



Analisis Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Jamu Tradisional Produk Teregistrasi BPOM dan Non Teregistrasi BPOM dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Arneta Hayfa Radanta^{1*}, Devi Indriyanti², Grace Maria Intan Yulia Dewi³, Imelda Cantika Putri⁴, Pracellya Dyah Ayu Pramesthy⁵, Tirza Renitha Grace Modouw⁶, Yaafindra Nanda Arbella⁷, Abdul Rohman Adnan Prabowo⁸

¹⁻⁸ S-1 Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, Indonesia

*Penulis Korespondensi: arnetaradanta@gmail.com

Abstract. *Jamu is a traditional medicine still widely consumed by the public, but it has the potential to be contaminated with the heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd), which are toxic and can cause health problems, particularly to the liver and kidneys. Heavy metal contamination can originate from raw materials grown in polluted environments and from processing, storage, and packaging that do not meet quality standards, particularly for products that have not undergone official supervision. This study aims to analyze the content of lead and cadmium metals in registered and unregistered herbal medicine products. The analysis was carried out using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method after sample preparation through wet digestion using strong acid. Six herbal medicine dosage forms were analyzed, namely powder, chopped, pills, capsules, cream, and shake parem. Method validation included tests for linearity, precision, limit of detection, and limit of quantification to ensure the reliability of the analysis results. The results showed that all registered herbal medicine samples met the safety requirements for Pb and Cd. In contrast, several unregistered herbal medicine preparations, especially powder, chopped, and cream, did not meet the safety requirements for Cd, while the Pb levels in all samples met the safety requirements for Pb. These findings indicate that unregistered herbal medicines carry a higher risk of heavy metal contamination. Therefore, strengthening quality control, selecting safe raw materials, and increasing compliance with regulations are necessary to ensure the safety of herbal medicine consumption and protect public health.*

Keywords: *Atomic Absorption Spectrophotometry; Cadmium; Heavy Metal Analysis; Lead; Traditional Herbal Medicine.*

Abstrak. Jamu merupakan obat tradisional yang masih banyak dikonsumsi masyarakat, namun berpotensi terkontaminasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang bersifat toksik dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan, terutama pada hati dan ginjal. Kontaminasi logam berat dapat berasal dari bahan baku yang tumbuh di lingkungan tercemar serta proses pengolahan, penyimpanan, dan pengemasan yang tidak memenuhi standar mutu, khususnya pada produk yang tidak melalui pengawasan resmi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kandungan logam timbal dan kadmium dalam produk jamu yang teregistrasi dan tidak teregistrasi. Analisis dilakukan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) setelah preparasi sampel melalui destruksi basah menggunakan asam kuat. Enam bentuk sediaan jamu dianalisis, yaitu serbuk, rajangan, pil, kapsul, krim, dan parem kocok. Validasi metode meliputi uji linearitas, presisi, batas deteksi, dan batas kuantifikasi untuk menjamin keandalan hasil analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sampel jamu yang telah teregistrasi memenuhi persyaratan keamanan untuk Pb dan Cd. Sebaliknya, pada beberapa sediaan jamu yang tidak teregistrasi, khususnya serbuk, rajangan, dan krim, tidak memenuhi persyaratan keamanan untuk Cd, sedangkan kadar Pb pada seluruh sampel memenuhi persyaratan keamanan untuk Pb. Temuan ini mengindikasikan bahwa jamu yang tidak teregistrasi memiliki risiko cemaran logam berat yang lebih tinggi. Oleh karena itu, diperlukan penguatan pengawasan mutu, pemilihan bahan baku yang aman, serta peningkatan kepatuhan terhadap regulasi guna menjamin keamanan konsumsi jamu dan melindungi kesehatan masyarakat.

Kata Kunci: Analisis Logam Berat; Jamu Tradisional; Kadmium (Cd); Spektrofotometri Serapan Atom; Timbal (Pb).

1. LATAR BELAKANG

Dalam beberapa dekade terakhir, meskipun perkembangan obat modern semakin pesat dan beragam, muncul kecenderungan global untuk kembali memanfaatkan sumber daya alam sebagai alternatif pengobatan, salah satunya melalui penggunaan obat tradisional berbasis herbal. Penggunaan obat herbal oleh masyarakat dipengaruhi oleh sejumlah pertimbangan, termasuk efisiensi biaya, ketersediaan yang luas, manfaat terapeutik yang dirasakan secara langsung, serta persepsi keamanan karena efek samping yang dianggap rendah (Maul Lydia et al., 2023). Proses pengeringan diketahui memiliki peran penting dalam menentukan karakteristik fisik dan kimia, kestabilan senyawa bioaktif, serta kualitas akhir tanaman obat, sehingga sangat berpengaruh terhadap mutu produk herbal yang dihasilkan (Nakra et al., 2025). Di Indonesia, pemanfaatan tanaman obat telah lama menjadi bagian dari strategi masyarakat dalam menjaga dan memulihkan kesehatan. Konsumsi obat herbal juga dimaksudkan sebagai upaya untuk menekan penggunaan obat sintesis dan mengurangi potensi terjadinya resistensi obat (Noviandy et al., 2023).

