, 2018). Hal ini dikarenakan biaya operasional AAS lebih murah, waktu yang dibutuhkan untuk analisa juga lebih cepat (Awaliatunnisa, 2020; Irzon & Alijasa, 2012). Selain itu, penggunaan AAS semakin banyak diminati, karena lebih akurat (Pramadani, 2018).

Jenis instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Perkin Elmer AAnalyst 400 tipe *flame*. Namun, pengujian AAS biasanya terdapat beberapa gangguan dari matriks pada larutan (Cahyadi *et al.*, 2020). Gangguan analisis dalam AAS dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori yaitu: *spectral* dan *non spectral* (kimia, matriks dan ionisasi) (Alshana, 2020; Irzon & Alijasa, 2012).

Gangguan kimia dan ionisasi dapat memperkecil jumlah absorbansi, sedangkan gangguan *spectral* dapat meningkatkan jumlah absorbansi. Sementara gangguan matriks dapat menyebabkan absorbansi berkurang maupun bertambah (Djunaidi, 2018). Meskipun dalam pengujian logam tembaga (Cu) di Laboratorium Kimia FMIPA UNNES telah mengacu pada SNI-6989-84:2019, namun masih belum optimal karena terdapat nilai hasil uji untuk logam tembaga (Cu) yang belum sesuai.

Oleh karena ini penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi AAS. Gangguan pada pengujian AAS dapat dikurangi dengan melakukan optimasi. Optimasi tersebut meliputi: laju alir reagen, laju alir sampel, laju alir Argon, rasio Asetilen dan udara, konsentrasi reagen, dan pengaturan *delay time* (Mohammed *et al.*, 2018). Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain: (1) Bagaimana cara optimasi AAS Perkin Elmer AAnalyst 400 dengan variasi laju udara, panjang gelombang, dan arus lampu?; (2) Bagaimana variasi terbaik yang menghasilkan AAS Perkin Elmer AAnalyst 400 berada pada kondisi optimum?. Parameter optimasi AAS dalam penelitian ini meliputi: Variasi laju udara, variasi panjang gelombang, variasi arus lampu.

Variasi rasio penggunaan udara dan asetilen dapat digunakan dalam optimasi AAS (Irzon & Alijasa, 2012; Mohammed *et al.*, 2018). Sedangkan panjang gelombang maksimum diperoleh ketika suatu sampel dibaca pada panjang gelombang tertentu dan menghasilkan absorbansi maksimum (Kusumawardhani *et al.*, 2016). Sehingga dalam penelitian ini akan digunakan tiga variasi panjang gelombang untuk mengetahui absorbansi maksimum sehingga dapat diketahui kondisi optimum AAS. Pemilihan arus lampu yang tepat dapat digunakan sebagai optimasi AAS (Damayanti, 2015).

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam tembaga (Cu) yang berasal dari limbah cair Laboratorium Kimia FMIPA UNNES. Pemantauan terhadap kandungan logam berat pada air limbah perlu dilakukan secara berkala. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya akumulasi logam berat yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Abrham & Gholap, 2021). Berdasarkan penjabaran di atas, maka peneliti ingin melakukan penelitian mengenai optimasi AAS Perkin Elmer AAnalyst 400 dengan variasi laju udara, panjang gelombang, dan arus lampu. Dikarenakan penelitian ini sejalan dengan visi UNNES yaitu terwujud Laboratorium yang bereputasi dunia dan mendukung kecermelangan pendidikan yang berwawasan konservasi.

