

Tinjauan Sistematis Peningkatan Kelarutan Sampel dalam Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pada Matriks Kompleks: Studi Literatur 2015–2025

**Marchella Mingkasari¹, Rosalba Sirly Najia², Rizqon Imam Pambudi³, Citra Surya Primaswari⁴,
Indah Dwi Saputri⁵, Dzikrina Adibah Salma⁶, Varis Sanaila Salsabila⁷**

Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Semarang

Corresponding Author: marchellaamingkasari@students.unnes.ac.id

Published: Desember, 2025

ABSTRAK

Analisis logam berat menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pada sampel dengan matriks kompleks, seperti produk kosmetik, obat-obatan, maupun spesimen biologis, sering kali menghadapi tantangan teknis akibat rendahnya kelarutan sampel dan keberadaan komponen pengganggu. Kondisi ini dapat menyebabkan proses atomisasi tidak berlangsung optimal, sehingga menurunkan sensitivitas dan akurasi hasil pengukuran. Artikel review ini bertujuan mengevaluasi berbagai strategi preparasi sampel yang digunakan untuk meningkatkan performa SSA, berdasarkan telaah terhadap 21 literatur nasional dan internasional yang diterbitkan sepanjang 2015–2025. Hasil kajian memperlihatkan bahwa pemilihan metode preparasi yang sesuai sangat menentukan keberhasilan analisis logam berat. Teknik destruksi basah (wet digestion) dengan penggunaan oksidator kuat seperti asam nitrat pekat, hidrogen peroksida, atau campuran asam lainnya terbukti efektif dalam mendekomposisi matriks organik yang kompleks. Selain itu, teknologi Microwave Digestion menjadi pilihan unggul karena mampu mempercepat proses destruksi dengan efisiensi tinggi, temperatur seragam, serta risiko kontaminasi yang lebih rendah dibandingkan pemanasan konvensional. Pada beberapa jenis sampel tertentu, terutama produk padat atau semi padat, uji disolusi juga diperlukan untuk memastikan komponen target terlarut sempurna sebelum proses atomisasi. Secara keseluruhan, literature review ini menegaskan bahwa kinerja SSA sangat bergantung pada kualitas tahap preparasi sampel. Ketika didahului oleh teknik destruksi dan disolusi yang optimal, metode SSA terbukti valid, sensitif, dan akurat dalam mendeteksi logam berat hingga level kelumit (trace elements). Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan preparasi yang tepat tidak hanya meningkatkan reliabilitas hasil analisis, tetapi juga memastikan kesesuaiannya dengan standar regulasi keamanan yang berlaku.

Keywords: Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), Logam Berat, Preparasi Sampel, Destruksi, Validasi Metode.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Pengawasan mutu produk farmasi, kosmetik, pangan, serta pemeriksaan spesimen biologis ialah aspek penting dalam menjaga kesehatan masyarakat. Dalam konteks ini, unsur logam memiliki peran ganda yang signifikan. Beberapa logam seperti Zink (Zn) dan Besi (Fe), berfungsi sebagai zat aktif terapeutik atau nutrisi esensial, sedangkan logam berat seperti Timbal (Pb), Merkuri (Hg), dan Kadmium (Cd) menjadi cemaran berbahaya yang harus dikendalikan secara ketat sesuai standar regulasi. Dikarenakan sifat toksisitasnya yang dapat terakumulasi dan bersifat karsinogenik, Farmakope Indonesia Edisi VI menetapkan batas cemaran logam yang sangat rendah untuk menjamin keamanan produk (Kementerian Kesehatan RI, 2002). Dengan demikian, analisis kuantitatif logam yang akurat menjadi kebutuhan penting dalam laboratorium pengujian.

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) hingga kini masih menjadi metode rujukan utama dalam analisis logam karena menawarkan selektivitas tinggi serta biaya operasional yang relatif efisien (Rahmawati, Wicaksono, El Nisa', Latifah, & Hutahaean, 2024). Namun, keberhasilan analisis SSA sangat bergantung pada kondisi sampel yang

harus berada dalam bentuk larutan jernih dan homogen agar proses atomisasi, baik melalui nyala maupun tungku grafit, dapat berlangsung optimal. Tantangan terbesar muncul karena banyak sampel memiliki matriks kompleks dan sulit larut, yang dapat menyebabkan gangguan matriks atau *matrix interference* dan menurunkan keandalan hasil analisis.

Literatur menunjukkan bahwa kompleksitas matriks sangat bervariasi. Pada kosmetik dekoratif seperti lipstik dan *eyeliner*, keberadaan lilin, minyak, serta pigmen dengan konsentrasi tinggi dapat mengikat logam berat sehingga memerlukan pelarut kuat untuk proses destruksi (Rahil, El-Turki, & El Sharaa, 2019). Pada sediaan farmasi padat, eksipien pengisi dan penyalut tablet dapat menghambat pelepasan logam sehingga dibutuhkan metode pelarutan yang terstandarisasi (Prasojo, Sijabat, Anitasari, & Nurrosyid, 2023). Sementara itu, sampel biologis seperti darah dan urin memiliki kandungan protein tinggi dan viskositas besar, yang dapat menimbulkan kendala teknis seperti penyumbatan nebulizer jika preparasinya tidak tepat (Febiliony, Khanifah, & Mildiana, 2025).

Berbagai pendekatan preparasi sampel telah dikembangkan untuk mengatasi masalah kelarutan tersebut. Metode destruksi basah menggunakan asam oksidator kuat HNO_3 $HClO_4$ masih banyak digunakan, namun teknologi seperti *Microwave Digestion* semakin populer karena mampu mengurangi kehilangan analit dan mempercepat proses destruksi (Papadopoulos, Assimomytis, & Varvaresou, 2022). Untuk analisis merkuri yang bersifat mudah menguap, teknik *Cold Vapor* menjadi metode khusus yang tidak tergantikan (Safitri & Irmawati, 2020). Selain itu, uji disolusi memiliki peran penting dalam menilai pelepasan logam dari sediaan obat (Lisik, Prescha, Cavlaz, Grajeta, & Musial, 2018). Artikel *review* ini bertujuan memberikan evaluasi komprehensif mengenai efektivitas berbagai metode peningkatan kelarutan berdasarkan literatur terbitan tahun 2015-2025, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang strategi optimalisasi analisis SSA pada beragam matriks sampel yang kompleks.

METODE

Metode penelitian dalam studi ini disusun menggunakan pendekatan tinjauan sistematis untuk menelaah berbagai strategi peningkatan kelarutan sampel pada analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan fokus pada matriks kompleks seperti kosmetik, obat-obatan, dan spesimen biologis. Proses telaah dilakukan melalui penelusuran literatur ilmiah yang dipublikasikan selama periode 2015 hingga 2025. Penelusuran sumber dilakukan menggunakan sejumlah basis data daring bereputasi, termasuk Google Scholar, ScienceDirect, PubMed, dan portal jurnal nasional Indonesia. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi “Atomic Absorption Spectrophotometry”, “sample solubility”, “wet digestion”, “microwave digestion”, “complex matrices”, “heavy metal analysis”, dan “sample preparation in AAS”.

