Greensphere:
Journal of Environmental Chemistry
ISSN: 2777-0664

Original Article

Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Merkuri (Hg) dalam limbah Menggunakan Reaksi Kation dan Spektrofotometri Serapan Atom

Mhd Annajmi Al Hadid[1], Khabibi[1]*, Dwita Srihapsari[2]

[1]Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang 50275

[2]Laboratorium Forensik Polda Jawa Tengah

**Corresponding author*: khabibi@live.undip.ac.id

Received: 10 Maret 2025 / Accepted: 09 Juni 2025
Available online: 13 Juni 2025

Abstrak

Pencemaran logam berat seperti timbal (Pb) dan merkuri (Hg) merupakan salah satu isu lingkungan serius di Indonesia karena sanget berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan keseimbangan ekosistem lingkungan. Limbah logam berat ini umumnya berasal dari sisa pengolahan industri serta aktivitas domestik lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar Pb dan Hg dalam sampel limbah menggunakan pendekatan kualitatif melalui reaksi kation dan kuantitatif dengan Spektrofotometri Serapan Atom-Nyala (SSA-Nyala), serta memvalidasi metode analisis yang digunakan. Sampel air yang digunakan diambil dari limbah dan tidak dikonsumsi, dengan dua sampel dilabeli sebagai A dan B. Validasi metode mencakup parameter linearitas, presisi (repitabilitas), batas deteksi (LOD), dan batas kuantitasi (LOQ). Hasil uji kualitatif terhadap Pb dan Hg menunjukkan logam Pb dan Hg tidak terdeteksinya karena sangat kecil kadarnya. Namun, analisis kuantitatif menghasilkan nilai koefisien korelasi linier yang sangat baik untuk kurva standar Pb dan Hg, masing-masing sebesar 0,9998 dan 0,9999. Nilai %RSD untuk Pb pada sampel A dan B adalah 0,613% dan 0,281%, sementara untuk Hg sebesar 5,7% dan 3,25%, yang seluruhnya berada di bawah setengah nilai CV Horwitz, sehingga presisi repitabilitas dapat diterima. Batas deteksi (LoD) dan kuantitasi (LoQ) Pb adalah 0,0516 ppm dan 0,172 ppm; Hg sebesar 0,0315 ppm dan 0,105 ppm. Konsentrasi Pb masing-masing sampel A dan B adalah sebesar 1,99 ppm dan 62,64 ppm, sedangkan Hg sebesar 0,982 ppm dan 0,955 ppm. Kadar logam total dalam semua sampel berada di atas batas deteksi dan kuantitasi sehingga pengukuran dilakukan pada ketelitian yang tinggi. Seluruh sampel melampaui ambang batas baku mutu dan dikategorikan tercemar. Penelitian menunjukkan bahwa metode analisis yang digunakan valid dan menghasilkan data yang reliabel.

Kata Kunci: Logam berat; Reaksi Kation; Spektrofotometri Serapan Atom-Nyala (SSA-Nyala); Linearitas; Presisi Repitabilitas; Batas Deteksi; Batas Kuantitasi

1. Pendahuluan

Pencemaran logam berat telah menjadi salah satu isu lingkungan yang paling mengkhawatirkan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Limbah logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan arsenik (As) sering kali ditemukan dalam limbah cair yang dihasilkan oleh industri, kegiatan pertambangan, dan aktivitas manusia lainnya. Logam berat ini bersifat toksik, non-biodegradable, dan dapat terakumulasi dalam tubuh organisme hidup, menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan manusia, seperti gangguan saraf, kerusakan organ dan bahkan kematian [1]. Selain itu, pencemaran logam berat juga mengancam keseimbangan ekosistem dan kualitas lingkungan hidup [2].

Dalam konteks penegakan hukum, analisis logam berat memiliki peran penting, terutama dalam membuktikan adanya pelanggaran terhadap undang-undang lingkungan. Sebagai contoh, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mengatur tentang kewajiban industri untuk mengelola limbahnya agar tidak mencemari lingkungan [3]. Laboratorium forensik memiliki tanggung jawab penting dalam mendukung proses penegakan hukum ini dengan menyediakan data ilmiah yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan terkait kandungan logam berat dalam limbah cair.

