

PENGARUH JUMLAH STANDAR DAN NILAI KONSENTRASI STANDAR LOGAM TERHADAP INTERFERENSI DAN LINEARITAS KURVA STANDAR PENGUKURAN KADAR LOGAM MENGGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA-OPTICAL EMISSION SPECTROSCOPY*

(Effect of Standard Amount and Metal Standard Concentration Values on Interference and Linearity of Standard Curve of Metal Level Measurement Using Inductively Mounted Plasma-Optical Emission Spectroscopy)

¹ATEP DIAN SUPARDAN

¹Program Studi Analisis Kimia, Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor,
Jl. Kumpang No 14 Bogor 16151

E-mail : adsnadsn@gmail.com, atep.dian@apps.ipb.ac.id

Diterima : 8 Maret 2023/Disetujui : 11 April 2023

ABSTRACT

Analysis of metal levels using ICP-OES can be done using many metal standards in one measurement. However, during the measurement, disturbances often occur such as the use of nitric acid as a metal solvent and the interference of adjacent emission wavelengths. In this study, background values were measured due to the use of 2% and 5% nitric acid, calibration curve measurements, and measurement linearity due to the use of the number of metals that can be analyzed in one measurement (13 and 23 metal standards) and metal standard concentration values (2, 3 and 7 metal standard concentration values). Based on the research, 2% nitric acid produces a lower background value than 5% nitric acid so it is good to be used as a solvent for metal standards. The mixture of metal standards with 3 concentration values, namely 50, 100 and 150ppb with 13 different metal standards, produces a linearity value that meets the rules of standard curve measurement, namely > 0.999.

Keyword: ICP-OES, interference, linearity, metals, metal standards

ABSTRAK

Analisis kadar logam menggunakan ICP-OES dapat dilakukan menggunakan banyak standar logam dalam satu kali pengukuran. Namun pada saat pengukurannya sering kali terjadi gangguan akibat penggunaan asam nitrat sebagai pelarut logam dan interferensi panjang gelombang emisi yang berdekatan pada saat pengukuran. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran nilai *background* akibat penggunaan asam nitrat 2% dan 5%, pengukuran kurva kalibrasi dan linearitas pengukuran akibat penggunaan jumlah logam yang dapat dianalisis dalam satu kali pengukuran (13 dan 23 standar logam) dan nilai konsentrasi standar logam (2, 3 dan 7 nilai konsentrasi standar logam). Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa asam nitrat 2% menghasilkan nilai *background* yang lebih rendah dibandingkan asam nitrat 5% sehingga baik digunakan sebagai pelarut standar logam. Campuran standar logam dengan 3 nilai konsentrasi yaitu 50, 100 dan

150ppb dengan 13 buah standar logam yang berbeda, menghasilkan nilai linearitas yang memenuhi kaidah pengukuran kurva standar yaitu > 0.999 .

Kata kunci: ICP-OES, interferensi, linearitas, logam, standar logam

PENDAHULUAN

Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) merupakan teknik analisis cepat dan akurat yang digunakan untuk menentukan kadar multi-elemen dalam sampel menggunakan sumber plasma. ICP-OES memiliki keunggulan dibandingkan dengan instrumen sejenis yang biasanya digunakan untuk mengukur logam seperti *atomic absorption spectrometry*, *atomic emission spectrometry* dan *atomic fluorescence spectrometry* yaitu memiliki batas deteksi yang rendah dengan sensitifitas yang tinggi (Yoda *et al.* 2021). Keunggulan lain ICP-OES adalah dapat mengukur 60 logam dalam sampel tunggal dalam waktu kurang dari satu menit secara bersamaan dengan rentang konsentrasi sampel yang luas mulai ppm hingga ppt (Kuptsov *et al.* 2021). Pada ICP-OES larutan sampel dimasukkan melalui aspirator kemudian diubah menjadi aerosol oleh *nebulizer*. Gas argon digunakan beserta arus listrik bertegangan tinggi untuk membentuk plasma yang memiliki kerapatan elektron yang tinggi dan bertemperatur tinggi, akibatnya elektron pada atom logam akan mengalami eksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi yang kondisinya tidak stabil (Galay *et al.* 2021). Elektron tersebut akan kembali ke keadaan dasar dengan memancarkan radiasi elektromagnetik pada spektrum panjang gelombang rentang ultraviolet atau spektrum cahaya tampak yang intensitasnya akan berbanding lurus dengan konsentrasi logam dalam sampel (Olano & Montero 2020). Terdapat dua tipe dasar pengoperasian ICP-OES yaitu secara berurutan dan simultan. Instrumen ICP-OES bekerja secara berurutan berarti mengukur sampel menggunakan panjang gelombang satu per satu, sedangkan instrumen ICP-OES secara simultan mengukur lebih dari satu panjang gelombang pada waktu yang sama (Kreitels & Watling 2014).

