

Verifikasi Metode Uji Penetapan Kadar Tembaga (Cu) dalam Air Permukaan secara Spektrofotometri Serapan Atom

Muhammad Rizki Ariq¹, Kartini Afriani^{1,*}, Denar Zuliandanu², Suhartini¹

¹Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor, Jl. Pangeran Sogiri No.283, Bogor, 16154, Indonesia

²PT. Itec Solution, Jl. Bogor Nirwana Residence No.6, Bogor, 16135, Indonesia

Email: kartini-a@kemenperin.go.id

(Received : 23 November 2021; Accepted: 4 Agustus 2022; Published: 8 Agustus 2022)

Abstrak

Tembaga merupakan salah satu logam berat yang biasanya terdapat pada air permukaan. Pengujian logam tembaga dalam air permukaan secara spektrofotometri serapan atom (SSA) mengacu pada SNI 6989.6:2009 tentang pengujian Cu dalam air dan air limbah. Verifikasi metode pengujian dilakukan secara berkala untuk mengkonfirmasi ulang kesesuaian unjuk kerja metode dan membuktikan bahwa kinerja metode masih sesuai dan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh laboratorium. Hasil uji linieritas menunjukkan nilai r sebesar 0,9999 pada rentang kerja konsentrasi 0,04 – 1,00 mg/L, hasil uji akurasi dengan 10 kali ulangan diperoleh rentang *recovery* 95–103 %, hasil uji presisi menunjukkan nilai simpangan baku relatif (SBR) sebesar 2,68 %, nilai limit deteksi metode (LDM) sebesar 0,014 mg/L, dan limit kuantitasi (LK) sebesar 0,045 mg/L. Hasil pengujian verifikasi metode penetapan kadar tembaga (Cu) dalam air permukaan secara spektrofotometri serapan atom telah memenuhi syarat keberterimaan yang telah ditetapkan sehingga dapat digunakan untuk kegiatan analisis rutin laboratorium.

Kata Kunci : Air permukaan; tembaga; spektrofotometer serapan atom; verifikasi metode

Abstract

Copper is a heavy metal that is usually found in surface water. Analysis of copper metal in surface water is using atomic absorption spectrophotometry (AAS) which refers to SNI 6989.6:2009 regarding Cu testing in water and wastewater. Verification of the test method is carried out periodically to reconfirm the suitability of the method performance and prove that the method performance is still appropriate and meets the requirements set by the laboratory. The linearity test results show the r value of 0.9999 in the working concentration range of 0.04 – 1.00 mg/L, the accuracy test results with 10 repetitions obtained a recovery range of 95–103%, the precision test results show the relative standard deviation is 2.68%, the method detection limit is 0.014 mg/L, and the quantitation limit is 0.045 mg/L. The results of the verification test of the copper (Cu) determination method in surface water by atomic absorption spectrophotometry have met the accepted acceptance requirements so that it can be used for routine analysis activities at laboratory.

Keywords : Surface water; copper; atomic absorption spectrophotometry; verification method

PENDAHULUAN

Semua air yang berada di atas permukaan bumi seperti air parit, selokan, sungai dan danau adalah air permukaan (Susana, 2003). Air permukaan umumnya mengandung beberapa komponen pencemar seperti sedimen, kotoran, lumpur, minyak, bakteri patogen, senyawa organik, dan bahkan logam berat. Pencemaran logam berat terhadap lingkungan berasal dari aktivitas manusia baik di darat maupun di perairan. Pencemaran air dapat menimbulkan dampak negatif terhadap struktur komunitas biota air dan penurunan kualitas air.

Logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup, melalui perantara seperti

air permukaan atau biota air permukaan yang terkontaminasi oleh logam berat. Logam berat tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasi (Sartika, 2012). Tembaga adalah logam berat yang penting karena dibutuhkan oleh manusia, mamalia lain, dan ikan untuk metabolisme, pembentukan hemoglobin, hemosianin, dan pigmen dalam proses pengangkutan oksigen, namun apabila dalam jumlah yang melebihi batas tersebut dapat bersifat toksik. Kisaran nilai toksisitas tembaga antara 0,02-100 mg/Kg, dengan ambang batas dalam darah berkisar pada 0,8-1,2 mg/Kg di dalam darah (Mu'nisa, 2010). Logam berat

dapat menghalangi kerja enzim sehingga metabolisme tubuh terganggu, menyebabkan kanker dan mutasi (Pratiwi, 2020). Baku mutu tembaga pada air sebesar 0,2 mg/L berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001.