Metode

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain larutan induk Cu 1000 ppm Merck, air limbah laboratorium, aquademin, HNO₃ p.a Merck, HCl p.a Merck, , limbah logam Cu di Laboratorium Kimia FMIPA UNNES, indikator universal, kertas saring Whatman 42, dan aluminium foil, Gas Asetilen UHP (*Ultra High Purity*). Peralatan yang digunakan antara lain erlenmeyer, beaker glass, neraca analitik, pengaduk magnet, botol aquademin, corong, hotplate strirer, AAS Perkin Elmer AAnalyst 400, *Hollow Cathode Lamp* Cu, botol coklat, pengaduk kaca, labu takar 100 mL, labu takar 200 mL, labu takar 500 mL, labu takar 1 L, pipet volume 50 mL, pipet volume 20 mL, pipet volume 10 mL, pipet volume 5 mL, dan pipet volume 1 mL.

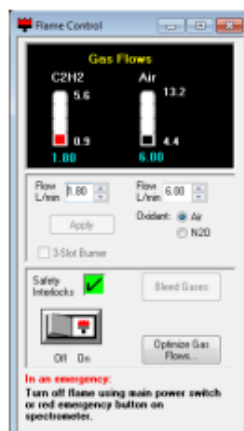
Preparasi Contoh Uji (Limbah Laboratorium yang Mengandung Logam Tembaga (Cu))

Beberapa metode yang digunakan untuk preparasi sampel sebelum uji AAS adalah destruksi sampel basah dan kering (Asmorowati *et al.*, 2020; Bitha & Winokan, 2020) Preparasi contoh uji dilakukan sesuai dengan SNI-6989-84:2019 yaitu destruksi basah dengan langkah-langkah sebagai berikut ini. (1) Homogenkan contoh uji, ambil sebanyak 100 mL, masukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL; (2) Masukkan 5 mL HNO₃ pekat kedalam erlenmeyer lalu tutup dengan corong kaca; (3) Lakukan pemanasan secara perlahan-lahan hingga tersisa 20 mL, apabila masih keruh, tambahkan 5 mL HNO₃ pekat dan HCl pekat;

(4) Tutup Erlenmeyer dengan corong kaca, lalu panaskan kembali hingga larutan jernih; (5) Bilas corong kaca dengan aquademin, masukkan air bilasannya ke dalam Erlenmeyer; (6) Pindahkan contoh uji ke dalam labu takar 100 mL (saring bila perlu), tambahkan aquademin hingga tanda batas, kemudian homogenkan; (7) contoh uji siap diukur serapannya menggunakan AAS (SNI-6989-84:2019, 2019).

Optimasi kondisi analisis unsur tembaga (Cu)

Mohammed (2018) menyebukan bahwa perbandingan udara dan asetilen dapat digunakan untuk optima]. Penelitian ini menggunakan variasi perbandingan antara laju udara dan asetilen. Laju udara terdapat pada menu *Flame Control* dengan satuan L/menit seperti pada gambar berikut ini.



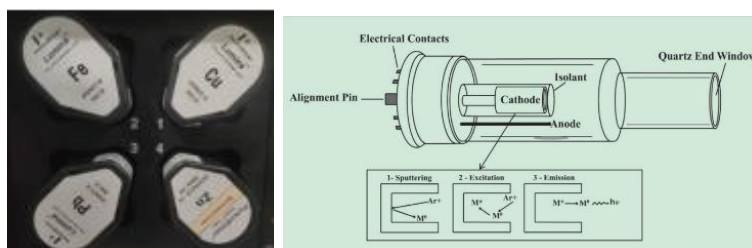
Gambar 1. Tampilan Pengaturan Arus Udara pada AAS Perkin Elmer 400 Aanalyst

Standar AAS untuk logam tembaga (Cu) dalam Elmer (1996) dapat diuji pada beberapa panjang gelombang seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Standar Pembacaan Logam Tembaga (Cu) Menggunakan AAS (data diambil dari Perkin Elmer Corporation, 1996).