Pada instrumen ICP-OES terdapat gas argon yang digunakan untuk membentuk plasma yang menghasilkan suhu 8.000–10.000K. Pada suhu tersebut maka satu buah logam yang dianalisis secara simultan akan mengalami eksitasi yang jauh lebih banyak dibandingkan pada instrumen spektrofotometer serapan atom yang suhunya jauh lebih rendah (Okada & Kijima 2002). Pada ICP-OES, pengukuran sampel tunggal dapat dilakukan hingga 60 unsur sehingga garis emisi yang dihasilkan dalam satu kali pengukuran sangat banyak dan dapat mengakibatkan tumpang tindih spektrum garis emisi (Simkin & Grimberg 2002). Pada ICP-OES hanya dibutuhkan satu panjang gelombang emisi dari tiap logam dalam pengukuran yang sama, panjang gelombang emisi ini dipilih dari lebih dari 50.000 ribu garis emisi yang dihasilkan oleh tiap logam (Patil *et al.* 2022). Oleh karena itu, pengukuran logam menggunakan ICP-OES harus mempertimbangkan jumlah logam yang diukur agar tumpang tindih garis emisi yang terjadi selama pengukuran dapat dihindari (Chague-Goff & Wong 2013). Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penggunaan asam nitrat 2% dan 5% terhadap nilai *background* pengukuran ICP-OES dan tumpang tindih spektrum garis emisi akibat pengukuran campuran standar logam (13 dan 23 buah) dan konsentrasi logam (2,

3 dan 7 konsentrasi) yang diukur menggunakan ICP-OES terhadap kestabilan pengukuran kadar logam secara simultan dilihat dari persamaan garis dan linearitas standar logam. Suatu pengukuran dapat diterima dan digunakan datanya apabila menghasilkan kurva standar dan persamaan garis dengan nilai linearitas lebih besar dari 0.999.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) *IRIS Intrepid II XDL* (Thermo Electron), timbangan analitik, gelas ukur, pipet volumetri, pipet Mohr, gelas piala, penangas listrik, corong, batang pengaduk, spatula, mortar, alu, labu takar, dan erlenmeyer.

Bahan yang digunakan ialah larutan standar Perak (Ag), Aluminium (Al), Boron (B), Barium (Ba), Bismut (Bi), Kalsium (Ca), Kadmium (Cd), Kobal (Co), Kromium (Cr), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Galium (Ga), Indium (In), Kalium (K), Litium (Li), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Natrium (Na), Nikel (Ni), Timbal (Pb), Stronsium (Sr), Thalium (Tl), dan Zink (Zn) dengan konsentrasi 1000 ppm, asam nitrat 5% dan 2%(v/v), asam perklorat (Merck), aquabides bebas logam, dan kertas saring *Whatman* No 42.

Metode

Pengaruh Asam Nitrat 2% dan 5% terhadap nilai *background* pengukuran ICP-OES

Disiapkan larutan asam nitrat dengan konsentrasi 2% dan 5% kemudian masing-masing larutan dialirkan ke dalam alat ICP-OES melalui aspirator dan diamati dan dicatat nilai serapan *background* pengukurannya.

Pembuatan larutan kerja campuran standar 13 dan 23 logam

Disiapkan larutan standar yang mengandung 23 buah logam yaitu logam Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Tl, dan Zn. Sedangkan larutan standar yang mengandung 13 buah logam yaitu B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Sn dan Zn. Masing-masing larutan standar logam diambil sebanyak 5 mL lalu diencerkan ke dalam labu takar 500 mL. Asam nitrat pekat ditambahkan lalu ditera dengan aquabides sehingga didapatkan larutan induk campuran standar logam dengan konsentrasi 10.000ppb. Larutan kerja dibuat dengan mengencerkan larutan induk menjadi larutan dengan konsentrasi 0, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppb lalu ke dalam masing-masing labu takar ditambahkan asam nitrat pekat dan ditera dengan aquabides.