Tradisi mengonsumsi jamu sebagai salah satu cara menjaga kesehatan telah diwariskan dari generasi ke generasi dan masih terus dipertahankan hingga sekarang. Namun demikian, keberadaan kontaminan seperti logam berat dalam bahan obat tradisional dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius. Paparan dan akumulasi logam berat dalam tubuh berpotensi menyebabkan berbagai gangguan, termasuk hambatan pertumbuhan dan fungsi reproduksi, tekanan darah tinggi, serta peningkatan risiko kanker yang berkaitan dengan toksisitas sel dan stres oksidatif (Jomova et al., 2025).

Berdasarkan laporan penelitian sebelumnya, ditemukan cemaran logam berat pada jamu, khususnya timbal (Pb) dan kadmium (Cd), yang kadarnya melampaui standar keamanan BPOM. Berdasarkan temuan tersebut, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai keberadaan logam timbal dan kadmium pada produk jamu yang beredar secara komersial. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi serta mengukur tingkat kontaminasi timbal dan kadmium dalam produk obat herbal. Analisis kadar logam berat tersebut diharapkan dapat memberikan informasi penting mengenai aspek keamanan bagi konsumen, khususnya bagi masyarakat yang mengonsumsi obat herbal secara rutin, mengingat sejumlah produk herbal komersial dilaporkan mengandung logam berat beracun dalam konsentrasi yang relatif tinggi.

2. KAJIAN TEORITIS

Jamu termasuk dalam kelompok obat tradisional yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia, dengan anggapan bahwa penggunaannya relatif aman serta berasal dari bahan alami. Meskipun demikian, aspek keamanan jamu sangat bergantung pada mutu bahan baku serta tahapan proses produksinya. Di antara berbagai kontaminan, logam berat yang paling sering mendapat perhatian dalam produk herbal adalah timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Logam Pb bersifat toksik terhadap sistem saraf dan dapat mengganggu fungsi ginjal, sementara Cd memiliki sifat karsinogenik dan berisiko menimbulkan kerusakan organ hati serta gangguan metabolisme apabila terjadi paparan dalam jangka waktu lama. Sifat Pb dan Cd yang sulit dieliminasi serta cenderung terakumulasi dalam tubuh menjadikan keberadaannya dalam jamu sebagai potensi risiko kesehatan yang signifikan bagi konsumen.

Kontaminasi logam berat pada produk jamu dapat berasal dari berbagai faktor, antara lain kondisi tanah dan sumber air yang telah terpapar pencemaran, penggunaan bahan kimia pertanian seperti pestisida pada tahap budidaya tanaman obat, serta tahapan pengolahan bahan baku hingga menjadi produk jamu siap konsumsi. Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa sebagian produk jamu yang beredar masih mengandung logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dengan kadar yang melampaui batas keamanan yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). Situasi ini diperparah oleh masih ditemukannya jamu yang dipasarkan tanpa melalui proses penilaian mutu dan pengawasan resmi. Oleh sebab itu, pengujian dan pemantauan kandungan logam berat dalam jamu menjadi hal yang sangat krusial guna menjamin keamanan bagi konsumen, khususnya mengingat tingginya tingkat konsumsi jamu di berbagai wilayah.

Spektrofotometri serapan atom (Atomic Absorption Spectrophotometry/AAS) merupakan metode analisis instrumental yang luas digunakan untuk penentuan unsur logam secara kualitatif maupun kuantitatif berdasarkan kemampuan atom bebas dalam menyerap radiasi elektromagnetik. Prinsip metode ini melibatkan penguapan larutan sampel sehingga unsur logam di dalamnya teratomisasi, kemudian menyerap radiasi pada panjang gelombang tertentu yang khas bagi masing-masing unsur (Sugito, a, Soerya Dewi Marliyan, 2022). Besarnya intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan konsentrasi unsur logam dalam sampel, sehingga spektrofotometri serapan atom (AAS) memiliki sensitivitas yang tinggi dalam menganalisis logam pada kadar yang rendah. Selain itu, metode ini unggul karena memiliki selektivitas yang baik, batas deteksi yang rendah, waktu analisis yang relatif singkat, hasil yang mudah dibaca, serta efisien dari segi biaya dan aplikatif untuk berbagai jenis unsur logam (Patiung et al., 2022).

Studi sebelumnya yang dilaksanakan oleh (Fawehinmi et al., 2024) melaporkan bahwa penentuan kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada berbagai produk herbal komersial di Nigeria dapat dilakukan secara efektif melalui metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa timbal (Pb) teridentifikasi pada 75% sampel yang dianalisis dengan konsentrasi berkisar antara 0,02–1,24 ppm, sedangkan Cd juga ditemukan pada 75% sampel dengan rentang konsentrasi 0,01–1,23 ppm. Temuan ini menegaskan kemampuan metode AAS yang memiliki tingkat sensitivitas dan ketelitian tinggi dalam mendeteksi logam berat pada konsentrasi yang relatif rendah (Fawehinmi et al., 2024). Berdasarkan efektivitas metode tersebut, penelitian ini menerapkan AAS sebagai metode analisis utama untuk mengukur kadar Pb dan Cd pada produk jamu, sehingga data yang diperoleh diharapkan memiliki tingkat presisi tinggi serta dapat dievaluasi berdasarkan standar keamanan yang berlaku.