Wavelength	Slit	Relative Noise	Characteristic Concentration	Characteristic Concentration Check	Linear Range
(nm)	(nm)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
324.8	0.7	1.0	0.077	4.0	5.0
327.4	0.7	1.1	0.17	8.0	5.0
216.5	0.2	7.2	0.117	20.0	20.0
222.6	0.2	5.9	1.1	50.0	50.0
249.2	0.7	1.7	5.8	300.0	100.0
224.4	0.2	6.0	14.0	650.0	---
244.2	0.7	2.2	24.0	1000.0	---

Lampu katoda cekung (*hollow cathode lamp*) banyak digunakan sebagai sumber radiasi pada pengujian AAS (Djunaidi, 2018). Menurut Abrham (2021), AAS *flame* yang menggunakan lampu katoda memiliki monokromator yang menghasilkan cahaya monokromatik dengan menghilangkan cahaya dengan panjang gelombang yang tidak diinginkan (Abrham & Gholap, 2021). Lampu katoda untuk pengujian logam tembaga (Cu) disarankan untuk pengoperasian menggunakan arus lampu 10 mA, maksimal arus lampu 15 mA. Seperti yang digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Lampu Katoda untuk AAS (kiri) dan Bagian-Bagian Lampu Katoda (kanan) (dimodifikasi dari Farrukh, 2011)

Keadaan optimum pengujian logam Cu dilakukan dengan cara dengan mengukur absorbansi maksimum dari larutan standar 2 ppm. Pengujian absorbansi pada penelitian ini dilakukan pada panjang gelombang maksimum untuk setiap variasi laju udara dan gas asetilen ((10:2); (9:1,5); dan (7:1) L/ menit), perubahan panjang gelombang (324,8 nm; 327,4 nm; dan 216,5 nm), serta perubahan arus lampu (7 mA; 10 mA; dan 15 mA).

Penentuan sensitivitas atau kepekaan serta presisi alat AAS

Sebuah ukuran yang memperlihatkan tingkatan kesesuaian antara hasil uji individual disebut presisi. Presisi dapat dilihat melalui penyebaran hasil data individual dari rerata, jika metode diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen (Riyanto, 2014). Sedangkan presisi adalah kedekatan pada sebuah hasil pengulangan (Rakhmadi *et al.*, 2020). Presisi dihitung sebagai simpangan baku relatif (*Relative Standard Deviation*) atau Sebanyak 10 mL larutan 2 ppm dibaca sebanyak 6 kali menggunakan AAS pada kondisi optimum analisis Cu (Pramadani, 2018).

Penentuan daerah kerja AAS

Riyanto (2014) menyebutkan bahwa daerah kerja ialah pernyataan batas terendah dan tertinggi suatu analit yang sudah ditetapkan dengan cermat, seksama dan linier (Riyanto, 2014). Penentuan daerah kerja dilakukan dengan membuat beberapa larutan standar Cu dengan konsentrasi antara lain: 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; dan 5 ppm. Deret larutan standar kemudian diukur absorbansinya pada kondisi optimum.

Penentuan limit deteksi (LoD) dan limit kuantifikasi (LoQ)

Ellison (2012) dan Nasir (2019) berpendapat bahwa limit deteksi (LoD) adalah konsentrasi terendah dari analit dalam contoh yang dapat terdeteksi, akan tetapi tidak perlu terkuantifikasi di bawah pengujian yang disepakati. Sedangkan batas kuantitas (LoQ) adalah konsentrasi terendah dari analit yang dapat ditentukan dengan tingkat yang dapat diterima ketidakpastiannya, juga harus ditetapkan dengan menggunakan pengukuran larutan standar yang sesuai (Ellison & Williams, 2012; Nasir *et al.*, 2019).

Konsentrasi analit terendah dalam contoh yang dapat terdeteksi oleh mekanisme pengukuran analitik metode tersebut ditetapkan sebagai LoD (Sa'adah & Winata, 2010). Penelitian ini mengukur LoD dengan cara mengukur absorbansi larutan Cu 0,05 ppm sebanyak 10 kali pengulangan menggunakan AAS. Uji limit deteksi dapat diperoleh dengan menghitung simpangan residual dari persamaan kurva linier. Batas kuantifikasi didapatkan dengan mencari konsentrasi yang menghasilkan intensitas 10 kali dari intensitas respon blanko (Paweka, 2017).