Literatur yang diperoleh melalui pencarian awal kemudian diseleksi melalui beberapa tahap. Seleksi pertama dilakukan dengan meninjau kesesuaian judul dan abstrak terhadap fokus penelitian. Selanjutnya, artikel yang memenuhi kriteria dianalisis secara menyeluruh untuk memastikan bahwa pembahasannya mencakup teknik peningkatan kelarutan sampel atau metode preparasi yang berpengaruh terhadap optimasi atomisasi pada SSA. Kriteria inklusi meliputi artikel penelitian asli, review, atau laporan teknis yang membahas destruksi sampel, teknik disolusi, atau penggunaan teknologi microwave digestion pada analisis logam berat. Sebaliknya, artikel yang tidak memberikan informasi relevan, menggunakan instrumen selain SSA, atau berfokus pada aspek non-preparatif dikeluarkan dari kajian.

Setiap artikel yang lolos seleksi dianalisis secara kualitatif untuk menilai pendekatan preparasi sampel, jenis matriks, efektivitas degradasi, hingga implikasinya terhadap sensitivitas dan akurasi SSA. Hasil telaah kemudian disintesis untuk menghasilkan pemahaman komprehensif mengenai strategi terbaik dalam meningkatkan kelarutan sampel pada matriks kompleks.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ulasan terhadap 21 jurnal nasional dan internasional yang membahas penerapan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dalam analisis logam berat menjadi hal penting. Kajian ini difokuskan pada

teknik preparasi sampel seperti destruksi asam dan uji disolusi yang bertujuan meningkatkan kelarutan analit dari matriks pembawanya. Setiap studi dianalisis berdasarkan jenis sampel, metode preparasi yang digunakan, serta hasil validasi yang dilaporkan, sehingga memberikan gambaran menyeluruh mengenai strategi optimal dalam pengawasan mutu sediaan farmasi, kosmetik, pangan, dan sampel biologis.

Tinjauan oleh Maharani et al. (2024) menekankan pentingnya tahap preparasi sampel dalam keberhasilan aplikasi Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pada berbagai sektor industri, termasuk farmasi dan kosmetik. Artikel tersebut menggarisbawahi bahwa kendala utama dalam analisis SSA umumnya berasal dari interferensi matriks, baik spektral maupun non-spektral, misalnya viskositas sampel yang memperlambat proses nebulisasi. Instrumen SSA menunjukkan validitas tinggi dengan presisi antara 0,5% hingga 5% bergantung pada teknik atomisasi yang digunakan (nyala atau tungku grafit). Tulisan ini juga menegaskan bahwa SSA sangat efektif mendeteksi cemaran Merkuri (Hg) dan Zink (Zn) pada produk krim kosmetik selama proses preparasi mampu menghilangkan gangguan matriks secara memadai (Maharani, Briliana, Putri, Faraditta, & Az-zhaffirah, 2024).

Selanjutnya, penelitian Dewi et al. (2019) berfokus pada analisis cemaran timbal pada sediaan kosmetik dekoratif, terutama lipstik cair yang tidak teregistrasi. Matriks lipstik cair tergolong kompleks karena kandungan minyak, lilin, dan pigmen yang berpotensi mengganggu proses atomisasi. Untuk mengatasi hal tersebut, peneliti menerapkan destruksi basah dengan kombinasi oksidator kuat, yaitu Asam Nitrat (HNO_3) pekat dan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) 30%, hingga diperoleh larutan jernih. Pengukuran menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 283,3 nm menunjukkan validitas yang sangat baik dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9994. Temuan ini membuktikan bahwa metode preparasi tersebut sesuai untuk SSA dalam mendeteksi kadar timbal secara akurat pada kisaran 0,46 hingga 2,96 ppm (Dewi, Kartini, & Islami, 2019).

Penelitian yang ditulis Rahmawati et al. (2015) melakukan optimasi metode preparasi sampel untuk analisis cemaran tembaga (Cu) pada sediaan makanan ringan berupa permen. Matriks permen yang kaya gula memerlukan proses destruksi oksidatif yang kuat agar analit dapat larut sempurna dan terdeteksi dengan baik. Penelitian ini membandingkan efektivitas tiga campuran oksidator pada metode destruksi basah. Uji statistik menunjukkan bahwa campuran HNO_3 dan H_2SO_4 (3:1) merupakan oksidator paling efektif dalam menghasilkan destruksi optimal. Setelah preparasi, pengukuran absorbansi dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) mendeteksi kadar Cu pada rentang 1,57 hingga 1,72 mg/kg. Hasil ini menunjukkan sensitivitas SSA yang baik dalam memantau cemaran logam pada pangan bermatriks gula tinggi (Rahmawati, Dewi, Fasya, & Fauziyah, 2015).

Dalam penelitian berskala luas, Arshad et al. (2020) mengevaluasi kandungan logam berat pada 36 merek produk kosmetik mencakup berbagai jenis sediaan, mulai dari *lotion* dan krim pemutih/emulsi hingga lipstik dan cat rambut. Keragaman matriks ini menuntut metode preparasi yang andal. Peneliti menggunakan destruksi basah dengan asam kuat untuk mendegradasi komponen organik sehingga analit (Cd, Cr, Fe, Ni, dan Pb) dapat larut sepenuhnya. Pengukuran dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) menunjukkan variasi kadar logam yang signifikan antarproduk, dengan kadar Besi (Fe) tertinggi pada *sunblock* dan Timbal (Pb) pada lipstik. Sensitivitas metode SSA juga memungkinkan perhitungan parameter risiko kesehatan seperti Hazard Index (HI) dan risiko kanker, membuktikan bahwa data kelarutan yang dihasilkan alat sangat valid untuk analisis toksikologi (Arshad, Mehmood, Shah, & Abbasi, 2020).

Dalam aspek toksikologi klinis, Tudosie et al. (2021) mengembangkan metode optimasi untuk deteksi logam timbal (Pb) pada sampel biologis (darah dan urin) guna diagnosis keracunan akut. Tantangan utama pada matriks biologis adalah viskositas tinggi akibat protein serta gangguan garam yang berpotensi menghasilkan sinyal artefaktual. Untuk mengatasi hal tersebut tanpa destruksi panas yang dapat menyebabkan kehilangan analit, peneliti menggunakan *Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry* (GFAAS) dengan bantuan *matrix modifier*. Campuran pengencer berupa asam nitrat, amonium dihidrogen fosfat, dan Triton X-100 terbukti efektif menstabilkan analit selama tahap *pyrolysis* dalam tungku grafit. Validasi metode menunjukkan sensitivitas tinggi dengan LOD mencapai 0,33 $\mu\text{g/L}$ untuk darah serta akurasi 92–104%, menegaskan keunggulan GFAAS dalam menghadapi keterbatasan kelarutan pada sampel klinis (Tudosie, et al., 2021).