Pengukuran Kurva kalibrasi (SNI 8910: 2021)

Campuran standar Logam, baik yang 13 dan 23 buah logam diukur menggunakan ICP-OES dengan kondisi pengukuran instrumen ICP-OES sebagai berikut nilai *RF power* = 1350watts, *Nebulizer Rate* = 0.67lpm, *Pump Rate* = 120rpm dan *Aux Flow* = 0.50lpm. Selanjutnya secara berurutan diaspirasikan larutan campuran logam mulai konsentrasi 0, 50, 100, 150, 200, 250 dan 300ppb

ke dalam Instrumen ICP-OES melalui aspirator pada panjang gelombang maksimum masing-masing logam sebagai berikut (Tabel 1)

Tabel 1 Panjang gelombang emisi pengukuran logam menggunakan ICP-OES

No	Logam	λ emisi (nm)	No	Logam	λ emisi (nm)
1	Perak (Ag)	328.068	14	Kalium (K)	766.491
2	Alumunium (Al)	167.081	15	Litium (Li)	670.784
3	Boron (B)	249.773	16	Magnesium (Mg)	279.553
4	Barium (Ba)	455.403	17	Mangan (Mn)	257.610
5	Bismut (Bi)	223.061	18	Natrium (Na)	588.995
6	Kalsium (Ca)	393.366	19	Nikel (Ni)	221.647
7	Kadmium (Cd)	228.802	20	Timbal (Pb)	220.353
8	Kobal (Co)	228.616	21	Stronsium (Sr)	407.771
9	Krom (Cr)	283.563	22	Selenium (Se)	196.090
10	Tembaga (Cu)	324.754	23	Timah (Sn)	189.989
11	Besi (Fe)	259.940	24	Talium (Tl)	190.864
12	Galium (Ga)	294.364	25	Zink (Zn)	213.856
13	Indium (In)	230.606			

Serapan setiap larutan standar logam kemudian dicatat dan digunakan untuk membuat kurva standar, menghitung persamaan garis dan nilai linearitasnya. Berdasarkan persamaan garis dan nilai linearitasnya kemudian ditentukan pengaruh tumpang tindih spektrum garis emisi akibat pengukuran campuran standar logam (13 dan 23 buah) dan konsentrasi logam (2, 3 dan 7 konsentrasi) yang diukur menggunakan instrumen ICP-OES. Hasil pengukuran diterima apabila nilai linearitas dari kurva standar yang dibuat > 0.999.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penggunaan asam Nitrat 2% dan 5% sebagai pelarut standar logam terhadap *background* pengukuran instrumen ICP-OES

Campuran standar yang diukur menggunakan ICP-OES dibuat dengan mengencerkan larutan induk standar logam 10.000ppb menjadi konsentrasi 0, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300ppb menggunakan asam nitrat. Penggunaan asam nitrat 5% untuk pengenceran campuran standar logam dapat menyebabkan matriks sampel atau standar logam mempengaruhi intensitas garis emisi dari logam yang diukur (Yoda *et al.* 2021). Asam nitrat ditambahkan untuk membebaskan logam dari senyawa atau molekul yang mengikatnya dalam sampel dengan cara melarutkannya dalam bentuk ion atau atom bebasnya. Asam nitrat juga digunakan untuk membuat suasana asam sehingga dapat mencegah reaksi antara ion logam (M^{n+}) dengan ion hidroksida (OH^{-}) membentuk logam hidroksida (MOH) yang dapat mengendap. Endapan MOH dapat merusak alat karena dapat menyumbat pipa aspirator sehingga logam yang seharusnya terukur menjadi berkurang karena terbuang dan mengakibatkan pengukuran menjadi salah (SNI 8910: 2021). Terdapat 2 nilai konsentrasi asam nitrat yang diujikan yaitu asam nitrat 2 dan 5%. Secara umum ke-2 konsentrasi asam ini dapat dengan baik

melarutkan campuran standar logam, namun perbedaan konsentrasi keduanya memberikan nilai *background* yang berbeda, seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 hasil pengukuran serapan *background* ICP-OES menggunakan larutan asam nitrat 2 dan asam nitrat 5%

Ulangan	Serapan <i>background</i> ICP-OES	
	Asam Nitrat 2%	Asam Nitrat 5%
1	0.0002	0.0008
2	0.0001	0.0009
3	0.0002	0.0008
4	0.0001	0.0009
5	0.0001	0.0007
6	0.0002	0.0009
7	0.0002	0.0009
Rerata	0.0002	0.0008