Salah satu parameter uji yang diuji pada air permukaan adalah penetapan kadar logam tembaga pada air permukaan secara spektrofotometri serapan atom (SSA) yang mengacu pada SNI 6989.6:2009 tentang Cara Uji Logam Tembaga dalam Air dan Air Limbah (BSN, 2009). Untuk mengonfirmasi ulang kesesuaian unjuk kerja metode tersebut maka secara berkala dilakukan verifikasi untuk membuktikan kinerja metode masih sesuai dan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Verifikasi ini mengacu pada standar acuan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Parameter verifikasi metode analisis yang diuji yaitu linieritas, akurasi, presisi, limit deteksi metode (LDM), dan limit kuantitasi (LK).

Pengujian ini bertujuan mengonfirmasi ulang keandalan metode penetapan kadar tembaga dalam air permukaan menggunakan spektrofotometer serapan atom, sehingga dapat digunakan untuk analisis rutin di laboratorium. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan syarat keberterimaan yang ditetapkan oleh laboratorium.

BAAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini terdiri atas spektrofotometer serapan atom merk *GBC Xplor AA*, lampu katoda tembaga (Cu), pompa vakum beserta selangnya, kertas saringan membran 0,45 μm , corong *buchner*, labu penyaring, pipet mohr 5 ml, pipet volumetrik 10 ml, *water sampler* dan labu takar (50 dan 100) ml.

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini meliputi air sungai, larutan induk tembaga 1000 mg/L, dan akuades.

Pengambilan Sampel

Sampel air sungai diambil menggunakan *water sampler* dengan metode *grab sampling*.

Pembuatan Larutan Standar 100 mg/L dan Larutan Kerja 10 mg/L

Larutan induk tembaga (Cu) 1000 mg/L dipipet sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke labu takar 100 ml kemudian ditambahkan akuades hingga tanda tera. Larutan standar baku tembaga 10 mg/L dibuat dengan cara pembuatan yang sama, namun larutan standar yang dipipet adalah konsentrasi standar 100 mg/L.

Pembuatan Larutan Deret Standar Cu (0,04; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0) mg/L

Larutan kerja tembaga 10 mg/L dipipet sebanyak (0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 5,0) ml ke labu takar

50 ml kemudian diberi akuades hingga tanda tera. Larutan deret standar tembaga didapatkan dengan konsentrasi (0,04; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0) mg/L.

Preparasi Sampel Air Permukaan

Preparasi sampel air permukaan mengacu pada SNI 6989.6:2009 tentang cara uji logam tembaga dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom nyala. Sampel air permukaan disaring dengan saringan membran berpori 0,45 μm menggunakan alat vakum dan corong *buchner*, hasil saringan sampel ditampung dalam labu penyaring.

Uji Linieritas

Pengujian linieritas dilakukan dengan mengukur absorbansi deret standar tembaga (Cu) dengan konsentrasi (0,04; 0,10; 0,20; 0,40; 0,80; dan 1,00) mg/L menggunakan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 324,7 nm. Berdasarkan pengukuran diperoleh kurva persamaan regresi dan koefisien korelasi (r).

Uji Akurasi

Larutan standar tembaga 10 mg/L dipipet sebanyak 1,0 ml ke labu takar 50 ml, kemudian sampel ditambahkan ke labu takar hingga tanda tera, lalu dihomogenkan. Pembuatan larutan dilakukan sebanyak 10 kali ulangan. Uji akurasi dievaluasi dengan menghitung persen perolehan kembali (*recovery*) dengan penambahan standar tembaga ke dalam sampel (*spiking*). Larutan standar tembaga 10 mg/L ditambahkan sebanyak 1 ml ke labu takar 50 ml. Larutan kemudian ditambahkan sampel hingga tanda tera dan dihomogenkan, dilakukan sebanyak sepuluh kali ulangan dan diukur dengan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 324,7 nm. Data yang diperoleh dievaluasi dengan syarat keberterimaan uji akurasi yaitu persen perolehan kembali (%*recovery*) dengan rentang (85,0 – 115,0) %.