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) menjadi salah satu instrumen yang diandalkan untuk menganalisis logam berat dalam sampel limbah cair. Dengan kemampuan mendeteksi logam pada konsentrasi rendah ppm (part per million) hingga ppb (part per billion), SSA memberikan hasil yang presisi dan akurat, yang dapat dijadikan sebagai alat bukti ilmiah dalam proses hukum [4]. Data yang dihasilkan dari analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi sumber pencemaran, mengukur tingkat pencemaran, serta mendukung pengambilan keputusan dalam proses litigasi.

Penelitian ini menganalisis kandungan logam berat Pb dan Hg secara kualitatif melalui reaksi kation dan secara kuantitatif menggunakan spektrofotometri serapan atom-nyala. Data yang diperoleh juga menunjukkan seberapa efektif pengujian menggunakan spektrofotometri serapan atom dibandingkan dengan spektrofotometri serapan atom-uap dingin. Pengujian kuantitatif dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter, seperti linearitas, presisi, batas deteksi dan batas kuantitasi untuk memastikan bahwa metode yang digunakan valid dan data yang diperoleh dapat diandalkan. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan standar baku mutu untuk mengetahui apakah sampel air sudah tercemar logam Pb dan Hg.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan dua pendekatan, yakni secara kualitatif dengan penambahan reagen tertentu yang memicu reaksi kation dan secara kuantitatif dengan menggunakan instrumen spektrofotometer serapan atom-nyala.

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Gelas beker 100 mL, erlenmeyer 125 mL, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pipet tetes, pipet ukur 1mL; 50 mL, labu ukur 50 ml; 100 mL, erlenmeyer 250 mL, hot plate, Spektrofotometer Serapan Atom iCE 3000.

Bahan-bahan yang digunakan adalah Air A, air B, akuabides, larutan HNO_3 pekat 65%, larutan KI 10%, larutan HCl 4 N, larutan standar $Pb(NO_3)_2$ 100 ppm, larutan standar $Hg(NO_3)_2$ 100 ppm, larutan kontrol positif $Hg(NO_3)_2$, larutan kontrol positif $Pb(NO_3)_2$, dan larutan K_2CrO_4

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1 Uji Kualitatif Logam Timbal (Pb) dan Merkuri (Hg)

Sampel air A, air B, dan kontrol positif timbal (II) nitrat $Pb(NO_3)_2$ disiapkan terlebih dahulu. Setiap sampel dituang ke dalam gelas beker terpisah dan diberi label. Reagen yang digunakan antara lain larutan HCl 4 N, larutan kalium kromat (K_2CrO_4), dan larutan kalium iodida (KI) 10%. Sebanyak 1 mL larutan dari masing-masing sampel dan kontrol positif diambil dan dimasukkan ke dalam enam tabung reaksi berbeda. Untuk pengujian keberadaan logam timbal (Pb^{2+}), sebanyak tiga tetes larutan HCl 4 N ditambahkan ke tiga tabung reaksi. Jika terbentuk endapan, filtrat yang diperoleh dituang ke dalam tabung reaksi baru dan ditambahkan tiga tetes larutan K_2CrO_4, kemudian diamati perubahan yang terjadi. Sementara itu, untuk menguji keberadaan merkuri (Hg^{2+}), tiga tetes larutan KI 10% ditambahkan ke tiga tabung reaksi lainnya, dan diamati adanya perubahan warna atau endapan.