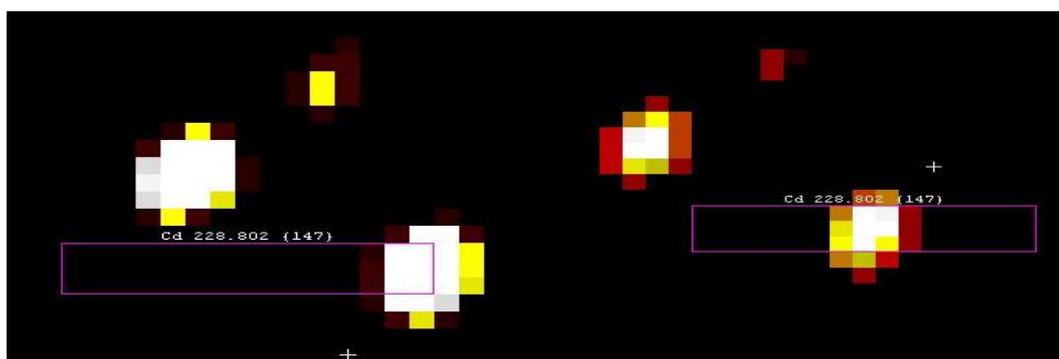
Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa pemakaian asam nitrat 5% menghasilkan nilai serapan *background* hampir 4 kali lipat lebih tinggi dari pada asam nitrat 2% (Olano & Montero 2020). Serapan *background* asam nitrat 5% yang tinggi sebagai pelarut standar logam akan mengurangi serapan standar logam saat pengukuran (Chague-Goff & Wong 2013). Asam nitrat 5% konsentrasinya terlalu tinggi juga dapat merusak kaca torch dan bagian penerima ion dari plasma yang berdekatan dengan torch mengalami penggosongan akibat terlalu sering terkena asam nitrat 5% (Ping *et al.* 2022). Pipa bagian masuk dan keluarnya sampel pada ICP-ES menjadi lebih cepat menguning akibat banyak zat terlarutkan dalam asam nitrat 5%, sehingga zat yang terlarut dalam larutan contoh dan standar menjadi kotoran dan menempel pada dinding pipa (Okada & Kijima 2002). Berdasarkan hal tersebut konsentrasi asam nitrat pengencer campuran standar logam digunakan yang konsentrasi 2% karena lebih aman untuk ICP-OES, namun masih efektif untuk melarutkan logam dalam larutan sampel dan standar (Kuptsov *et al.* 2021).

Mapping Pixel (garis emisi) dan Interferensi garis emisi logam

Setiap garis emisi yang dihasilkan saat pengukuran standar logam menggunakan ICP-OES akan mempunyai nilai panjang gelombang emisi yang khas. Sebuah atom logam dapat menghasilkan lebih dari 50.000 buah garis emisi. Apabila pengukuran multi-elemen dalam campuran standar dilakukan secara bersamaan dalam jumlah yang banyak maka garis emisi yang dihasilkan akan jauh lebih banyak lagi dan kemungkinan terjadinya interferensi garis emisi satu sama lain menjadi sangat tinggi (Patil *et al.* 2022). Garis emisi yang tidak menjadi ciri khas pengukuran dan tidak dipilih sebagai panjang gelombang emisi suatu logam akan sangat melimpah akibat plasma menyediakan suhu yang sangat tinggi untuk proses eksitasi dan emisi atom logam dalam campuran standar logam. Kelimpahan garis emisi akan menurunkan sensitifitas ICP-OES saat mengukur standar logam. Selain itu mungkin juga terbentuk spesies poli-atom dalam nyala

plasma yang juga memiliki garis emisi tersendiri yang dapat berinterferensi satu sama lain dan menyebabkan linearitas kurva standar pengukuran menjadi kurang dari 0.999.

Pada standar operasional prosedur ICP-OES, sebelum dilakukan pengukuran dilakukan pemetaan lokasi garis emisi yang tersimpan dalam komputer. Misalkan *Mapping* untuk logam kadmium, jika *Mapping* dilakukan tidak teliti maka akan terjadi ketidaksesuaian antara panjang gelombang yang telah diset dan intensitas relatif yang disarankan oleh alat (Okada & Kijima 2002). *Mapping* harus dilakukan setiap kali pengukuran dilakukan karena biasanya suka terjadi pergeseran panjang gelombang garis emisi (Chague-Goff & Wong 2013).