Perbedaan penelitian ini dengan studi terdahulu terletak pada jenis serta variasi sampel yang dianalisis. Penelitian ini melibatkan enam bentuk sediaan jamu, yaitu serbuk, rajangan, pil, kapsul, krim, dan parem kocok, dengan membandingkan produk jamu baik pada produk yang telah memiliki izin BPOM maupun yang belum terdaftar.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik yang bertujuan untuk menganalisis cemaran logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada sediaan jamu tradisional yang teregistrasi BPOM dan non teregistrasi BPOM. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Instrumen Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional.

Sampel yang digunakan berupa beberapa sediaan jamu tradisional yang beredar di marketplace. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik purposive sampling dengan mempertimbangkan status registrasi BPOM serta bentuk sediaan. Sampel yang dianalisis merupakan sediaan jamu teregistrasi BPOM dan non teregistrasi BPOM yang banyak dikonsumsi masyarakat.

Peralatan penelitian yang digunakan antara lain Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu tipe AA-6650, hot plate (pemanas listrik), serta neraca analitik Sartorius, sonikator Branson 5510, serta berbagai alat gelas Pyrex seperti gelas ukur, beaker glass, labu Erlenmeyer, dan kaca arloji. Selain itu digunakan labu ukur IWAKI berkapasitas 10 mL, 50 mL, dan 100 mL, mikropipet DUMO 100–1000 μ L, pipet volume IWAKI 10 mL, botol polietilen, pipet tetes, spatula, aluminium foil, dan kertas saring Whatman No. 42.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup sampel produk jamu dengan enam jenis bentuk sediaan, salah satunya berupa serbuk, rajangan, pil, kapsul, krim, dan parem kocok yang diperoleh dari marketplace, baik yang telah terdaftar di BPOM maupun yang belum terdaftar. Bahan kimia yang digunakan meliputi timbal nitrat $[Pb(NO_3)_2]$, kadmium nitrat $[Cd(NO_3)_2]$, merkuri klorida ($HgCl_2$), hidrogen peroksida p.a (Merck®), asam klorida pekat p.a (Merck®), asam nitrat pekat p.a (Merck®), asam sulfat p.a (Merck®), aquabidest, dan akuades.

Pembuatan Seri Kurva Baku Cd dan Pb

Larutan baku induk timbal (Pb) dan kadmium (Cd) masing-masing disiapkan pada konsentrasi 1000 ppm. Selanjutnya, larutan baku induk tersebut diencerkan menggunakan aquabidest untuk menghasilkan deret larutan standar Pb dengan konsentrasi 0; 0,5; 1; 2; 5; dan 10 ppm, serta larutan standar Cd dengan konsentrasi 0; 0,05; 0,1; 0,2; dan 1 ppm. Deret larutan standar ini digunakan sebagai acuan dalam penyusunan kurva kalibrasi.

Preparasi Sampel untuk Analisis Pb dan Cd

Sebanyak 1 gram sampel jamu ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Sampel kemudian ditambahkan campuran asam kuat yang terdiri dari 22,5 mL asam klorida (HCl) pekat dan 7,5 mL asam nitrat (HNO_3) pekat. Campuran dipanaskan di atas hot plate hingga mendidih selama ± 10 menit dengan penutup kaca arloji. Setelah proses pemanasan awal, kaca arloji dibuka dan ditambahkan hidrogen peroksida (H_2O_2) sebanyak 4 mL secara bertahap. Pemanasan dilanjutkan hingga larutan menjadi jernih, yang menunjukkan proses destruksi matriks sampel telah berlangsung dengan baik.

Larutan hasil destruksi didinginkan hingga suhu ruang, kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Filtrat yang dihasilkan selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditambahkan aquabidest hingga mencapai volume tanda batas.

Pengukuran Kadar Menggunakan SSA

Penetapan kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Absorbansi diukur pada larutan standar dan sampel pada panjang gelombang spesifik masing-masing logam. Kurva kalibrasi disusun dengan memplotkan konsentrasi larutan standar terhadap nilai absorbansi yang dihasilkan, kemudian ditentukan persamaan regresi linier. Kadar logam berat dalam sampel dihitung berdasarkan persamaan regresi tersebut.

Validasi Metode: Presisi

Uji presisi dilakukan dengan metode penambahan standar. Larutan sampel ditambahkan larutan standar Pb sebesar 2 ppm dan Cd sebesar 1 ppm, kemudian dianalisis kembali menggunakan SSA. Presisi dinilai berdasarkan keterulangan hasil analisis dan dinyatakan

sebagai koefisien variasi dari beberapa pengukuran.

Penentuan Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi

Penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) dilakukan berdasarkan hasil pengukuran terhadap beberapa larutan blanko. Nilai LOD ditentukan berdasarkan standar deviasi dari hasil pengukuran blanko, sedangkan nilai LOQ ditetapkan menggunakan standar deviasi yang sama dengan kriteria perhitungan yang lebih tinggi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini adalah studi eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk mengevaluasi kontaminasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada produk jamu tradisional, baik yang terdaftar maupun belum terdaftar di Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). Data penelitian diperoleh melalui analisis laboratorium terhadap enam jenis bentuk sediaan jamu, yaitu serbuk, rajangan, pil, kapsul, krim, dan parem kocok.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November di Laboratorium Kimia Instrumen Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional. Pengambilan sampel jamu dilakukan melalui platform marketplace dengan metode purposive sampling, berdasarkan status registrasi BPOM dan jenis sediaan yang umum dikonsumsi oleh masyarakat. Metode ini digunakan untuk menilai kesesuaian produk jamu yang beredar, baik yang terdaftar maupun belum terdaftar di BPOM, terhadap batas cemaran logam berat sesuai regulasi BPOM. Data yang diperoleh berupa nilai absorbansi hasil pengukuran menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA), yang kemudian diolah untuk menentukan konsentrasi logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada masing-masing sampel.