2.2.2 Uji Kuantitatif Logam Timbal (Pb) dan Merkuri (Hg)

Proses analisis dimulai dengan destruksi basah untuk menguraikan senyawa organik dalam sampel agar tidak memengaruhi hasil pengukuran menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom-nyala (SSA-Nyala) [5]. Sebanyak 50 mL sampel air A dan air B diambil menggunakan pipet ukur dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL. Selanjutnya, ditambahkan 1 mL asam nitrat (HNO_3) 65% ke dalam masing-masing erlenmeyer, kemudian dikocok ringan dan dipanaskan di atas pelat pemanas (hot plate) pada suhu 100 °C hingga volume larutan menyusut menjadi sekitar 20 mL. Larutan tersebut kemudian didinginkan dan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL, lalu diencerkan dengan akuabides hingga tanda batas. Larutan standar Pb 100 ppm disiapkan dengan mengencerkan 10 mL larutan stok Pb 1000 ppm ke dalam labu ukur 100 mL menggunakan akuades. Selanjutnya, larutan standar Pb 6 ppm dibuat dengan mengencerkan 3 mL larutan Pb 100 ppm ke dalam labu ukur 50 mL. Untuk larutan standar Hg 100 ppm, diukur 10 mL larutan stok Hg 1000 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL. Larutan blanko disiapkan dengan mencampurkan 1,7 mL HNO_3 65% dan akuades hingga 50 mL. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan SSA-Nyala dengan menggunakan gas asetilena, udara tekan, dan nitrous oksida (N_2O) sebagai bahan atomisasi. Instrumen bekerja secara otomatis, termasuk proses pengenceran dan pengambilan sampel. Setiap sampel diukur sebanyak tiga kali, dan perangkat akan menampilkan data rerata, % RSD, faktor pengenceran, dan konsentrasi. Pengukuran awal dilakukan pada larutan standar Pb dengan variasi konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, dan 6 ppm, serta larutan standar Hg dengan variasi 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm. Selanjutnya, absorbansi sampel diukur, dan konsentrasi masing-masing logam ditentukan berdasarkan persamaan garis hasil kurva standar. Kemudian dilakukan penghitungan parameter seperti linearitas, presisi, batas deteksi, dan batas kuantitasi untuk memastikan validitas data yang dihasilkan. Linearitas adalah konsep dan uji yang digunakan untuk menentukan apakah terdapat hubungan linier (garis lurus) yang signifikan antara variabel independen (bebas) dan variabel dependen (terikat) dalam suatu model regresi. Linearitas dapat digambarkan dengan persamaan

garis lurus $Y=b+aX$, di mana Y adalah variabel terikat, X adalah variabel bebas, b adalah *intercept* (nilai Y saat X=0), dan a adalah koefisien regresi yang menunjukkan kemiringan garis atau perubahan Y terhadap perubahan X. Adapun koefisien korelasi linier diperoleh dari persamaan:

$$r = \frac{\sum_i[(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})]}{\left\{[\sum_i(x_i-\bar{x})^2][\sum_i(y_i-\bar{y})^2]\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

kemudian untuk memperoleh persamaan garis menggunakan rumus berikut:

$$a = \frac{\sum_i[(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})]}{\sum_i(x_i-\bar{x})^2}$$

a diartikan sebagai *slope* atau kemiringan garis. Nilai b (*intercept*) dihitung menggunakan rumus berikut:

$$b=\bar{y}-a\bar{x}$$

Suatu kurva memiliki linearitas yang baik jika nilai koefisien korelasi regresi linier lebih dari atau sama dengan 0,995 [7].

Presisi diukur menggunakan nilai % RSD yakni singkatan dari *Relative Standard Deviation* atau dalam bahasa Indonesia disebut Simpangan Baku Relatif. %RSD merupakan ukuran statistik yang menunjukkan tingkat variasi atau penyebaran data terhadap nilai rata-rata (mean), dan dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai %RSD dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\%RSD=\frac{\sigma}{\bar{x}}\times 100\%$$

Dimana:
σ=deviasi standar
$\bar{x}$=rata-rata data
Adapun deviasi standar diperoleh dari persamaan:

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_i^N(x_i-\bar{x})^2}{N-1}}$$

Dimana: x_i=data ke-I, dan N=jumlah data
Selanjutnya dihitung koefisien variasi (CV Horwirtz) merupakan parameter yang digunakan dalam laboratorium uji untuk menilai presisi hasil pengujian analitik. CV Horwirtz didasarkan pada persamaan empiris yang menghubungkan variasi hasil uji dengan konsentrasi analit yang diuji. Parameter ini menjadi standar referensi dalam evaluasi kinerja laboratorium, validasi metode, dan uji profisiensi antar laboratorium [8]. CV Horwirtz dirumuskan sebagai:

$$\%\,CV = 2^{(1-0{,}5\times\log(C))}$$

Dimana:
CV=koefisien variansi horwirtz
C=konsentrasi zat dalam fraksi massa [9]
Suatu pengukuran dapat dinyatakan memiliki presisi repitabilitas yang dapat diterima jika nilai persen simpangan baku relatif (%RSD) ≤ 0,5 × CV Horwirtz [9].