Gambar 1. Pixel Sebelum Mapping

Gambar 2. Pixel Sesudah Mapping

Proses mapping pixel atau garis emisi dilakukan sebagai salah satu upaya menekan terjadinya interferensi garis emisi saat pengukuran sehingga pengukuran campuran standar logam menjadi lebih teliti dan efisien dengan linearitas > 0.999 (Ping *et al.* 2022).

Pengaruh jumlah campuran standar logam terhadap interferensi spektrum emisi dan pengukuran logam menggunakan ICP-OES

Banyaknya jumlah standar logam yang diuji secara bersamaan dalam satu pengukuran menggunakan ICP-OES dapat menyebabkan interferensi antar sesama logam (Doidge PS 2013), karena ada beberapa logam yang mempunyai panjang gelombang yang berdekatan contohnya kobal (228.616 nm) dan kadmium (228.802 nm) (SNI 8910: 2021). Nilai panjang gelombang yang berdekatan akan menimbulkan interferensi garis emisi. Semakin banyak logam yang diukur maka akan menghasilkan banyak garis emisi dan akan menghasilkan interferensi yang semakin kuat (Doidge PS 2013). Interferensi garis emisi antar logam akan lebih mudah terjadi pada standar yang mengandung 23 logam dibandingkan dengan standar yang mengandung 13 logam (Hayes & Manson 2015). Interferensi ini akan menimbulkan gangguan saat pengukuran intensitas logam sehingga nilai linearitas dari kurva standar kurang dari 0.999. Nilai linearitas kurva standar hasil pengukuran 13 dan 23 campuran logam dapat dijadikan sebagai salah satu bukti adanya interferensi pada saat pengukuran menggunakan ICP-OES. Kurva kalibrasi yang baik dan memenuhi kaidah adalah kurva dan persamaan garis yang memiliki nilai linearitas >0.999. jika linearitas kurang dari 0.999 maka dapat

dipastikan bahwa dalam proses pengukuran logam terdapat interferensi garis emisi satu sama lain.

Tabel 3. Hasil Pengukuran standar 13 dan 23 logam menggunakan ICP-ES

No	Logam	Standar 13 logam		Standar 23 logam	
		Persamaan Garis	r ²	Persamaan Garis	r ²
1	Ag	-	-	Y=-0.025907+0.002823	0.9982
2	Al	-	-	Y= 0.100031+0.002791	0.9988
3	B	Y= 0.0.73398+0.000111	0.9812	Y=-0.015854+0.000774	0.9897
4	Ba	Y= 0.288177+0.047968	0.9998	Y= 0.381177+0.059933	0.9995
5	Bi	-	-	Y=-0.120763+0.017686	0.9993
6	Ca	-	-	Y=54.270275+1.268867	0.9977
7	Cd	Y= 0.596781+0.474010	0.9999	Y= 0.411563+0.433929	0.9999
8	Co	Y= 0.294378+0.264652	0.9998	Y=-0.197466+0.276691	0.9999
9	Cr	Y= 0.004608+0.001165	0.9999	Y= 0.025208+0.000796	0.9980
10	Cu	Y= 0.020379+0.002106	0.9963	Y=-0.039499+0.002825	0.9973
11	Fe	Y= 0.022204+0.000640	0.9997	Y=-0.005856+0.002313	0.9986
12	Ga	-	-	Y=-0.005706+0.000670	0.9910
13	In	-	-	Y=-0.005541+0.018088	0.9960
14	K	-	-	Y= 0.695162+0.008050	0.9991
15	Li	-	-	Y=-0.595839+-020033	0.9941
16	Mg	-	-	Y= 1.178856 +0.058350	0.9999
17	Mn	Y= 0.011728+0.003098	0.9988	Y=-0.001851+0.004873	0.9980
18	Na	-	-	Y=- 28.820670+0.137285	0.9295
19	Ni	Y= 0.322762+0.051944	0.9996	Y= 0.238655+0.052754	0.9949
20	Pb	Y= 0.155975+0.020420	0.9993	Y=-0.059108+0.026254	0.9994
21	Sr	-	-	Y= 0.294810+0.146466	0.9999
22	Se	Y= 0.037959+0.001227	0.9998	-	-
23	Sn	Y= 0.541940+0.002286	1.0000	-	-
24	Tl	-	-	Y=-0.026850+0.015796	0.9992
25	Zn	Y= 6.820523+0.543181	0.9995	Y=23.601663+804375	0.9963
Jumlah r ² < 0.99		1 buah (Boron)		2 buah (Boron & Natrium)	