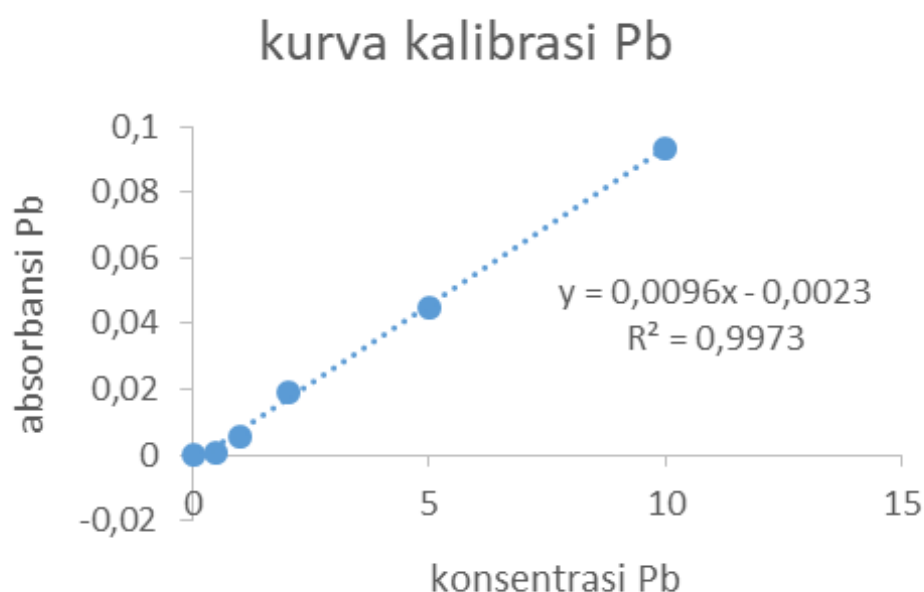
Penentuan Kurva Kalibrasi Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd)

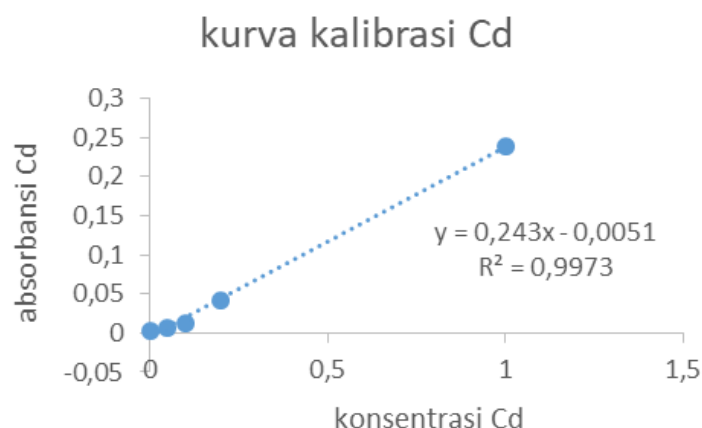
Tahap awal penelitian diawali dengan pengukuran nilai absorbansi larutan standar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA). Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang maksimum masing-masing logam, yaitu 217 nm untuk Pb dan 228,8 nm untuk Cd. Nilai absorbansi yang diperoleh dari berbagai konsentrasi larutan standar tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan data hasil pengukuran, sebagaimana disajikan pada bagian hasil berikut:

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Nilai Absorbansi Larutan Baku Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd).

Konsentrasi Pb (ppm) = X	Absorbansi = Y	Persamaan Regresi Linier
0	0,0001	$y = 0,0096x - 0,0023$ $R^2 = 0,9973$
0,5	0,0005	
1	0,0054	
2	0,0189	
5	0,0448	
10	0,0936	
Konsentrasi Cd (ppm) = X	Absorbansi = Y	Persamaan Regresi Linier
0	0,003	$y = 0,243x - 0,0051$ $R^2 = 0,9973$
0,05	0,0062	
0,1	0,0133	
0,2	0,041	
1	0,2390	

Berdasarkan data hasil pembacaan instrumen menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) yang disajikan pada Tabel 1, tahap selanjutnya dilakukan perhitungan regresi linier. Perhitungan ini dilakukan dengan memplotkan konsentrasi larutan (ppm) sebagai sumbu X dan nilai absorbansi pada setiap tingkat konsentrasi sebagai sumbu Y untuk membentuk kurva kalibrasi. Analisis regresi linier digunakan untuk menentukan nilai intersep (a), kemiringan garis (slope, b), serta koefisien determinasi (r^2) berdasarkan persamaan $y = a + bx$. Nilai koefisien determinasi menunjukkan tingkat kesesuaian data terhadap model regresi linier yang dihasilkan (Delgado, 2022). Kurva kalibrasi larutan standar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) masing-masing ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2:

**Gambar 1.** Kurva kalibrasi timbal (Pb).



Gambar 2. Kurva kalibrasi Cadmium (Cd).