Parameter batas deteksi dan batas kuantitasi digunakan untuk menentukan sejauh mana konsentrasi logam dapat dideteksi dan diukur secara kuantitatif dengan ketelitian yang tinggi. Jika suatu pengukuran melebihi nilai batas deteksi dan batas kuantitasi, maka data yang diperoleh dianggap andal [10]. Penghitungan batas deteksi menggunakan persamaan berikut:

$$LOD=\frac{3\times\sigma}{slope}$$

Selanjutnya, batas kuantitasi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$LOQ=\frac{10\times\sigma}{slope}$$

Dimana:
σ=deviasi standar
slope=kemiringan persamaan linear kurva

Setelah dihitung parameter-parameter uji, maka dihitung kadar total Pb dan Hg dalam sampel. Kadar total Pb dan Hg ditentukan berdasarkan persamaan garis yang diperoleh. Kadar total Pb dan Hg dirumuskan sebagai berikut:

$$C = x\times fp$$

Dimana:
C=kadar total
x=konsentrasi hasil substitusi
fp=faktor pengenceran.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji Kualitatif Logam Timbal (Pb dan Merkuri (Hg)

Pada uji kualitatif menggunakan reagen kimia, jika sampel mengandung Pb, maka penambahan HCl akan menghasilkan endapan $PbCl_2$ karena ion Pb^{2+} memiliki muatan yang lebih besar daripada ion H^+ pada HCl membentuk endapan putih $PbCl_2$ berdasarkan reaksi:

$$Pb^{2+}_{(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)} + 2H^+_{(aq)}$$

Untuk uji konfirmasi, filtrat diambil dan dituang ke dalam tabung reaksi baru. Kemudian, ditambahkan K_2CrO_4. Jika terbentuk endapan kuning $PbCrO_4$, maka keberadaan Pb dapat dikonfirmasi dalam bentuk ion Pb^{2+} melalui reaksi: melalui reaksi:

$$Pb^{2+}_{(aq)} + K_2CrO_{4(aq)} \rightarrow PbCrO_{4(s)} + 2K^+_{(aq)}$$

Sementara itu, jika sampel mengandung ion Hg, maka penambahan larutan KI akan membentuk endapan merah bata yang disebabkan ion Hg^{2+} akan bereaksi dengan ion iodida (I^-) membentuk HgI_2 dan hasil kali ion-ion ini sudah melampaui harga Ksp HgI_2 melalui reaksi:

$$Hg^{2+}_{(aq)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow HgI_{2(s)} + 2K^+_{(aq)}$$

Pengujian menggunakan reagen spesifik menunjukkan hasil negatif untuk logam Pb dan Hg pada kedua sampel. Hasil ini kemungkinan disebabkan oleh kadar logam yang terlalu rendah dalam sampel, sehingga hasil kali ion-ionnya tidak melebihi nilai kelarutan (Ksp) dari senyawa yang diharapkan mengendap ($PbCl_2$ sebesar ≈

$1{,}6 \times 10^{-5}$dan $PbCrO_4$ sebesar $\approx 1{,}8 \times 10^{-14}$ serta HgI_2 sebesar $\approx 4{,}5 \times 10^{-29}$) [12]. Selain itu, pembentukan endapan dapat terganggu oleh kandungan senyawa organik besar, seperti asam humat, yang lazim ditemukan dalam tanah. Asam ini memiliki gugus karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH) yang mampu membentuk kompleks kelat [13]. Kelat yang terbentuk oleh asam humat ini sangat stabil dan dapat meningkatkan kelarutan logam di dalam tanah atau air, sehingga logam tidak mudah mengendap [13]. Adapun hasil pengujian kualitatif ini disajikan pada tabel di bawah berikut:

Tabel 1 Hasil Pengukuran Absorbansi Logam Pb

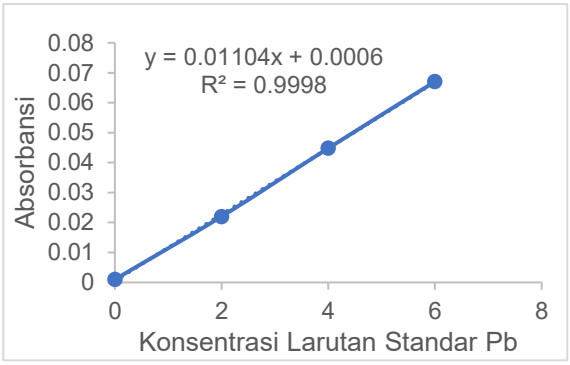
Logam Pb		Hasil
Reagen	Sampel/ kontrol	
HCl 4N	Air A	Bening (-)
	Air B	Bening (-)
	$Pb(NO_3)_2$	Larutan bening dan terbentuk endapan putih (+)
K_2CrO_4	Air A	Kuning cerah (-)
	Air B	Kuning cerah (-)
	$Pb(NO_3)_2$	Larutan kuning dan terbentuk endapan kuning (+)