Hasil interferensi pada campuran standar dengan 23 dan 13 logam terlihat Tabel 3. Pada standar 13 logam terdapat logam boron yang memiliki nilai linearitas kurang dari 0.999 sedangkan pada campuran standar 23 logam yang linearitasnya kurang dari 0.999 antara lain Boron dan natrium (2 buah standar logam). Hal ini menunjukkan bahwa interferensi dalam standar 23 logam terjadi lebih besar dan lebih banyak dibandingkan standar 13 logam. Logam Natrium memiliki interferensi yang jauh lebih besar dibandingkan standar logam yang lainnya karena linearitasnya hanya mencapai 0.9295. Selebihnya interferensi tidak mengganggu pada logam lain yang tidak disebutkan di atas.

Pengaruh jumlah konsentrasi standar logam (2, 3 dan 7 Konsentrasi) terhadap interferensi spektrum emisi dan pengukuran logam menggunakan ICP-OES

Pengukuran kadar logam dengan ICP-OES dilakukan secara bersamaan terhadap sampel tunggal sehingga pembuatan deret standar logam harus efektif dan efisien. Standar logam yang digunakan untuk pengukuran kadar logam menggunakan ICP-OES diujikan dengan jumlah 2, 3 dan 7 konsentrasi standar (Tabel 4). Penggunaan 2 buah konsentrasi standar logam yaitu 50 dan 100 ppb menghasilkan linearitas rata-rata 1.0000 (> 0.999). Hal ini dapat dimaklumi karena standar 2 konsentrasi secara statistik akan selalu menghasilkan nilai linearitas 1 namun tidak memenuhi kaidah pengukuran yang menyatakan bahwa konsentrasi standar untuk kurva kalibrasi minimal 3 nilai konsentrasi. Pada Tabel 4 terlihat standar logam Cu yang masih memiliki nilai linearitas 0.9741 dan tidak memenuhi ketentuan pengukuran ($r > 0.9999$). Hal ini mengakibatkan hasil pengukuran menggunakan 2 konsentrasi standar logam tidak dapat digunakan karena tidak terbaca nilai kesesuaian antara intensitas yang terukur dengan konsentrasi yang diuji (Ping *et al.* 2022).

Tiga nilai konsentrasi standar logam mewakili syarat minimal pembuatan kurva standar yaitu mewakili nilai konsentrasi terkecil, nilai tengah dan nilai konsentrasi terbesar dari suatu deret standar. Pengukuran menggunakan 3 nilai konsentrasi standar logam yaitu 50, 100 dan 150 ppb menghasilkan nilai linearitas di atas 0.999 bahkan terdapat 4 standar logam yang linearitasnya 1.000 hasilnya memenuhi ketentuan pengukuran ($r > 0.9999$) (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Pengukuran 2, 3 dan 7 konsentrasi standar menggunakan ICP-ES

No	Logam	λ (nm)	Linearitas kurva standar asam nitrat		
			2 []	3 []	7 []
1	B	249.773	1.0000	0.9999	0.9962
2	Ba	455.403	1.0000	0.9999	0.9982
3	Cd	228.802	1.0000	0.9999	0.9992
4	Co	228.616	1.0000	0.9998	0.9998
5	Cr	283.563	1.0000	1.0000	0.9863
6	Cu	324.754	0.9741	0.9997	0.9998
7	Fe	259.940	1.0000	1.0000	1.0000
8	Mn	257.610	1.0000	0.9999	0.9986

9	Ni	221.647	1.0000	1.0000	0.9999
10	Pb	220.353	1.0000	0.9995	0.9992
11	Se	196.090	1.0000	1.0000	0.9990
12	Sn	189.989	1.0000	0.9999	0.9939
13	Zn	213.856	1.0000	0.9999	0.9992
Jumlah $r^2 < 0.999$			1	0	5