Dalam upaya menjamin mutu dan keamanan produk kosmetik, Rohman & Wijayanti (2015) mengembangkan serta memvalidasi metode analisis cemaran Zink (Zn) dan Merkuri (Hg) pada sediaan krim. Matriks krim yang bersifat semisolid dan berbasis emulsi memerlukan teknik preparasi yang memadai sebelum dianalisis. Penelitian ini memvalidasi penggunaan SSA nyala untuk Zink dan *Mercury Analyzer* untuk Merkuri. Hasil validasi menunjukkan performa yang sangat baik dengan koefisien korelasi (r) di atas 0,99 dan LOD Zink sebesar 2,86 $\mu\text{g/g}$. Tingginya nilai *recovery* membuktikan bahwa metode preparasi berhasil memisahkan analit dari matriks krim tanpa gangguan berarti sehingga layak digunakan dalam kontrol kualitas rutin (Rohman & Wijayanti, 2015).

Studi Rahil et al. (2019) memperluas analisis kelarutan logam pada produk kosmetik dekoratif yang beredar di Libya, termasuk lipstik, *eyeliner*, dan *kohl* (celak). Matriks sampel ini menantang karena mengandung pigmen mineral konsentrasi tinggi serta basis lilin yang hidrofobik. Untuk mengatasinya, peneliti menerapkan destruksi basah yang mampu mendegradasi matriks organik dan melarutkan logam sebelum pengukuran. Analisis dengan SSA nyala mendeteksi logam berat seperti Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Zink (Zn) dalam rentang konsentrasi yang luas. Temuan kadar Kadmium hingga 125 mg/kg menunjukkan bahwa metode preparasi sangat efektif mengekstraksi logam dari matriks padat kosmetik sehingga hasil SSA akurat dan dapat diandalkan untuk evaluasi keamanan produk (Rahil, El-Turki, & El Sharaa, 2019).

Dalam sediaan farmasi, Prasajo et al. (2023) menerapkan SSA untuk penentuan kadar Besi (Fe) dalam tablet multivitamin yang merupakan komponen penting bagi suplemen kesehatan personel militer. Kendala utama analisis sediaan padat adalah memastikan pelepasan zat aktif logam dari matriks eksipien secara menyeluruh sebelum pengukuran. Untuk itu, peneliti menggunakan preparasi pelarutan asam disertai pemanasan. Validasi dilakukan melalui regresi linear pada kurva kalibrasi standar Fe. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SSA memiliki selektivitas dan sensitivitas tinggi dalam mendeteksi Fe pada multivitamin, membuktikan kelayakannya sebagai metode standar dalam penjaminan mutu suplemen farmasi (Prasajo, Sijabat, Anitasari, & Nurrosyid, 2023).

Aydinoglu (2022) melakukan studi komparatif yang mengevaluasi tiga metode preparasi, yakni pelarutan asam langsung, destruksi basah konvensional, dan *Microwave Digestion* untuk analisis Fe dan Zn pada sediaan suplemen diet. Matriks suplemen yang padat mineral sering menjadi penghambat kelarutan analit secara total. Penelitian ini menemukan bahwa teknik *Microwave Digestion* merupakan metode paling unggul karena memberikan *recovery* tertinggi. Keunggulan ini disebabkan oleh kombinasi suhu dan tekanan tinggi pada sistem tertutup yang mampu mendestruksi matriks secara agresif tanpa menguapkan analit. Analisis lanjutan menggunakan FAAS menunjukkan linearitas kalibrasi sangat baik ($R^2 > 0.9997$) dan LOD rendah, menegaskan bahwa *Microwave Digestion* dipadukan SSA adalah pilihan optimal untuk analisis rutin suplemen mineral (Aydinoglu, 2022).

Tinjauan literatur oleh Papadopoulos et al. (2022) mengevaluasi strategi preparasi sampel untuk analisis logam berat pada produk kosmetik. Artikel ini membandingkan efektivitas destruksi basah konvensional, pengabuan kering, dan *Microwave Digestion*. Berdasarkan meta analisis data validasi, *Microwave Digestion* diidentifikasi sebagai metode terbaik untuk analisis menggunakan SSA. Metode ini memberikan *recovery* tinggi ($>95\%$), waktu preparasi lebih singkat, dan risiko kontaminasi silang minimal karena dilakukan dalam sistem tertutup. Artikel ini juga menekankan bahwa untuk sampel kosmetik berbasis mineral (misalnya bedak atau *foundation*) yang mengandung silika, penambahan Asam Fluorida (HF) diperlukan untuk memastikan kelarutan analit secara total (Papadopoulos, Assimomytis, & Varvaresou, 2022).

Prakash & Manjushree (2019) melakukan studi komparatif profil cemaran logam berat pada dua sediaan kosmetik bermatriks berbeda, yakni krim pemutih dan lipstik. Dengan destruksi basah menggunakan campuran asam nitrat dan perklorat, peneliti memperoleh larutan jernih dari matriks lilin dan emulsi. Analisis dengan F-AAS mengungkapkan pola distribusi logam yang menarik, yakni Tembaga (Cu) dan Nikel (Ni) ditemukan pada seluruh sampel dengan konsentrasi 0,5 hingga 3,7 ppm, sementara Besi (Fe) hanya terdeteksi pada krim pemutih (hingga 4,48 ppm). Hal tersebut menunjukkan bahwa F-AAS memiliki selektivitas baik dalam memetakan kontaminasi berdasarkan bahan baku kosmetik (Prakash & Manjushree, 2019).

Dalam industri farmasi, pengawasan cemaran logam pada bahan baku obat (API) sangat penting karena potensi toksisitasnya. Gaddey & Sundararajan (2024) mengembangkan dan memvalidasi metode SSA untuk mendeteksi Nikel (Ni) dalam Meclizine Hydrochloride yang sering membawa residu katalis dari sintesis kimia. Penelitian ini mengoptimalkan parameter operasional seperti panjang gelombang (232 nm) dan waktu integrasi guna memperoleh sensitivitas terbaik. Validasi menunjukkan LOD sangat rendah (0,051 mg/L) dan *recovery* 96,5–109,33%. Temuan ini membuktikan bahwa SSA merupakan metode yang tangguh dan akurat untuk memastikan kemurnian bahan baku obat dari cemaran logam (Gaddey & Sundararajan, 2024).

Selain penetapan kadar total, SSA juga penting dalam studi disolusi sediaan farmasi. Lisik et al. (2018) menggunakan SSA sebagai metode referensi utama untuk memantau pelepasan ion besi dari sediaan padat. Uji disolusi mengikuti standar farmakope pada suhu 37°C untuk mensimulasikan kondisi fisiologis. Dalam studi tersebut, akurasi dan presisi SSA dimanfaatkan untuk memvalidasi metode alternatif berbasis konduktivitas listrik. Hasil menunjukkan bahwa pengukuran Fe dengan SSA menghasilkan kurva pelepasan yang sangat linear dan stabil. Hal ini menegaskan peran SSA sebagai metode paling tepercaya dalam memverifikasi kinetika kelarutan zat aktif logam dari tablet (Lisik, Prescha, Cavlaz, Grajeta, & Musial, 2018).