Tabel 1 Hasil Pengukuran Absorbansi Logam Pb

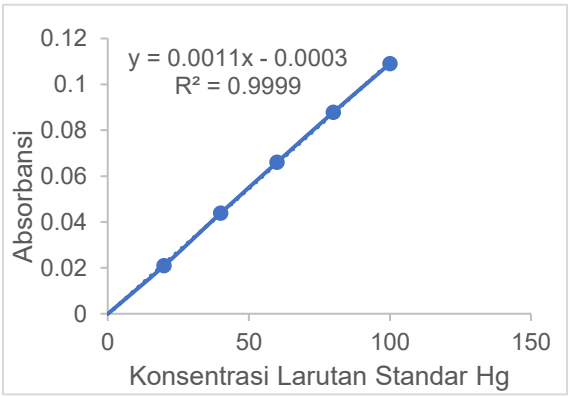
Logam Hg		Hasil
Reagen	Sampel/kontrol	
KI 10%	Air A	Kuning pudar (-)
	Air B	Kuning pudar (-)
	$Hg(NO_3)_2$	Larutan keruh dan terbentuk endapan kuning (+)

3.2. Uji Kuantitatif Logam Timbal (Pb) dan Merkuri (Hg)

Hasil pengujian linearitas menunjukkan bahwa koefisien korelasi linier untuk logam Pb dan Hg masing-masing sebesar 0,9998 dan 0,9999. Nilai ini telah melampaui batas minimum koefisien korelasi regresi linier, yaitu 0,995, sehingga menunjukkan hubungan yang kuat antara variabel bebas (konsentrasi) dan variabel terikat (absorbansi) [7]. Persamaan garis regresi untuk larutan standar Pb adalah $y = 0{,}01104x + 0{,}0006$, sedangkan untuk Hg adalah $y = 0{,}0011x + 0{,}0003$. Grafik larutan standar logam Pb disajikan pada gambar 1, sedangkan grafik larutan standar logam Hg disajikan pada gambar 2.



Gambar 1 Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Standar Pb vs Absorbansi



Gambar 2 Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Standar Hg vs Absorbansi

Tabel 3 Nilai koefisien korelasi linier dan persamaan garis regresi logam Pb dan Hg

Logam	Persamaan regresi linier	Koefisien korelasi linier
Pb	y=0,01104x+0,0006	0,9998
Hg	y=0,0011x-0,0003	0,9999

Presisi yang dihitung dalam penelitian ini adalah repitabilitas. Repitabilitas merupakan salah satu parameter presisi yang dilakukan oleh analis yang sama, dengan sampel, kondisi, waktu, dan laboratorium yang seragam [9]. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai *Relative Standard Deviation* (%RSD) untuk logam Pb pada sampel air A dan B masing-masing sebesar 0,613% dan 0,281%. Untuk logam Hg, %RSD masing-masing sampel adalah 5,7% dan 3,25%. Keempat data tersebut menunjukkan bahwa nilai %RSD lebih kecil dari nilai CV Horwitz, sehingga dapat disimpulkan bahwa presisi repitabilitas metode analisis ini dapat diterima [14].