Sedangkan penentuan LoD dan LoQ pada penelitian ini dilakukan dengan membuat deret standar Cu yang didapatkan dari rentang daerah kerja yaitu 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; dan 5 ppm ke dalam 10 ml labu ukur. Deret larutan standar tersebut kemudian diukur serapannya menggunakan AAS Perkin Elmer AAnalyst 400 pada kondisi optimum. Berikut ini adalah gambar AAS Perkin Elmer AAnalyst 400.



Gambar 3. AAS Perkin Elmer AAnalyst 400

Hasil dan Pembahasan

Variasi laju udara dan gas asetilen ((10:2); (9:1,5); dan (7:1) L/ menit)

AAS menggunakan gas asetilen karena stabil, mudah penanganannya, dan memiliki kemampuan menghasilkan atomisasi dengan sensitivitas yang baik dan bebas dari interferensi untuk banyak logam (Rusdianto *et al.*, 2023). Temperatur nyala api AAS yang direkomendasikan adalah suhu 2400 K hingga 2600 K. Untuk mencapai suhu tersebut dapat dilakukan dengan mengatur laju alir oksidan dan gas asetilen. Semakin besar laju alir asetilen akan menyebabkan peningkatan suhu nyala api (Xiong *et al.*, 2020). Penelitian menyebutkan bahwa kondisi laju alir gas asetilen untuk pengujian logam adalah 2,5 L/menit (Mohammed *et al.*, 2018). Kondisi optimum laju alir gas asetilen dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian Wahab yaitu sebesar 2 L/menit (Wahab *et al.*, 2024). Tabel 2 berikut ini menunjukkan hasil pengujian logam Cu dengan variasi laju alir.

Tabel 2. Nilai Absorbansi dengan Variasi Laju Alir

Perbandingan laju udara dan asetilen (L/menit)	10:2	9:1,5	7:1
Absorbansi larutan Standar Cu 2 ppm	3,437	3,277	3,132

Variasi panjang gelombang (324,8 nm; 327,4 nm; dan 216,5 nm)

Logam Cu dapat dibaca pada beberapa panjang gelombang. Setiap panjang gelombang memiliki method yang berbeda-beda, seperti *slit*, *relative noise*, *characteristic concentration check*, dan *linear range*. Pengujian logam Cu pada panjang gelombang 324,8 memiliki nilai *relative noise* yang paling kecil yaitu sebesar 1,0 (Perkin Elmer Corporation, 1996). Hasil penelitian Pramadani (2018) juga menyebutkan bahwa serapan optimum berada panjang gelombang 324,8 nm (Pramadani, 2018).

Tabel 3. Nilai Absorbansi dengan Variasi Panjang Gelombang

Panjang Gelombang	324,8 nm	327,4 nm	216,5 nm
Absorbansi larutan Standar Cu 2 ppm	3,428	3,115	3,027

Variasi arus lampu (7 mA; 10 mA; dan 15 mA)

Sumber radiasi yang dipakai dalam AAS adalah lampu katoda berongga HCL (*Hollow Cathode Lamp*). HCl digunakan dengan mengalirkan listrik yang besarnya bergantung pada unsur yang akan dianalisis (Damayanti, 2015). Kuat arus 10 mA menghasilkan nilai absorbansi terbesar. Menaikkan arus lampu maupun mengecilkan lebar celah dapat mengurangi gangguan emisi (Irzon & Alijasa, 2012). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Amalullia (2016) yang menyebutkan bahwa kuat arus optimum sebesar 10 mA (Amalullia, 2016).