Berdasarkan kurva kalibrasi yang disajikan pada Gambar 1, diperoleh persamaan regresi linier untuk timbal (Pb), yaitu $y = 0,0096x - 0,0023$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9973. Sementara itu, persamaan regresi linier untuk kadmium (Cd) adalah $y = 0,243x - 0,0051$ dengan nilai R^2 yang sama, yaitu 0,9973. Nilai koefisien determinasi tersebut mengindikasikan bahwa metode analisis yang digunakan memiliki tingkat linearitas yang sangat baik.

Menurut Sirait & Widhihastuti (2023), suatu metode analisis dinyatakan memenuhi kriteria linearitas apabila nilai R^2 berada pada atau di atas 0,995 dalam rentang konsentrasi yang diuji. Koefisien determinasi yang mendekati nilai 1 menunjukkan adanya hubungan linier yang sangat kuat antara konsentrasi analit dan nilai absorbansi yang diukur. Oleh karena itu, hasil penelitian ini membuktikan bahwa metode analisis yang digunakan telah memenuhi kriteria linearitas sesuai dengan pedoman validasi metode analisis internasional ICH Q2(R1). Hal ini sejalan dengan temuan Sulistyani et al. (2025), yang melaporkan bahwa nilai R^2 dalam rentang 0,9932 hingga 0,998 mencerminkan performa linearitas yang baik pada berbagai teknik pengenceran dalam pembuatan kurva kalibrasi.

Batas Deteksi dan Batas Kuantitas Timbal dan Cadmium

Sensitivitas metode analisis dinilai melalui penentuan batas deteksi (Limit of Detection/LOD) dan batas kuantitasi (Limit of Quantification/LOQ), yang menggambarkan kemampuan metode dalam mendeteksi serta mengukur analit pada konsentrasi rendah. Berdasarkan perhitungan menggunakan data blanko, nilai LOD dan LOQ untuk logam timbal (Pb) masing-masing adalah 54,0375 mg/L dan 163,75 mg/L. Sedangkan untuk logam kadmium (Cd), diperoleh nilai LOD sebesar 0,0527 mg/L dan LOQ sebesar 0,1596 mg/L. Nilai-nilai tersebut mengindikasikan bahwa konsentrasi analit yang berada di bawah batas deteksi belum dapat dibedakan secara nyata dari respon blanko, sedangkan konsentrasi yang melampaui batas

kuantitasi telah memenuhi persyaratan ketelitian dan akurasi, sehingga dapat digunakan untuk penetapan kadar secara kuantitatif.

Perbedaan nilai batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) antara timbal (Pb) dan kadmium (Cd) menunjukkan adanya variasi sensitivitas metode spektrofotometri serapan atom (SSA) terhadap masing-masing logam. Nilai LOD dan LOQ kadmium yang lebih rendah dibandingkan timbal mengindikasikan bahwa metode SSA memiliki tingkat sensitivitas yang lebih tinggi terhadap Cd, sehingga memungkinkan deteksi dan penetapan kadar Cd pada konsentrasi yang lebih rendah secara andal (Sulistiyani et al., 2021). Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh sifat atomik masing-masing logam, panjang gelombang serapan yang digunakan, serta efektivitas proses atomisasi selama analisis. Oleh karena itu, hasil pengukuran Pb dan Cd yang berada di atas batas LOD dan LOQ dapat dianggap sebagai respon analit yang sah dan terukur, bukan akibat gangguan noise instrumen. Dengan demikian, metode analisis yang digunakan telah memenuhi kriteria sensitivitas dalam proses validasi metode, sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya mengenai penentuan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada ikan tuna kaleng menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) (Setianingrum et al., 2025).

Presisi

Presisi adalah parameter yang digunakan untuk menilai konsistensi hasil pengukuran dari analisis berulang yang dilakukan dalam kondisi analitik yang sama. Presisi suatu metode analisis diartikan sebagai tingkat kesesuaian antara hasil uji individual yang diperoleh dari pengukuran berulang pada sampel homogen, yang mencerminkan keterulangan hasil di bawah kondisi identik (Shinde & Khulbe, 2023).

Tabel 2. Nilai Presisi Logam Pb dan Cd dalam Sampel Jamu.

	Baku Pb 2 ppm	Baku Cd 1 ppm
Rata-rata kadar (ppm)	0,0108	0,0522
SD	0,00015	0,000916515
CV (%)	1,3889%	1,76%

Berdasarkan data hasil uji presisi yang disajikan pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa metode analisis yang diterapkan menunjukkan tingkat ketelitian yang baik dalam penetapan kadar logam berat. Pada pengujian presisi untuk timbal (Pb) Pada konsentrasi 2 ppm diperoleh nilai rata-rata kadar sebesar 0,0108 dengan simpangan baku (SD) sebesar 0,00015, sehingga menghasilkan koefisien variasi (%KV) sebesar 1,39%. Sementara itu, pengujian presisi terhadap kadmium (Cd) pada konsentrasi 1 ppm menghasilkan nilai rata-rata absorbansi sebesar 0,0522 dengan nilai %KV sebesar 1,76%.