Tabel 4 Nilai Presisi Repitabiltas Logam Pb dan Hg

Sampel	Hasil (ppm)	%RSD	0,5 CV Horwirtz
Pb (A)	1,979	0,613	7,213
	1,987		
	2,003		
Pb (B)	1,563	0,281	4,29
	1,564		
	1,571		
Hg (A)	0,936	5,76	8,022
	1,045		
	0,964		
Hg (B)	0,936	3,33	8,056
	0,991		
	0,936		

Pada parameter batas deteksi dan batas kuantitasi ditentukan menggunakan pengukuran pada masing-masing larutan blanko logam dengan replikasi sebanyak tiga kali. Adapun data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 5 Nilai Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi Logam Pb dan Hg

Logam	Hasil pengukuran (abs)	Batas deteksi (ppm)	Batas kuantitasi (ppm)
Pb	0,0008	0,0516	0,172
	0,00117		
	0,00106		
Hg	0,0	0,0315	0,105
	0,0		
	0,00002		

Terakhir, penentuan kadar total logam pada setiap sampel dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*) menggunakan persamaan garis regresi linier, kemudian hasilnya dikalikan dengan faktor pengenceran. Setelah perhitungan dilakukan, diperoleh kadar total logam Pb dan Hg pada semua sampel sebagai berikut:berikut:

Tabel 6 Hasil Kadar Logam Total Logam Pb dan Hg Pada Sampel Limbah

Logam	Konsentrasi rata-rata(ppm)	Faktor pegenceran	Kadar total (ppm)
Pb	1,99	1,0	1,99
	1,566	60,0	62,64
Hg	0,982	1,0	0,982
	0,955	1,0	0,955

Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan Tabel 5. Hasil pengukuran kadar logam Pb dan Hg menunjukkan bahwa nilainya berada di atas batas deteksi dan batas kuantitasi. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengukuran yang digunakan mampu menghasilkan data yang akurat dengan ketelitian instrumen yang tinggi [9].

Berdasarkan data pada Tabel 6, konsentrasi logam Pb pada kedua sampel melebihi ambang batas yang diperbolehkan (> 1 ppm), sehingga kedua sampel dikategorikan telah tercemar logam berat Pb [15]. Hal serupa juga terjadi pada logam Hg, di mana kadar yang terdeteksi berada di atas ambang batas yang ditetapkan (> 0,005 ppm), sehingga kedua sampel dikategorikan tercemar logam berat Hg [15].

Namun, karena merkuri memiliki volatilitas yang tinggi, sebagian atom dapat menguap dan membentuk spesi lain sebelum atau selama proses penguapan berlangsung [16]. Ini Hal ini menunjukkan bahwa proses atomisasi menggunakan SSA-Nyala kurang sesuai untuk analisis logam yang mudah menguap, seperti merkuri, karena metode ini dilakukan pada suhu yang sangat tinggi [17]. Selain itu, atomisasi dengan SSA-Nyala memerlukan konsentrasi sampel yang lebih tinggi karena sebagian atom mungkin tidak terbentuk secara efisien atau hilang selama proses penguapan. Untuk logam dengan volatilitas tinggi, metode SSA-Uap Dingin lebih sesuai. Metode ini memanfaatkan proses reduksi logam menjadi bentuk atom, yang kemudian diuapkan pada suhu kamar dan dianalisis berdasarkan penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu [16]

4. Kesimpulan

Lapisan Semikonduktor Sn–ZnO /FTO sebagai Analisis kandungan logam Pb dan Hg pada sampel air A dan B dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Uji kualitatif menunjukkan hasil negatif pada seluruh sampel. Hasil uji kuantitatif menggunakan instrumen SSA-Nyala menunjukkan bahwa metode yang digunakan memiliki linearitas sangat baik, dengan nilai koefisien korelasi masing-masing sebesar 0,9998 untuk Pb dan 0,9999 untuk Hg. Uji presisi repitabilitas menunjukkan bahwa seluruh data memiliki nilai %RSD ≤ 0,5 CV Horwitz, sehingga memenuhi kriteria ketelitian. Nilai batas deteksi dan batas kuantitasi untuk Pb adalah 0,0516 ppm dan 0,172 ppm, sedangkan untuk Hg adalah 0,0315 ppm dan 0,105 ppm. Kadar logam total Pb dan Hg pada sampel A dan B berada di atas batas deteksi dan kuantitasi, menunjukkan bahwa data yang diperoleh terukur dengan baik dan dapat diandalkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar logam berat pada seluruh sampel melebihi ambang batas yang diperbolehkan, sehingga sampel tergolong tercemar dan berbahaya. Namun demikian, karena sifat volatilitas Hg yang tinggi, metode SSA-Nyala kurang tepat digunakan untuk analisis Hg. Oleh karena itu, disarankan penggunaan metode SSA-Uap Dingin (Cold Vapor-SSA) yang memiliki sensitivitas lebih tinggi dan dapat meminimalkan kehilangan Hg selama proses analisis