Tabel 4. Nilai Absorbansi dengan Variasi Arus Lampu

Arus Lampu	7 mA	10 mA	15 mA
Absorbansi larutan Standar Cu 2 ppm	3,299	3,451	3,328

Kondisi Optimum

Berdasarkan hasil pengujian diatas maka diperoleh kondisi optimum untuk pengujian logam Cu adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Kondisi Optimum Pengujian Logam Cu

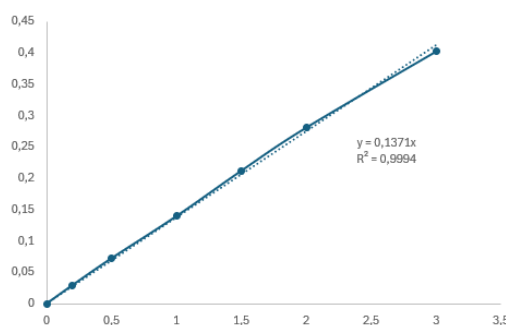
Kondisi Optimum	Nilai
Perbandingan laju udara dan asetilen (L/menit)	10:2
Panjang Gelombang	324,8 nm
Arus Lampu	15 mA

Selanjutnya pengujian logam Cu akan dilakukan sesuai dengan kondisi optimum diatas, agar menghasilkan nilai yang valid.

Kurva Kalibrasi Standar Cu**Tabel 6.** Data Kalibrasi Standar Cu

Konsentrasi	Absorbansi
0	0,0000
0,2	0,0295
0,5	0,0723
1	0,1395
1,5	0,2120
2	0,2808
3	0,4023
Koefisien Korelasi	0,999448
Slope	0,13510
Intersep	0,00409

Sedangkan apabila data tersebut disajikan dalam kurva, dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini.

**Gambar 4.** Kurva Kalibrasi Standar Cu

Nilai koefisien determinasi yang didapat mendekati satu dan sesuai dengan syarat keterbacaan yaitu nilai koefisien determinasi hasil uji linearitas adalah $> 0,9970$ (Riyanto, 2014). Penelitian ini memiliki koefisiendeterminasi sebesar 0,9994 berarti telah memenuhi syarat linearitas.

Presisi

Uji presisi dilakukan untuk mengetahui kedekatan atau kesesuaian antara hasil uji yang satu dengan lainnya pada serangkaian pengujian (Riyanto, 2014). Presisi menunjukkan Tingkat reliabilitas dari data yang diperoleh. Hal ini dapat dilihat dari standar deviasi yang diperoleh dari pengukuran, presisi yang baik akan memberikan standar deviasi yang kecil n bias yang rendah (Tahir, 2008).

Tabel 7. Hasil Uji Presisi pada Sampel Cu

Pengulangan	Kadar Cu (ppm)
1	0,0124
2	0,0230
3	0,0169
4	0,0144
5	0,0205
6	0,0154
7	0,0136
Jumlah	0,1162
Rata-Rata	0,0166
SD	0,0038
%RSD	0,35%

Syarat keterbacaan untuk nilai $\%RSD < 2\%$, sedangkan pada penelitian ini $\%RSD$ sebesar 0,35% sehingga memenuhi syarat (Riyanto, 2014).

LOD dan LOQ

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai limit deteksi pada penentuan kadar Cu dalam sampel dengan AAS adalah sebesar 0,0161. Nilai ini menunjukkan jumlah analit terkecil yang masih dapat terukur oleh AAS.

Tabel 8. Hasil Uji LOD pada Sampel Cu

c	Absorbansi
1	0,0159
2	0,0159
3	0,0159
4	0,0159
5	0,0157
6	0,0157
7	0,0159
SD	$9,759 \times 10^{-5}$
Nilai μ	0,0158
LOD	0,0161
LOQ	0,0163

Selanjutnya adalah perhitungan limit kuantisasi. Uji limit kuantisasi dilakukan dengan menghitung $LOD + 3 \cdot SD$. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai limit kuantisasi pada penentuan kadar Cu dalam sampel dengan AAS adalah sebesar 0,0163. Nilai ini menunjukkan jumlah analit terkecil yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama dalam prosedur pengujian Cu menggunakan AAS.