Tantangan preparasi sampel semakin besar pada kosmetik dekoratif seperti *eyeliner* yang mengandung polimer pembentuk *film* dan pigmen konsentrasi tinggi agar tahan air. Handayani et al. (2022) mengatasi hambatan kelarutan ini dengan destruksi basah menggunakan Aqua Regia, yakni campuran Asam Klorida dan Asam Nitrat pekat (3:1). Kombinasi ini memiliki daya oksidasi sangat kuat yang mampu menghancurkan struktur polimer dan melepaskan logam berat yang terperangkap. Analisis filtrat menggunakan SSA pada 283,3 nm menemukan kadar Timbal (Pb) hingga 180,1 ppm pada salah satu sampel. Temuan ini menunjukkan pentingnya penggunaan pelarut sangat kuat seperti Aqua Regia untuk menjamin analit tidak tertinggal dalam matriks yang sulit didegradasi (Handayani, Fernanda, & Arifiyana, 2022).

Selain itu, Rahmawati et al. (2024) melakukan studi pada sediaan krim pemutih wajah menggunakan SSA. Penelitian ini menyoroti pentingnya pemantauan berkelanjutan pada produk kosmetik populer yang rawan adulterasi logam berbahaya. Matriks krim didestruksi untuk melepaskan analit dari basis emulsi sebelum proses atomisasi. Penggunaan SSA dalam penelitian ini kembali menegaskan keandalannya sebagai metode cepat dan ekonomis untuk skrining rutin cemaran logam sehingga mendukung perlindungan konsumen dari paparan toksik jangka panjang (Rahmawati, Wicaksono, El Nisa', Latifah, & Hutahaeen, 2024).

Hidayah et al. (2024) melakukan tinjauan sistematis mengenai penggunaan SSA dalam pengujian mutu Air Minum Dalam Kemasan (AMDK), khususnya parameter logam Tembaga (Cu). Meskipun matriks air relatif sederhana, namun tantangan utamanya adalah konsentrasi analit yang sangat rendah. Berdasarkan data penelitian, SSA terbukti cukup sensitif untuk mendeteksi kadar Cu jauh di bawah batas aman SNI (2 mg/L). Studi ini menegaskan bahwa validitas SSA pada matriks air sangat tinggi sehingga menjadi instrumen penting dalam laboratorium pengujian lingkungan dan pangan (Hidayah, Valentina, Kurniawati, & Hamzah, 2024).

Aplikasi SSA di bidang lingkungan ditunjukkan oleh Rusdianto et al. (2023) melalui analisis kualitas air limbah industri kelapa sawit. Sampel limbah ini memiliki matriks kompleks karena kandungan bahan organik, minyak, dan padatan tersuspensi yang tinggi. Tantangan utama adalah menghilangkan komponen organik yang dapat meningkatkan sinyal latar saat atomisasi. Penelitian ini menggunakan SSA untuk mengukur kadar Cu dan Zn sebagai parameter kepatuhan terhadap baku mutu. Hasil menunjukkan bahwa SSA mampu memberikan data kuantitatif presisi tinggi sehingga dapat digunakan untuk memantau efektivitas pengolahan limbah dan mencegah pencemaran logam ke lingkungan (Rusdianto, Ivandi, Kusmita, & Apriliazmi, 2023).

Isu migrasi logam dari kemasan pangan ke produk menjadi fokus penelitian Purnama et al. (2020) yang menganalisis kadar Timah (Sn) dalam susu kental manis kaleng. Matriks susu kental manis yang kaya gula, protein, dan lemak memerlukan destruksi basah intensif agar sisa organik tidak mengganggu pembacaan. Dalam studi ini, SSA digunakan untuk membandingkan cemaran Sn pada kaleng baik dan kaleng penyok. Hasil menunjukkan kadar Sn 43,25-52,88 mg/kg yang mengindikasikan terjadinya pelepasan material pelapis kaleng ke produk. Studi ini membuktikan

sensitivitas SSA dalam mendeteksi kontaminasi akibat interaksi bahan pangan dengan kemasan (Purnama, Retnaningsih, & Putri, 2020).

Selain darah, urin merupakan spesimen non-invasif yang sering digunakan dalam biomonitoring toksikologi kerja. Sari (2020) menggunakan SSA untuk mengevaluasi kadar Timbal (Pb) pada urin pekerja industri peleburan logam yang berisiko tinggi terpapar uap logam. Analisis urin memiliki tantangan karena kandungan garam dan metabolit organik yang dapat mengganggu kestabilan nyala api. Melalui preparasi yang tepat, penelitian ini berhasil mengukur kadar timbal yang diekskresikan oleh ginjal. Kemampuan SSA untuk mengukur logam pada urin membuktikan validitasnya sebagai alat diagnostik dalam mendeteksi akumulasi logam berat sehingga penting untuk pencegahan penyakit akibat kerja (Sari, 2020).

Dalam studi Febiliony et al. (2025) memanfaatkan SSA untuk studi klinis yang menilai efektivitas pemberian Vitamin C dalam menurunkan kadar Timbal (Pb) darah petugas parkir. Darah merupakan matriks kompleks karena keberadaan sel dan protein plasma yang harus dihilangkan terlebih dahulu melalui preparasi agar tidak menyumbat nebulizer. Sensitivitas SSA sangat penting untuk mendeteksi perubahan kecil konsentrasi logam sebelum dan sesudah intervensi. Kemampuan instrumen menghasilkan data kuantitatif akurat menjadikan SSA metode validasi utama dalam riset kesehatan lingkungan untuk memantau pengaruh polusi udara terhadap akumulasi logam dalam tubuh manusia (Febiliony, Khanifah, & Mildiana, 2025).

Artikel terakhir, yakni Bakhtra et al. (2015) membandingkan metode titrasi kompleksometri dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk penetapan kadar Zink dalam sediaan farmasi. Tablet Zink didestruksi menggunakan campuran asam nitrat dan sulfat pekat untuk menghilangkan matriks organik. Hasil penelitian menunjukkan kedua metode menghasilkan kadar yang setara secara statistik (3,64%-6,19%). Namun, SSA memiliki keunggulan dalam kecepatan dan spesifisitas, terutama untuk pengujian rutin dalam jumlah sampel besar. Studi ini menegaskan bahwa meskipun metode klasik tetap valid, namun SSA menawarkan efisiensi lebih tinggi dalam laboratorium kontrol kualitas farmasi modern (Bakhtra, Zulharmita, & Pramudita, 2017).

Tabel Ringkasan Matriks Jurnal

No	Identitas Jurnal	Sampel & Permasalahan Matriks (Kompleksitas)	Metode Peningkatan Kelarutan & Hasil Validasi
1	<i>Analisa Cemar Timbal Pada Lipstik Cair Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)</i> Dewi, A. P., Kartini, S., & Islami, D (2019)	Sampel: 3 Merek Lipstik Cair (Merah Terang & Merah Muda) tidak teregistrasi. Masalah Matriks: Sampel mengandung bahan dasar organik (minyak/lilin) dan zat warna yang mengikat logam berat, sehingga perlu didegradasi agar larut sempurna.	Metode (Destruksi Basah) - Pelarut: 10 mL HNO_3 pekat + 5 mL H_2O_2 30 % - Kondisi: Pemanasan hingga asap coklat hilang dan diperoleh larutan jernih Hasil Validasi - Kondisi fisik: Larutan sampel jernih (terdestruksi total) - Linearitas (r): 0,9994 (sangat baik) - Kadar terukur: 0,46 – 2,96 ppm (aman/di bawah batas)
2	<i>A Comprehensive Review on Atomic Absorption Spectroscopy: Principles, Techniques, and Applications</i>	Sampel: Tinjauan literatur pada sampel farmasi (obat), kosmetik, dan pangan. Masalah Matriks: Intervensi matriks	Metode - Membandingkan atomisasi nyala (<i>flame</i>) vs tungku (<i>furnace</i>) untuk mengatasi limitasi deteksi. - Penggunaan <i>Ionization Suppressor</i> untuk mengatasi gangguan kimia pada matriks kompleks.