Menurut Arif Susanto & Tri Mulyani (2021), dalam analisis logam pada tingkat jejak (*trace analysis*), metode tersebut dinyatakan memiliki presisi yang memadai apabila nilai koefisien variasi atau relative standard deviation (RSD) berada di bawah 2%. Hal tersebut juga ditunjukkan pada studi pelaksanaan validasi metode untuk analisis logam berat Pb, Cd, dan Cr dalam sampel limbah cair industri tekstil, di mana hasil uji presisi dan akurasi menghasilkan nilai relative standard deviation (RSD) kurang dari 2%. Mengacu pada kriteria tersebut, nilai %KV yang diperoleh pada analisis Pb dan Cd dalam penelitian ini masih berada dalam rentang yang dipersyaratkan. Dengan demikian, metode pengujian yang diterapkan dapat dinyatakan memiliki tingkat presisi yang baik, di mana nilai koefisien variasi (%KV) yang semakin rendah menunjukkan ketelitian metode analisis yang semakin tinggi.

Analisis Kandungan Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) dalam sampel

Tahapan awal dalam preparasi sampel adalah proses destruksi, yang bertujuan untuk memecah matriks organik dalam sampel serta melepaskan logam berat yang terikat, sehingga logam tersebut berada dalam bentuk ion yang larut dan siap untuk dianalisis. Keberadaan komponen organik dalam analisis logam berat dapat menimbulkan gangguan matriks yang berpotensi memengaruhi sensitivitas, akurasi, dan presisi pengukuran menggunakan instrumen. Oleh sebab itu, proses destruksi dilakukan untuk menghilangkan senyawa organik tanpa mengubah atau merusak unsur logam yang menjadi target analisis (Alleandro et al., 2023).

Metode destruksi basah (*wet digestion*) merupakan salah satu teknik preparasi sampel yang banyak diterapkan dalam analisis unsur, karena menggunakan asam kuat sebagai agen pengoksidasi untuk menguraikan senyawa organik secara optimal. Melalui proses ini, ikatan antara logam berat dan matriks organik dapat diputus, sementara unsur logam tetap berada dalam kondisi stabil dan berubah menjadi bentuk ionik yang terlarut. Keadaan tersebut memungkinkan logam berat berada dalam sistem yang homogen, sehingga dapat dianalisis secara akurat dan representatif menggunakan instrumen analitik seperti spektrofotometri serapan atom (SSA) dengan tingkat gangguan matriks yang minimal (Taufiq, 2023).

Selain itu, metode destruksi basah dipilih karena mampu menghasilkan larutan sampel yang jernih dan seragam, yang menandakan bahwa proses penguraian matriks organik telah berlangsung secara efektif. Homogenitas larutan sampel merupakan factor penting untuk menjamin proses atomisasi yang merata selama analisis menggunakan instrumen, sehingga dapat meningkatkan keterulangan pengukuran serta keandalan data yang diperoleh. Oleh karena itu, penerapan metode destruksi basah memiliki peran yang krusial dalam memastikan keabsahan dan ketepatan hasil analisis logam berat secara kuantitatif (Alleandro et al., 2023).

Tabel 3. Kadar Logam Pb dan Cd dalam Sampel Jamu.

Kadar Logam Pb Dalam Sampel Jamu				
Jenis sampel	Kategori	Kode sampel	Rata-rata kadar (mg/kg)	Keterangan
Serbuk	Teregistrasi BPOM	A1	0	MS
	Non Teregistrasi BPOM	A2	0	MS
Rajangan	Teregistrasi BPOM	B1	1,3025	MS
	Non Teregistrasi BPOM	B2	0	MS
Pill	Teregistrasi BPOM	C1	0	MS
	Non Teregistrasi BPOM	C2	0	MS
Kapsul	Teregistrasi BPOM	D1	0	MS
	Non Teregistrasi BPOM	D2	0	MS
Krim	Teregistrasi BPOM	E1	0	MS
	Non Teregistrasi BPOM	E2	0	MS
Parem kocok	Teregistrasi BPOM	F1	0	MS
	Non Teregistrasi BPOM	F2	0	MS

Kadar Logam Cd Dalam Sampel Jamu				
Jenis sampel	kategori	Kode sampel	Rata-rata kadar (mg/kg)	keterangan
Serbuk	Teregistrasi BPOM	A1	0,25	MS
	Non Teregistrasi BPOM	A2	0,3042	TMS
Rajangan	Teregistrasi BPOM	B1	0,1883	MS
	Non Teregistrasi BPOM	B2	0,552	TMS
Pil	Teregistrasi BPOM	C1	0,0209	MS
	Non Teregistrasi BPOM	C2	0,12	MS
Kapsul	Teregistrasi BPOM	D1	0,2092	MS
	Non Teregistrasi BPOM	D2	0,2233	MS
Krim	Teregistrasi BPOM	E1	0,1793	MS
	Non Teregistrasi BPOM	E2	0,4663	TMS
Parem kocok	Teregistrasi BPOM	F1	0,2603	MS
	Non Teregistrasi BPOM	F2	0,1408	MS