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Kondisi optimum dalam penelitian ini ialah pada perbandingan laju udara dan asetilen sebesar 10:2 (L/menit); (2) Panjang gelombang yang menghasilkan absorbansi tertinggi dalam pengujian logam Cu adalah pada 324,8 nm; (3) Arus lampu 15 mA menghasilkan absorbansi terbesar dalam pengukuran logam Cu.

Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Kepala LPPM UNNES yang telah memberikan dukungan sehingga kegiatan penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
2. Dekan FMIPA UNNES yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini sehingga dapat berjalan lancar.
3. Kepala Laboratorium Kimia FMIPA UNNES yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

Daftar Referensi

- Abraham, F., & Gholap, A. V. (2021). Analysis of heavy metal concentration in some vegetables using atomic absorption spectroscopy. *Pollution*, 7(1), 205–216. <https://doi.org/10.22059/poll.2020.308766.877>
- Alshana, U. (2020). Atomic Absorption and Emission Spectrometry. In *NEPHAR 201 Analytical Chemistry II* (pp. 1–40). Sultan Qaboos University.
- Amalullia, D. (2016). Analisis Kadar Timbal (Pb) pada EYESHADOW dengan Variasi Zat Pengoksidasi dan Metode Destruksi Basah menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). In *Science of Surveying and Mapping* (Vol. 41). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Asmorowati, D. S., Sumarti, S. S., & Kristanti, I. I. (2020). Perbandingan Metode Destruksi Basah dan Destruksi Kering untuk Analisis Timbal dalam Tanah di Sekitar Laboratorium Kimia FMIPA UNNES. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(3), 169–173. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Bitha, L., & Winokan, J. (2020). Optimasi Penggunaan Sistem Preparasi Berbantuan Gelombang Mikro pada Analisis Logam Timbal dalam Ikan Tuna Kemasan Kaleng secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Fullerene Journal of Chemistry*, 5(2), 89. <https://doi.org/10.37033/fjc.v5i2.203>