No	Identitas Jurnal	Sampel & Permasalahan Matriks (Kompleksitas)	Metode Peningkatan Kelarutan & Hasil Validasi
	Maharani, E. P., et al. (2024)	yang dikategorikan menjadi gangguan spektral (hamburan cahaya partikel tak larut) dan non-spektral (viskositas sampel) yang mempengaruhi atomisasi.	Hasil - Presisi metode SSA tervalidasi pada rentang 0,5% - 2% (<i>flame</i>) dan 0,5% - 5% (<i>furnace</i>). - Valid untuk analisis Zn & Hg pada krim kosmetik serta katalis logam pada obat.
3	<i>Analysis of Metal Copper Concentration at Candy using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i> Rahmawati, E., et al. (2015)	Sampel: Permen yang beredar di pasaran (5 merek: A, B, C, D, E). Masalah Matriks: Sampel memiliki matriks gula yang tinggi sehingga memerlukan metode destruksi yang tepat untuk memecah ikatan organik tanpa merusak analit.	Metode (Optimasi Destruksi Basah) - Membandingkan 3 variasi oksidator: HNO_3 Campuran $HNO_3:H_2SO_4$ (3: 1), dan $HNO_3:H_2SO_4:H_2O_2$ (6: 2: 1). - Oksidator terbaik: Campuran $HNO_3:H_2SO_4$ (3:1) terbukti paling efektif mendestruksi sampel permen. Hasil Analisis - Kadar Tembaga (Cu): 1,57-1,72 mg/kg⁶. - Kadar masih di bawah batas aman SNI.
4	<i>Evaluation of heavy metals in cosmetic products and their health risk assessment</i> Arshad, H., et al. (2020)	Sampel: 36 Merek produk kosmetik (<i>lotion, foundation, krim pemutih, lipstik, cat rambut, sunblock</i>). Masalah Matriks: Keragaman matriks dari emulsi cair (<i>lotion</i>) hingga padatan berbasis lilin (lipstik) yang mengandung pigmen anorganik pengganggu.	Metode (Destruksi Basah) - Pelarut: Campuran asam kuat ($HNO_3 : HClO_4$) dengan pemanasan. - Teknik: Destruksi total untuk membebaskan logam (Cd, Cr, Fe, Ni, Pb) dari matriks kosmetik. Hasil Analisis - AAS berhasil mendeteksi variasi kadar logam yang luas (misal: Fe paling tinggi pada <i>sunblock</i>). - Validasi: Metode terbukti sensitif untuk <i>Health Risk Assessment</i> (penilaian risiko kanker/non-kanker).
5	<i>Optimization of a GF-AAS method for lead testing in blood and urine: A useful tool in acute abdominal pain management in emergency</i> Tudosie, M. S., et al. (2021)	Sampel: Darah utuh (<i>whole blood</i>) dan urin. Masalah Matriks: Matriks biologis kompleks yang mengandung protein dan garam tinggi menyebabkan gangguan latar (<i>background interference</i>)	Metode (GF-AAS + Modifier) - Teknik: <i>Graphite Furnace</i> AAS (GFAAS) yang lebih sensitif daripada nyala api. - Preparasi: Pengenceran sampel dengan <i>Matrix Modifier</i> (0.2% HNO_3 + 0.5% Ammonium dihydrogen phosphate + 0.1% Triton X-100). - Tujuan <i>modifier</i>: Mencegah hilangnya analit saat proses pengabuan dan meminimalkan gangguan matriks.

No	Identitas Jurnal	Sampel & Permasalahan Matriks (Kompleksitas)	Metode Peningkatan Kelarutan & Hasil Validasi
		yang signifikan pada pengukuran kadar Timbal (Pb) level rendah.	Hasil Validasi - Akurasi: 92% - 104% (sangat baik). - Limit deteksi (LOD): 0.33 µg/L (darah) dan 0.11 µg/L (urin). - Metode valid untuk diagnosis keracunan timbal akut.
6	<i>Development and validation of atomic absorption spectrometry for the determination of zink and mercury...</i> Rohman, A. & Wijayanti, E. (2015)	Sampel: Sediaan krim kosmetik (krim pemutih). Masalah Matriks: Basis krim yang terdiri dari fase minyak dan air serta emulgator dapat mengganggu atomisasi logam Zink dan Merkuri jika tidak didestruksi dengan benar.	Metode (Validasi AAS) - Teknik: Destruksi basah diikuti pengukuran dengan Flame AAS (untuk Zn) dan <i>Mercury Analyzer</i> (untuk Hg). - Validasi: Menguji linearitas, LOD, LOQ, presisi, dan akurasi. Hasil Validasi - Linearitas (r): 0.99 (sangat baik) - LOD Zink: 2.86 µg/g % <i>recovery</i>: Masuk dalam rentang persyaratan validasi (sangat akurat).
7	<i>Determination of some heavy metals in cosmetic products collected from Benghazi-Libya markets</i> Rahil, S. Y., El-Turki, K. S., & El Sharaa, I. A. F. (2019)	Sampel: Produk kosmetik wajah (lipstik, <i>eyeliner</i> , dan <i>kohl</i> /celak) dari pasar lokal. Masalah Matriks: Sediaan kosmetik dekoratif memiliki basis lilin dan pigmen mineral (terutama pada <i>kohl</i> dan <i>eyeliner</i>) yang sangat padat dan sulit larut, sehingga berpotensi menahan pelepasan logam berat.	Metode (Destruksi Basah & FAAS) - Preparasi: Destruksi basah untuk mendegradasi matriks padat menjadi larutan jernih. - Instrumen: <i>Flame Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (FAAS). Hasil Analisis - Logam terdeteksi: Pb (hingga 20,25 mg/kg), Cd (hingga 125 mg/kg), dan Zn (hingga 22,75 mg/kg). - Metode FAAS efektif memonitor cemaran logam pada berbagai matriks kosmetik dekoratif.
8	<i>Iron determination in multivitamin tablets: Enhancing military nutritional preparedness based linear regression method</i> Prasojo, A. E., et al. (2023)	Sampel: Tablet multivitamin (suplemen penambah darah). Masalah Matriks: Logam Besi (Fe) terikat kuat dengan bahan pengisi tablet dan penyalut (<i>coating</i>) yang harus dipecah agar ion Fe terbebas sempurna ke dalam	Metode (Preparasi Asam & AAS) - Preparasi: Pelarutan tablet menggunakan asam dan pemanasan untuk destruksi matriks eksipien. - Instrumen: AAS pada panjang gelombang spesifik Fe. Hasil Analisis - Validasi: Metode regresi linear ($y = ax + b$) menunjukkan linearitas yang sangat baik (sensitivitas tinggi). - AAS valid untuk kontrol kualitas nutrisi