Keterangan : * Batas teoritis Logam Pb : ≤ 10 mg/kg,

*Batas teoritis Logam Cd: $\leq 0,3$ mg/kg

*MS = Memenuhi Syarat, TMS = Tidak Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil analisis kandungan logam berat timbal (Pb) pada berbagai bentuk sediaan jamu yang disajikan pada Tabel 3, diketahui bahwa sebagian besar sampel, baik produk yang terdaftar maupun yang tidak terdaftar di BPOM, menunjukkan kadar Pb yang tidak terdeteksi (0 mg/kg). Pada sediaan serbuk, baik sampel teregistrasi BPOM (A1) maupun nonregistrasi BPOM (A2), tidak teridentifikasi kandungan Pb sehingga keduanya dinyatakan memenuhi syarat (MS). Hasil yang serupa juga diperoleh pada sediaan pil (C1 dan C2), kapsul (D1 dan D2), krim (E1 dan E2), serta parem kocok (F1 dan F2), yang seluruhnya menunjukkan kadar Pb sebesar 0 mg/kg.

Perbedaan kandungan timbal (Pb) hanya ditemukan pada sediaan rajangan, di mana sampel yang terdaftar di BPOM (B1) menunjukkan kadar Pb rata-rata sebesar 1,3025 mg/kg, sedangkan pada sampel yang tidak terdaftar di BPOM (B2) tidak terdeteksi adanya Pb. Meskipun demikian, kadar Pb pada sampel B1 masih berada jauh di bawah batas maksimum

cemaran timbal yang ditetapkan dalam Peraturan BPOM Nomor 29 Tahun 2023, yaitu ≤ 10 mg/kg, sehingga sampel tersebut tetap dinyatakan memenuhi persyaratan keamanan.

Keberadaan Pb pada sediaan rajangan yang terdaftar BPOM diduga berkaitan dengan akumulasi logam berat pada bahan baku tanaman obat, yang dapat terjadi akibat penyerapan dari tanah dan air yang terkontaminasi selama proses budidaya, serta kemungkinan kontaminasi yang terjadi pada tahap pascapanen. Namun, konsentrasi Pb yang terdeteksi masih berada dalam batas aman sesuai ketentuan BPOM (Mahmudi et al., 2023). Rendahnya kadar Pb pada seluruh sampel menunjukkan bahwa cemaran timbal pada sediaan jamu yang diuji relatif terkendali, meskipun potensi kontaminasi tetap perlu diwaspadai karena sifat Pb yang toksik dan dapat terakumulasi dalam tubuh.

Berdasarkan hasil analisis kandungan logam berat kadmium (Cd) pada sampel jamu yang disajikan pada Tabel 3, ditemukan perbedaan kadar kadmium (Cd) antara produk yang telah terdaftar dan yang belum terdaftar di BPOM. Sesuai dengan Peraturan BPOM Nomor 29 Tahun 2023 mengenai Persyaratan Keamanan dan Mutu Obat Bahan Alam, batas maksimum cemaran kadmium yang diizinkan dalam sediaan jamu adalah $\leq 0,3$ mg/kg.

Pada sediaan serbuk, sampel yang terdaftar di BPOM (A1) menunjukkan kadar kadmium (Cd) rata-rata sebesar 0,25 mg/kg sehingga masih berada dalam batas aman yang ditetapkan. Sebaliknya, sampel nonregistrasi BPOM (A2) memiliki kadar Cd sebesar 0,3042 mg/kg, yang sedikit melebihi ambang batas maksimum BPOM, sehingga dikategorikan tidak memenuhi syarat (TMS).

Pada sediaan rajangan, sampel teregistrasi BPOM (B1) mengandung Cd sebesar 0,1883 mg/kg dan masih memenuhi ketentuan keamanan, sedangkan sampel non teregistrasi BPOM (B2) menunjukkan kadar Cd yang relatif tinggi, yaitu 0,552 mg/kg, sehingga dinyatakan tidak memenuhi syarat. Temuan ini mengindikasikan bahwa sediaan rajangan non teregistrasi BPOM memiliki potensi risiko cemaran Cd yang lebih besar dibandingkan dengan produk yang telah melalui proses registrasi.

Pada sediaan pil (C1 dan C2) serta kapsul (D1 dan D2), seluruh sampel menunjukkan kadar kadmium (Cd) yang konsentrasinya masih di bawah ambang batas yang berlaku menurut BPOM sehingga dinyatakan memenuhi syarat. Pada sediaan krim, sampel yang terdaftar di BPOM (E1) memiliki kadar Cd sebesar 0,1793 mg/kg dan masih memenuhi persyaratan, sedangkan sampel nonregistrasi BPOM (E2) menunjukkan kadar Cd sebesar 0,4663 mg/kg yang telah melampaui batas maksimum, sehingga diklasifikasikan sebagai tidak memenuhi syarat. Sementara itu, pada sediaan parem kocok, baik produk terdaftar maupun tidak terdaftar

BPOM menunjukkan kadar Cd yang konsentrasinya tidak melebihi batas maksimum yang diperbolehkan.