Daftar Pustaka

[1] E. Suryani dan S. Ritung, "Tanah-tanah Dari Batuan Ultrabasik di Sulawesi: Kandungan Logam Berat dan Arahan Pengelolaan untuk Pertanian," *Jurnal Tanah dan Iklim*, 2020, [Daring]. Tersedia pada: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:105756071

[2] A. Wulandari, and K. Khabibi, "Pengaruh Penambahan ZnO pada Kitosan Bead sebagai Adsorben Pencemar Ion Logam Berat Pb (II)I)," Greensphere: Journal of Environmental Chemistry, vol. 3, no. 1, pp. 9 - 13, May. 2023. https://doi.org/10.14710/gjec.2023.19263

[3] Kepolisian Negara Republik Indonesia, "Pedoman Administrasi Pelaporan Kekuatan Pegawai Negeri Pada POLRI," 2009.

[4] K. O. Omeje *dkk.*, "Quantification of Heavy Metals and Pesticide Residues in Widely Consumed Nigerian Food Crops Using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) and Gas Chromatography (GC)," *Toxins (Basel)*, vol. 13, 2021, [Daring]. Tersedia pada: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245038564

[5] F. S. Romadani, "Perbandingan Kadar Timbal (Pb) Dalam Urin Metode AAS Menggunakan Destruksi Basah Terbuka Dan Tertutup Dengan Variasi Zat Pengoksidasi," *Analis Kesehatan Sains*, 2023, [Daring]. Tersedia pada: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:264938847

[6] J. N. Miller dan J. C. Miller, "Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry Sixth edition," 2010. [Daring]. Tersedia pada: www.pearsoned.co.uk/Miller

[7] BSN, "Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA)-nyala," Jakarta, 2019. [Daring]. Tersedia pada: www.bse.ca.`hwww.bse.ca

[8] C. Rivera dan R. Rodríguez, "Horwirtz Equation As Quality Benchmark In ISO/IEC 17025 Testing Laboratory," Las Granjas, 2011.

[9] N. L. G. R. Juliasih, D. Hidayat, P. Pirdaus, dan R. Rinawati, "Verification of the Determination Method of Dissolved Metal Content using ICP-OES and Its Application for River Water in Bandar Lampung City," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 24, no. 1, hlm. 29–36, Feb 2021, doi: 10.14710/jksa.24.1.29-36.

[10] M. Pratiwi dan M. I. Syawal, "Verifikasi Logam Berat K (Kalium) dengan Metode Flame Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)," *Asian Journal of Science, Technology, Engineering, and Art*, vol. 1, no. 2, hlm. 229–242, Okt 2023, doi: 10.58578/ajstea.v1i2.2001.

[11] A. A. Zain dan Y. Malik, "Verifikasi Metode Menggunakan Atomic Absorbtion Spectro-photometer (AAS) Analisis Kadar Natrium (Na) Dalam Bijih Nikel," *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 26, no. 3, hlm. 284, Des 2024, doi: 10.56064/jps.v26i3.1052.

[12] A. I. Vogel, *Vogel's Textbook Of Macro And Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*, 5 ed. New York, 1979.

[13] D. P. Ariyanto, "Ikatan Antara Asam Organik Tanah dengan Logam i," Surakarta, 2009.

[14] Y. Malik, "Akurasi dan Presisi Analisis Kadar Nikel (Ni) pada Sampel Nikel Laterit Menggunakan X-Ray Fluorescence Spectometry (XRF)," *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, vol. 12, 2023, [Daring]. Tersedia pada: http://sains.uho.ac.id/index.php/journal

[15] Kementrian Lingkungan Hidup, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014," Jakarta, 2014. [Daring]. Tersedia pada: www.pelatihanlingkungan.com

[16] Y. Erlina, "Analisis Kandungan Logam-logam Cd, Cu, dan Pb Pada Perairan Sekitar Kawasan Industri Cilacap," Yogyakarta, 2003.

[17] A. S. Panggabean dan S. P. Pasaribu, "Analysis Of Mercury (Hg) Levels In River Water Using Cold Vapor-Atomic Absorption Spectrophotometry (CV-AAS) Method," Samarinda, 2022.