No	Identitas Jurnal	Sampel & Permasalahan Matriks (Kompleksitas)	Metode Peningkatan Kelarutan & Hasil Validasi
		larutan.	militer (tablet Fe).
9	<i>Iron and Zinc Determination in Dietary Supplements by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry</i> Aydinoglu, S. (2022)	Sampel: Berbagai sediaan suplemen diet (<i>dietary supplements</i>) yang mengandung Besi dan Zink. Masalah Matriks: Matriks suplemen sering kali mengandung campuran mineral oksida yang sukar larut jika hanya menggunakan pelarut asam biasa tanpa bantuan energi luar.	Metode (Perbandingan Destruksi) - Membandingkan 3 teknik: pelarutan asam langsung, destruksi basah, dan <i>Microwave Digestion</i>. - MW terbukti paling efektif karena tekanan dan suhu tinggi mempercepat destruksi matriks. Hasil Analisis - Linearitas (R^2): 0.9997 (sangat linear). % <i>recovery</i>: Paling tinggi dibanding metode lain, menjamin semua analit terukur. - LOD: 0.03 mg/L (Fe) dan 0.01 mg/L (Zn).
10	<i>Sample Preparation of Cosmetic Products for the Determination of Heavy Metals</i> Papadopoulos, A., et al. (2022)	Sampel: Berbagai matriks kosmetik yang sulit larut seperti krim (emulsi), lipstik (lilin), cat kuku (resin), dan bedak (silika). Masalah Matriks: Kandungan organik tinggi (lemak/minyak) dan refraktori anorganik (seperti TiO_2 atau silika) yang memerlukan strategi destruksi spesifik agar logam dapat dianalisis dengan AAS.	Metode (Perbandingan Teknik) Mengevaluasi efisiensi: Destruksi basah (asam kuat), destruksi kering (<i>dry ashing</i>), dan <i>Microwave Assisted Digestion</i>. Hasil - Kesimpulan utama: <i>Microwave Digestion</i> adalah metode paling unggul (<i>recovery</i> >95%, waktu cepat, minim kontaminasi) dibandingkan metode konvensional. - Validasi: Metode asam campuran ($HNO_3 + HF$) wajib digunakan jika sampel mengandung silika.
11	<i>Determination of Heavy Metals in Cosmetics Used in Bangalore Metropolitan City</i> Prakash, K. L. & Manjushree, M. S. (2019)	Sampel: Krim pemutih dan lipstik berbagai merek yang beredar di Bangalore. Masalah Matriks: Perbedaan sifat fisik antara krim (semisolid berbasis air minyak) dan lipstik (padatan lilin) menuntut proses destruksi yang mampu menghomogenkan	Metode (Destruksi Basah & F-AAS) - Preparasi: Destruksi sampel menggunakan campuran asam kuat ($HNO_3 + HClO_4$) hingga larutan jernih. - Instrumen: Flame-AAS untuk analisis Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Nikel (Ni). Hasil Analisis - Kadar Cu: 0.53-2.87 ppm. - Kadar Ni: 0.52-3.73 ppm. - Temuan unik: Besi (Fe) terdeteksi pada

No	Identitas Jurnal	Sampel & Permasalahan Matriks (Kompleksitas)	Metode Peningkatan Kelarutan & Hasil Validasi
		kedua jenis sampel tersebut agar bisa dihisap oleh nebulizer.	krim (hingga 4.48 ppm) tetapi <i>Below Detectable Level</i> (BDL) pada sampel lipstik.
12	<i>A Method Optimization Study for Atomic Absorption Spectrometric Determination of Nickel Content in Meclizine Hydrochloride</i> Gaddey, P. K. & Sundararajan, R. (2024)	Sampel: Meclizine Hydrochloride (bahan baku obat). Masalah Matriks: Resiko adanya cemaran katalis logam (Nikel) dari proses sintesis obat yang terikat dalam struktur kristal serbuk obat, memerlukan metode yang spesifik untuk mendeteksinya tanpa gangguan dari struktur organik obat.	Metode (Optimasi AAS) • Teknik: Pengukuran langsung dengan <i>Atomic Absorption Spectrometer</i> (AAS) pada panjang gelombang 232 nm. • Validasi: Optimasi parameter instrumen (waktu integrasi 5 detik) untuk sensitivitas maksimal. Hasil Analisis • Limit deteksi (LOD): 0.051 mg/L. • Limit kuantifikasi (LOQ): 0.15 mg/L. • % <i>recovery</i>: 96.5%-109.33% (sangat akurat). • Metode AAS valid untuk kontrol impuritas nikel pada industri farmasi.
13	<i>The evaluation of alternative method of ferrous ions assessment in pharmaceutical preparations</i> Lisik, A., et al. (2018)	Sampel: Sediaan Farmasi padat yang mengandung Ion Besi. Masalah Matriks: Pemantauan pelepasan zat aktif (profil disolusi) dari matriks tablet membutuhkan metode yang mampu mengukur peningkatan konsentrasi logam secara akurat seiring waktu dalam media pelarut.	Metode (Uji Disolusi & AAS) • Teknik: Uji disolusi sesuai standar Farmakope (suhu 37°C, media air murni). • Peran AAS: Digunakan sebagai metode referensi utama untuk mengukur kadar besi yang terlarut pada setiap titik waktu <i>sampling</i>. Hasil Analisis • Validasi: Kurva kalibrasi AAS menunjukkan linearitas yang sangat baik ($r^2 > 0.99$). • Data AAS digunakan sebagai patokan validitas karena akurasi yang tinggi dalam memonitor profil pelepasan obat.
14	<i>Analisis Kadar Timbal Pada Eyeliner dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)</i> Handayani, D., et al. (2022)	Sampel: 6 Sampel <i>eyeliner</i> (berbagai merek) yang beredar di Surabaya. Masalah Matriks: Sediaan <i>eyeliner</i> mengandung pigmen warna pekat (oksida besi/karbon) dan polimer pembentuk film (<i>film former</i>) yang sangat resisten	Metode (Destruksi Aqua Regia) • Preparasi: Destruksi basah menggunakan Aqua Regia (<i>Campuran HCl pekat + HNO₃ pekat perbandingan 3: 1</i>). • Alasan: Aqua regia adalah pelarut terkuat untuk melarutkan logam mulia dan matriks pigmen yang bandel. Hasil Analisis • Kadar Pb tertinggi: 180,1 ppm (sangat berbahaya, > batas 20 ppm). • Metode ini efektif membongkar matriks