Penelitian ini menemukan bahwa sejumlah produk jamu tanpa registrasi BPOM mengandung kadar kadmium (Cd) yang melampaui batas keamanan yang ditetapkan untuk sediaan herbal, sementara produk yang telah teregistrasi umumnya masih berada dalam kisaran aman. Paparan Cd yang melebihi ambang batas berpotensi menyebabkan efek toksik kronis, seperti gangguan fungsi ginjal, kelainan metabolisme tulang, serta peningkatan stres oksidatif pada tingkat seluler yang dapat berujung pada disfungsi organ apabila terjadi konsumsi jangka panjang. Maka dari itu, penting untuk melaksanakan upaya pengawasan yang lebih ketat terhadap mutu bahan baku dan tahapan proses produksi jamu, terutama pada produk yang beredar tanpa registrasi BPOM (Mahmudi et al., 2023).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Menurut hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel jamu yang telah terdaftar di BPOM memenuhi persyaratan batas cemaran logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Sementara itu, pada kelompok jamu yang tidak terdaftar di BPOM, ditemukan tiga jenis sediaan yang tidak memenuhi ketentuan keamanan, yaitu sediaan serbuk, rajangan, dan krim, berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2023 tentang Persyaratan Keamanan dan Mutu Obat Bahan Alam. Adapun sediaan lainnya, yaitu pil, kapsul, dan parem kocok, masih memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas parameter pengujian dengan menganalisis kandungan logam berat lain, seperti raksa (Hg) dan arsen (As), menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. Hal ini penting mengingat Peraturan BPOM RI Nomor 29 Tahun 2023 juga menetapkan batas cemaran untuk logam berat selain timbal dan kadmium, sehingga penelitian lanjutan diperlukan guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif terkait keamanan produk jamu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan nikmat yang telah dilimpahkan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini. Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada apt. Novena Yety Lindawati, S.Farm., M.Sc., Susi

Rahmawati, S.Farm., serta Annisa Puspa, S.Farm., yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR REFERENSI

- Alleandro, V., Talu, T., Kurniawan, H., & Nugraha, F. (2023). Identifikasi timbal dan verifikasi destruksi dengan metode spiking pada sampel kangkung darat di Kota Pontianak. 3(1), 69–76.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 29 Tahun 2023 tentang persyaratan keamanan dan mutu obat bahan alam*. BPOM RI.
- Fawehinmi, A. B., Lawal, H., & Chimezie, E. U. (2024). Determination of heavy metal contamination of some commercially available herbal preparations in Nigeria. 36(8), 46–54.
- Jomova, K., Alomar, S. Y., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2025). Heavy metals: Toxicity and human health effects. *Archives of Toxicology*, 99(1). Springer.
- Mahmudi, M., Annisa, M., Farida, M., Yusuf, M., & Azhari, S. (2023). Assessing heavy metal contamination in traditional herbal medicine (jamu) by atomic absorption spectrophotometry. 1(1), 0–4.
- Mauliydia, N. B., Khairan, K., & Novandy, T. R. (2023). Prediction of pharmacokinetic parameters from ethanolic extract of mane leaves (*Vitex pinnata* L.) in geothermal manifestation of Seulawah Agam Ie-Seu'um, Aceh. 1(1), 16–21.
- Nakra, S., Tripathy, S., & Srivastav, P. P. (2025). Drying as a preservation strategy for medicinal plants: Physicochemical and functional outcomes for food and human health. *Phytomedicine Plus*, 5(2), 100762.
- Noviandy, T. R., Maulana, A., Idroes, G. M., & Mauliydia, N. B. (2023). Integrating genetic algorithm and LightGBM for QSAR modeling of acetylcholinesterase inhibitors in Alzheimer's disease drug discovery. 1(2), 48–54.
- Patiung, O., & Amamapare, P. (2022). Identifikasi kandungan logam berat Pb dan Cu pada sedimen daerah muara Sungai Amamapare, Timika, Papua. 3(1).
- Setianingrum, T., Fitriana, A. S., & Nawangsari, D. (2025). Analisis cemaran logam berat (Pb, Cd, Zn) pada ikan tuna kemasan kaleng dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA).
- Shinde, S. S., & Khulbe, P. (2023). Analytical method validation: A comprehensive review of current practices. *XXI*, 244–254.

- Sugito, A., Marliyan, S. D., & H. D. A. (2022). Uji kinerja instrumen spektrofotometer serapan atom (AAS) Shimadzu 6650F terhadap logam Fe dan Zn pada kegiatan praktikum kimia anorganik di UPT Laboratorium Terpadu UNS. *5*(2), 83–89.
- Sulistyani, M., Kusumastuti, E., Huda, N., & Mukhayani, F. (2021). Method validation on functional group analysis of geopolymer with polyvinyl chloride (PVC) as additive using Fourier transform infrared. *10*(3).
- Sulistyani, M., Mahatmanti, F. W., Huda, N., & Prasetyo, R. (2025). Optimization of the performance of a microplate-type UV–Vis spectrophotometer as a protein content testing instrument based on green analytical chemistry (GAC). *Indonesian Journal of Chemical Science*, *14*(3).
- Susanto, A., Mulyani, T., & S. N. (2021). Validasi metode analisis penentuan kadar logam berat Pb, Cd, dan Cr terlarut dalam limbah cair industri tekstil dengan metode inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *19*(1), 191–200.
- Taufiq, M. (2023). Metode destruksi gelombang mikro menggunakan variasi konsentrasi asam nitrat untuk penentuan logam Cd dan Pb dalam produk makanan bayi. *17*(1).