Pengukuran standar logam dengan 7 nilai konsentrasi standar logam yaitu 0, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppb menunjukkan masih banyak terdapat nilai linearitas yang kurang dari 0.999. Terdapat 5 standar logam dengan nilai linearitas kurang dari 0.999 yaitu pada standar logam B, Ba, Cr, Mn, dan Sn. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi standar yang terlalu banyak (lebih dari 3 nilai konsentrasi) menyebabkan interferensi garis emisi sehingga mengganggu proses serapan dan menurunkan nilai linearitas kurva kalibrasi pengukuran standar logam. Adanya standar logam yang linearitasnya kurang dari 0.999 menunjukkan bahwa interferensi garis emisi terjadi lebih tinggi ketika digunakan 7 konsentrasi standar logam dibandingkan menggunakan 2 atau 3 konsentrasi standar logam. Hal yang berpengaruh adalah tidak tepatnya proses *Mapping* pixel logam pada panjang gelombangnya, sehingga pengukuran menjadi bergeser pada panjang gelombang lain atau tetap pada panjang gelombang tersebut tapi dengan intensitas emisi yang lebih rendah (Okada & Kijima 2002).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan asam nitrat 2% menghasilkan nilai *background* paling kecil. Pengukuran campuran standar logam dengan ICP-OES 13 buah logam menghasilkan interferensi yang lebih kecil dibandingkan 23 logam, terlihat dari banyaknya nilai linearitas kurva kalibrasi standar logam > 0.999. Begitupun dengan jumlah konsentrasi standar logam yaitu 3 konsentrasi standar logam (50, 100 dan 150ppb), lebih stabil karena menghasilkan linearitas kurva standar logam > 0.999, dibandingkan dengan konsentrasi standar logam berjumlah 2 dan 7 konsentrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chague-Goff C, HKY Wong. 2013. Wet Chemical Methods (pH, Electrical Conductivity, Ion-Selective Electrodes, Colorimetric Analysis, Ion Chromatography, Flame Atomic Absorption Spectrometry, Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy, and Quadrupole Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry). *Treatise on Geomorphology*, 14: 274-281.
- Doidge PS. 2013. Observation of forbidden (E2) lines in the ultraviolet spectra of Ca II, Sr II, and Ba II by inductively coupled plasma emission spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part B* 85: 100-103.
- Galay EPH, RV Dorogin, AZ Temerdashev. 2021. Quantification of cobalt and nickel in urine using inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. *Heliyon* 7: 1-4.

- Hayes WW, JR Manson. 2015. Temperature dependence in rainbow scattering of hyperthermal Ar atoms from LiF(001). *Surface Science* 641: 72–77.
- Kreitals NM, RJ Watling. 2014. Multielement analysis using inductively coupled plasma mass spectrometry and inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy for rovenancing of animals at the continental scale. *Forensic Science International* 244: 116–121.
- Kuptsov AV, AV Volzhenin, VA Labusov, AI Saprykin. 2021. Optimization of operational parameters for the analysis of metals and alloys by atomic emission spectrometry on a two-jet arc plasmatron using spark ablation. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 177: 1-3.
- Okada A, K. Kijima. 2002. Analysis of optical emission spectra from ICP of Ar–SiH₄–CH₄ system. *Vacuum* 65: 319–326.
- Olano L, I Montero. 2020. Electron emission spectra by charging analysis. *Results in Physics* 17 (103050): 1-7.
- Patil AB, M Tarik, AJ Schuler, L Torrent, RPWJ Struis, C Ludwig. 2022. interferences of major rare earth elements in complex e-waste feeds. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 191(106399): 1-11.
- Phan-Thien KY, GC Wright, NA Lee. 2012. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) and optical emission spectroscopy (ICP–OES) for determination of essential minerals in closed acid digestates of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Food Chemistry* 134: 453-460.
- Ping W, Z Pei-ming, L Gui-hua, M Xiao, S Guang-qi. 2022. Example of trouble diagnosis of thermo IRIS Intrepid II Inductively coupled plasma emission spectrometer. *Analysis and testing technology and instruments*. 26(1):76-82.
- Simkin SM, BI Grimberg. 2002. Optical emission-line spectra from jet-cloud collisions?. *New Astronomy Reviews* 46: 207–210.
- Standar nasional indonesia. SNI 8910: 2021. Cara uji kadar logam dalam contoh uji limbah padat, sedimen, dan tanah dengan metode destruksi asam menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA)-Nyala atau Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Yoda T, S Ichinohe, Y Yokosawa. 2021. Rapid analysis of minerals in oysters using microwave decomposition and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Aquaculture Reports* 19(100585): 1-6.