- Cahyadi, D., Susilowati, E., Arsyansyah, M., Hadiwijaya, I., Darmana, A. O., Manola, W., & Desiana, R. (2020). Validasi Metoda Pengujian Kandungan Kalsium, Magnesium, dan Seng dalam Pelumas dengan Spektrometri Serapan Atom (SSA) Menggunakan Teknik Pelarutan Langsung Oleh Xilena. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 980(1), 99–106. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/980/1/012050>
- Damayanti, I. (2015a). Validasi Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Untuk Penetapan Kadar kalsium Dalam Tulang femur Tikus. In *Farmasi Universitas Jember* (Vol. 3, Issue 3).
- Damayanti, I. (2015b). Validasi Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Untuk Penetapan Kadar kalsium Dalam Tulang femur Tikus. In *Farmasi Universitas Jember* (Vol. 3, Issue 3).
- Djunaidi, C. (2018). *Studi Interferensi pada AAS*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Ellison, S., & Williams, A. (2012). *EURACHEM/ CITAC Guide Quantifying Uncertainty in Analytical Measurements Third Edition*. Eurachem. <https://doi.org/10.3329/jbas.v41i2.35494>
- Farrukh, M. A. (2011). *Atomic Absorption Spectroscopy*. IntechOpen.
- Irzon, O. R., & Alijasa, D. (2012a). Optimasi Metoda AAS dengan Variasi Pelarut , Gas Oksidator dan Faktor Pengenceran Pada Analisa Mg dalam Matriks Pasir Besi. *Temu Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia*, 1–10.
- Irzon, O. R., & Alijasa, D. (2012b). Optimasi Metoda AAS dengan Variasi Pelarut , Gas Oksidator dan Faktor Pengenceran Pada Analisa Mg dalam Matriks Pasir Besi. *Temu Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia*, 1–10.
- Kusumawardhani, N., Sulistyarti, H., & Atikah. (2016). Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan pH Optimum dalam Pembuatan Tes Kit Sianida Berdasarkan Pembentukan Hidrindantin. *Kimia Student Journal*, 1(1), 711–717. <https://www.neliti.com/publications/249790/penentuan-panjang-gelombang-maksimum-dan-ph-optimum-dalam-pembuatan-tes-kit-sian>
- Mohammed, E., Mohammed, T., & Mohammed, A. (2018). Optimization of instrument conditions for the analysis for mercury, arsenic, antimony and selenium by atomic absorption spectroscopy. *MethodsX*, 5, 824–833. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.07.016>
- Nasir, M., Sulastri, S., & Hilda, M. M. (2019). Analisis Kadar Logam Timbal Dan Arsenik Dalam Tanah Dengan Spektrometri Serapan Atom. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 2(2), 89–99. <https://doi.org/10.24815/jipi.v2i2.12350>
- Paweka, Y. M. (2017). Analisis Natrium dalam Air Laut di Sekitar Pesisir Pantai Papua dengan Metode Spektroskopi Serapan Atom. *Indonesian Journal of Applied Sciences*, 7(2), 19–24. <https://doi.org/10.24198/ijas.v7i2.14987>
- Perkin Elmer Corporation. (1996). Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy. In *Perkin Elmer*. Perkin Elmer Corporation.
- Pramadani, S. E. (2018a). *Optimasi dan Kalibrasi Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom Nyala (SSA) Perkin Elmer . AAnalysis 370. 1*, 137–142.
- Pramadani, S. E. (2018b). *Optimasi dan Kalibrasi Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom Nyala (SSA) Perkin Elmer. AAnalysis 370. 1*.
- Rakhmadi, F. A., Cholidina, D. I., Arum, A. S., Defanny, Septiani, C., Kurniawan, A., Nugroho, A., & ... (2020). Evaluasi Akurasi Dan Presisi Resonator Helholtz Pada Laboratorium Fisika Uin Sunan Kalijaga. *Integrated Lab Journal*, 08(01), 39–44.
- Riyanto. (2014a). *Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. 1–154. <https://play.google.com/books/reader?id=c0mlCgAAQBAJ&pg=GBS.PA17>
- Riyanto. (2014b). Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi. In *Deepublish* (1st ed., Vol. 1, Issue 1). Deepublish.
- Rusdianto, Ivandi, S., Kusmita, T., & Apriliazmi, I. (2023). Pengukuran Kualitas Air Limbah Sawit Berdasarkan Baku Mutu Air Limbah Menggunakan AAS. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 2(2), 26–30.
- Sa'adah, E., & Winata, A. S. (2010). Validasi Metode Pengujian Logam Tembaga pada Produk Air Minum dalam Kemasan secara Spektrofotometri Serapan Atom Nyala. *Biopropal Industri*, 01(02), 31–37.

- SNI-6989-84:2019. (2019). *Air dan air limbah – Bagian 84 : Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA)*.
- Sugito, & Setiawan, A. K. R. (2022). Uji Performa AAS Thermo Ice 3000 Terhadap Logam Cu Menggunakan CRM 500 dan CRM 697 Di UPT Laboratorium Terpadu UNS. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/jplp.4.1.1-6>
- Tahir, I. (2008). Arti Penting Kalibrasi Pada Proses Pengukuran Analitik: Aplikasi Pada Penggunaan pHmeter Dan Spektrofotometer Uv-Vis. *Paper Seri Manajemen Laboratorium*, 1–8.
- Wahab, N., Amin, I. I., & Prasetya, D. (2024). Analisis Kadar Au, Ag, Pb, Zn Dalam Sampel Tanah Dengan Metode Atomic Absorption Spectroscopy. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 4(1), 24–32.
- Xiong, Y., Lin, T., Jiang, X., & Hou, X. (2020). Measurement of flame temperature using simultaneous dual-line atomic absorption of two elements. *Atomic Spectroscopy*, 41(5), 194–198. <https://doi.org/10.46770/AS.2020.05.003>