No	Identitas Jurnal	Sampel & Permasalahan Matriks (Kompleksitas)	Metode Peningkatan Kelarutan & Hasil Validasi
		terhadap pelarut biasa, sehingga logam Timbal (Pb) terperangkap kuat di dalamnya.	polimer eyeliner.
15	<i>Analisis Kadar Logam Berat Dalam Kosmetik Dengan Metode AAS: Studi Kasus Pada Sediaan Krim Pemutih Wajah</i> Rahmawati, A. S. N., et al. (2024)	Sampel: Sediaan krim pemutih wajah yang beredar di pasaran. Masalah Matriks: Basis krim yang terdiri dari fase minyak dan air sering kali mengandung emulgator dan bahan aktif lain yang dapat menyebabkan gangguan latar (<i>background noise</i>) tinggi pada pembacaan instrumen.	Metode (AAS) - Preparasi: Destruksi basah untuk memecah emulsi krim. - Instrumen: <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS). Hasil Analisis Studi ini memperkuat data pengawasan mutu kosmetik nasional, memastikan produk bebas dari cemaran logam berat toksik (seperti Pb dan Hg) sesuai regulasi BPOM terbaru.
16	<i>Pengujian Logam Tembaga pada Produk Air Minum dalam Kemasan Secara Spektrofotometri Serapan Atom</i> Hidayah, H., et al. (2024)	Sampel: Produk Air Minum dalam Kemasan (AMDK) dari berbagai sumber. Masalah Matriks: Kandungan logam Tembaga (Cu) dalam air minum berada pada level kelumit (<i>trace level</i>) yang sangat rendah, sehingga memerlukan metode dengan limit deteksi yang sangat sensitif agar terukur akurat.	Metode (Studi Literatur SSA) Pendekatan: <i>Systematic Literature Review</i> (SLR) terhadap efektivitas metode SSA. Hasil Analisis - SSA terkonfirmasi sebagai metode paling valid dan presisi untuk analisis rutin kualitas air dibandingkan metode konvensional lainnya. - Monitoring kadar Cu menggunakan SSA menjamin keamanan konsumsi air minum sesuai standar SNI (maksimal 2 mg/L).
17	<i>Pengukuran Kualitas Air Limbah Sawit Berdasarkan Baku Mutu Air Limbah Menggunakan AAS</i> Rusdianto, Ivandi, S., Kusmita, T., & Apriliazmi, I. (2023)	Sampel: Air limbah industri kelapa sawit. Masalah Matriks: Matriks limbah sawit sangat kompleks karena mengandung sisa minyak, lemak, dan padatan tersuspensi tinggi yang dapat menyumbat alat jika preparasi tidak sempurna.	Metode (AAS Lingkungan) - Tujuan: Monitoring kadar logam berat Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) agar sesuai baku mutu lingkungan. - Instrumen: <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS). Hasil Analisis - Validasi: Metode AAS terbukti efektif memisahkan sinyal analit logam dari gangguan matriks organik limbah. - Kualitas limbah cair terukur akurat dan dapat dievaluasi kepatuhannya terhadap

No	Identitas Jurnal	Sampel & Permasalahan Matriks (Kompleksitas)	Metode Peningkatan Kelarutan & Hasil Validasi
			regulasi pemerintah.
18	<i>Penetapan Kadar Timah (Sn) pada Susu Kemasan Kaleng dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)</i> Purnama, R. C., Retnaningsih, A., & Putri, H. R. (2020)	Sampel: Susu Kental Manis (SKM) dalam kemasan kaleng. Masalah Matriks: SKM memiliki matriks organik yang sangat kental dan kompleks (tinggi gula, lemak, dan protein) yang dapat menyelubungi analit. Selain itu, ada risiko migrasi logam Timah (Sn) dari lapisan kaleng ke produk jika kaleng penyok/rusak.	Metode (Destruksi Basah) - Preparasi: Destruksi basah untuk mengoksidasi gula/lemak susu hingga jernih. - Variasi pelarut: Membandingkan efektivitas <i>HNO₃ pekat dan HCl pekat.</i> Hasil Analisis - Kadar Sn terukur: 43,25-52,88 mg/kg. - Meskipun terdeteksi adanya migrasi timah, kadarnya masih memenuhi batas aman SNI (maksimal 40 mg/kg atau 250 mg/kg tergantung jenis produk).
19	<i>Gambaran Kadar Pb (Timbal) dalam Urine pada Pekerja Peleburan Logam di Perkampungan Industri Kecil</i> Sari, L. P. (2020)	Sampel: Urin sewaktu dari pekerja industri peleburan logam. Masalah Matriks: Urin merupakan matriks biologis cair yang mengandung garam fosfat, urea, dan endapan organik lain yang dapat mengkristal atau menyebabkan <i>scattering</i> (hamburan cahaya) pada nyala api SSA jika tidak didestruksi dengan benar.	Metode (Biomonitoring SSA) - Tujuan: Mendeteksi ekskresi logam toksik Timbal (Pb) sebagai biomarker paparan kerja. - Teknik: Destruksi basah sampel urin dilanjutkan pengukuran absorbansi dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil Analisis SSA mampu mendeteksi keberadaan logam berat hasil metabolisme tubuh, memberikan data kuantitatif untuk evaluasi risiko keracunan kronis pada pekerja.
20	<i>Gambaran Kadar Timbal (Pb) dalam Darah Petugas Parkir Bank BUMN di Jombang sebelum dan setelah pemberian Vitamin C</i> Febiliony, A., Khanifah, F., & Mildiana, Y. E. (2025)	Sampel: Darah vena petugas parkir yang terpapar asap kendaraan bermotor. Masalah Matriks: Sampel darah memiliki viskositas tinggi dan kandungan protein (hemoglobin/albumin) serta zat besi organik yang dapat mengganggu sinyal absorbansi Timbal	Metode (Biomonitoring AAS) - Tujuan: Mengukur kadar Pb sebelum dan sesudah perlakuan (pemberian Vitamin C). - Instrumen: Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) digunakan sebagai metode standar untuk mengukur perubahan kadar logam berat dalam darah. Hasil Analisis SSA sensitif mendeteksi penurunan kadar Pb, membuktikan efektivitas metode analisis dalam memantau terapi khelasi/antioksidan.

No	Identitas Jurnal	Sampel & Permasalahan Matriks (Kompleksitas)	Metode Peningkatan Kelarutan & Hasil Validasi
		(Pb) jika tidak didestruksi sempurna menjadi larutan inorganik.	
21	<i>Penetapan Kadar Zink Pada Sediaan Farmasi dengan Metode Kompleksometri dan Spektrofotometri Serapan Atom</i> Bakhtra, D. D. A., Zulharmita, & Pramudita, V. (2017)	Sampel: 3 jenis tablet Zink (merek dagang dan generik) untuk pengobatan diare anak. Masalah Matriks: Tablet mengandung eksipien padat yang harus didestruksi sempurna agar ion Zink bebas dan bisa dibandingkan kadarnya antara metode konvensional (Titrasi) dan instrumen (SSA).	Metode (Komparasi Metode) - Preparasi: Destruksi basah menggunakan asam kuat ($HNO_3 + H_2SO_4$) hingga larutan jernih. - Tujuan: Membandingkan akurasi Titrasi Kompleksometri vs Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil Analisis - Kadar SSA: 3,64%-6,19%. - Validasi: Tidak ada perbedaan signifikan antara kedua metode, namun SSA lebih disukai untuk analisis <i>trace element</i> karena lebih cepat dan spesifik.

KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan literatur terhadap 21 artikel periode 2015–2025, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan aplikasi Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) sangat bergantung pada pemilihan metode preparasi sampel yang tepat guna mengatasi kompleksitas matriks. Teknik peningkatan kelarutan mulai dari destruksi basah konvensional, uji disolusi, hingga teknologi modern seperti Microwave Digestion, terbukti krusial dalam mendegradasi matriks organik dan menjamin pelepasan analit secara sempurna pada sampel farmasi, kosmetik, pangan, maupun biologis. Secara instrumental, metode SSA konsisten menunjukkan validitas, sensitivitas, dan akurasi yang tinggi, mengukuhkan posisinya sebagai metode standar emas yang handal dan tak tergantikan untuk penjaminan mutu produk serta pemantauan keamanan dari cemaran logam berat.

REFERENSI

- Arshad, H., Mehmood, M. Z., Shah, M. H., & Abbasi, A. M. (2020). Evaluation of heavy metals in cosmetic products and their health risk assessment. *Saudi Pharmaceutical Journal*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7335825/>
- Aydinoglu, S. (2022). Iron and zinc determination in dietary supplements by flame atomic absorption spectrophotometry. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. <https://revistas.usp.br/bjps/article/view/207694>
- Bakhtra, D. D., Zulharmita, & Pramudita, V. (2017). Penetapan Kadar Zink Pada Sediaan Farmasi Dengan Metode Kompleksometri dan Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Farmasi Higea*. <https://www.jurnalfarmasihigea.org/index.php/higea/article/view/129>
- Dewi, A. P., Kartini, S., & Islami, D. (2019). Analisa cemaran timbal pada lipstik cair menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA). *Journal of Pharmacy and Science*. https://www.researchgate.net/publication/335623510_Analisa_Cemaran_Timbal_Pada_Lipstik_Cair_Menggunakan_Spektrofotometri_Serapan_Atom_SSA
- Febiliony, A., Khanifah, F., & Mildiana, Y. E. (2025). Gambaran kadar timbal (Pb) dalam darah petugas parkir Bank BUMN di Jombang sebelum dan setelah pemberian Vitamin C. *Jurnal Sintesis: Penelitian Sains, Terapan dan Analisisnya*. <https://repository.itskesicme.ac.id/id/eprint/7607/>
- Gaddey, P. K., & Sundararajan, R. (2024). A method optimization study for atomic absorption spectrometric determination of nickel content in Meclizine Hydrochloride. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chem*. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3590332>

- Handayani, D., Fernanda, M. A., & Arifiyana, D. (2022). Analisis kadar timbal pada eyeliner dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). *Jurnal Komunitas Farmasi Nasional*. <https://jkfn.akfaryarsiptk.ac.id/index.php/jkfn/article/view/46>
- Hidayah, H., Valentina, D. P., Kurniawati, I., & Hamzah, R. (2024). Pengujian logam tembaga pada produk air minum dalam kemasan secara spektrofotometri serapan atom. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/7437>
- Kementerian Kesehatan RI. (2002). Farmakope Indonesia Edisi VI. *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*. <https://farmalkes.kemkes.go.id/unduh/farmakope-indonesia-edisi-vi/>
- Lisik, A., Prescha, A., Cavlaz, L. E., Grajeta, H., & Musial, W. (2018). The evaluation of alternative method of ferrous ions assessment in pharmaceutical preparations. *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29720768/>
- Maharani, E. P., Briliiana, H., Putri, E. H., Faraditta, F. S., & Az-zhaffirah, A. R. (2024). A comprehensive review on atomic absorption spectroscopy: Principles, techniques, and applications. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/7737>
- Papadopoulos, A., Assimomytis, N., & Varvaresou, A. (2022). Sample preparation of cosmetic products for the determination of heavy metals. *Cosmetics*. <https://www.mdpi.com/2079-9284/9/1/21>
- Prakash, K. L., & Manjushree, M. S. (2019). Determination of heavy metals in cosmetics used in Bangalore metropolitan city. *Haya: The Saudi Journal of Life Sciences*. https://saudijournals.com/media/articles/SJLS_49_298-302_c.pdf
- Prasojo, A. E., Sijabat, W. N., Anitasari, R., & Nurrosyid, N. (2023). Iron determination in multivitamin tablets: Enhancing military nutritional preparedness based linear regression method. *International Journal of Applied Mathematics, Sciences, and Technology for National Defense*. <https://journal.foundae.com/index.php/JAS-ND/article/view/165/134>
- Purnama, R. C., Retnaningsih, A., & Putri, H. R. (2020). Penetapan kadar timah (Sn) pada susu kemasan kaleng dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). *Jurnal Analis Farmasi*. <https://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/analisfarmasi/article/view/3979/0>
- Rahil, S. Y., El-Turki, K. S., & El Sharaa, I. A. (2019). Determination of some heavy metals in cosmetic products collected from Benghazi-Libya markets during 2016. *Libyan International Medical University Journal*. <https://doaj.org/article/bd7dd0febd594a37ab492c9d39f0cc3c>
- Rahmawati, A. S., Wicaksono, A. S., El Nisa', T. D., Latifah, M. T., & Hutahaean, P. M. (2024). Analisis kadar logam berat dalam kosmetik dengan metode AAS: Studi kasus pada sediaan krim pemutih wajah. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/7878>
- Rahmawati, E., Dewi, D. C., Fasya, A. G., & Fauziyah, B. (2015). Analysis of metal copper concentration at candy using atomic absorption spectrophotometry (AAS). *Alcherry*. <https://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/Kimia/article/view/3142>
- Rohman, A., & Wijayanti, E. (2015). Development and validation of atomic absorption spectrometry for the determination of zink and mercury analyzer for determination of mercury in cream cosmetics. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*. <https://core.ac.uk/download/pdf/304206347.pdf>
- Rusdianto, R., Ivandi, S., Kusmita, T., & Apriliazmi, I. (2023). Pengukuran kualitas air limbah sawit berdasarkan baku mutu air limbah menggunakan AAS. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*. <https://journal.ubb.ac.id/index.php/jrfi/article/view/3554>
- Safitri, E., & Irmawati. (2020). Mercury analysis of body lotion cosmetic using CVAAS method: Case study of distributed product in Banda Aceh. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. <https://ijfac.unsri.ac.id/index.php/ijfac/article/view/184>
- Sari, L. P. (2020). Gambaran kadar Pb (timbal) dalam urine pada pekerja peleburan logam di Perkampungan Industri Kecil (PIK). *Jurnal Laboratorium Medis*. <https://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/JLM/article/download/7828/pdf>
- Tudosie, M. S., Caragea, G., Popescu, D. M., Avram, O., Serban, D., Smarandache, C. G., Costea, D. O. (2021). Optimization of a GF-AAS method for lead testing in blood and urine: A useful tool in acute abdominal pain management in emergency. *Experimental and Therapeutic Medicine*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34345267/>