Uji Presisi

Larutan standar tembaga 10 mg/L dipipet sebanyak 1,0 ml ke labu takar 50 ml, kemudian sampel ditambahkan ke labu takar hingga tanda tera, lalu dihomogenkan. Pembuatan larutan dilakukan sebanyak 10 kali ulangan. Uji presisi dievaluasi dengan menghitung persen simpangan baku relatif (% SBR) dengan penambahan standar tembaga ke dalam sampel (*spiking*). Larutan standar tembaga 10 mg/L ditambahkan sebanyak 1 ml ke labu takar 50 ml. Larutan kemudian ditambahkan sampel uji hingga tanda tera dan dihomogenkan, dilakukan sebanyak sepuluh kali ulangan dan diukur dengan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 324,7 nm. Data yang diperoleh dievaluasi dengan syarat keberterimaan uji presisi yaitu persen simpangan baku relatif (% SBR) dengan persyaratan nilai %SBR harus $\leq 2/3$ CV Horwitz.

Uji Limit Deteksi Metode (LDM) dan Limit Kuantitasi (LK)

Larutan standar tembaga 10 mg/L dipipet sebanyak 0,5 ml ke labu takar 50 ml, kemudian sampel ditambahkan ke labu takar hingga tanda tera, lalu dihomogenkan. Pembuatan larutan dilakukan sebanyak 8 kali ulangan. Uji LDM dan LK dilakukan dengan pengukuran absorbansi sampel yang telah ditambahkan standar tembaga 10 mg/L sebanyak 0,5 ml ke dalam labu takar 50 ml sehingga diperoleh konsentrasi *spike* sebesar 0,1 mg/L sebanyak delapan kali ulangan menggunakan spektrofotometer serapan atom dengan panjang gelombang 324,7 nm. Hasil pengukuran diolah secara statistika untuk menentukan nilai LDM dan LK. Hasil pengujian dibandingkan dengan syarat keberterimaan perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut ISO/IEC 17025:2017 (ISO, 2017) verifikasi adalah penyediaan bukti obyektif bahwa item tertentu telah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Verifikasi metode penetapan kadar tembaga pada air permukaan dilakukan menggunakan SSA terhadap parameter uji linieritas, presisi, akurasi, dan limit deteksi. Pengujian ini mengacu pada SNI 6989.6:2009 tentang Cara Uji Logam Tembaga dalam Air dan Air Limbah. Logam yang diuji dalam air permukaan adalah logam terlarut.

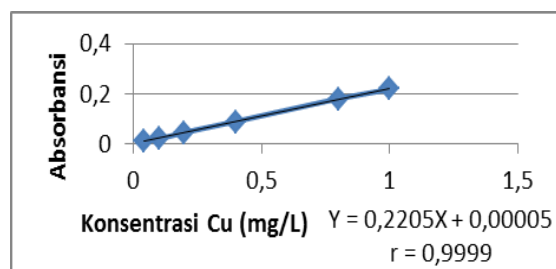
Berdasarkan pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan, diperoleh hasil verifikasi metode uji penetapan kadar tembaga (Cu) dalam air permukaan meliputi parameter uji linieritas, presisi, akurasi, limit deteksi metode (LDM), dan limit kuantitasi (LK). Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan syarat keberterimaan yang telah ditetapkan oleh laboratorium yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Hasil Verifikasi dan Syarat Keberterimaan

Parameter	Hasil	Syarat Keberterimaan	Acuan	Keterangan
Linieritas	0,9999	$\geq 0,995$	SNI 6989.6 2009	Memenuhi Syarat
Presisi	2,68 %	$\leq 2/3 CV \text{ Horwitz (6,79 \%)}$	AOAC 2016	Memenuhi Syarat
Akurasi	100,16 %	(85-115)%	SNI 6989.6 2009	Memenuhi Syarat
Limit Deteksi Metode (Teoritis)	0,014 (mg/L)	< Baku Mutu (0,2 mg/L)	Komite Akreditasi Nasional (KAN, 2019)	Memenuhi Syarat
Limit Kuantitasi (Teoritis)	0,045 (mg/L)	< Baku Mutu (0,2 mg/L)	Komite Akreditasi Nasional (KAN, 2019)	Memenuhi Syarat

Uji Linieritas

Linieritas adalah kemampuan metode analisis yang memberikan respon yang secara langsung atau dengan bantuan transformasi matematik yang baik, proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel (Hamrita, 2004). Uji linieritas bertujuan untuk mengetahui kemampuan metode analisis dalam menghasilkan respon yang proporsional antara konsentrasi pada sampel dengan perubahan respon pada alat pada rentang kerja tertentu yang ditunjukkan melalui nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh melalui perhitungan statistika. Hasil uji linieritas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Uji Linieritas

Berdasarkan Gambar 1 didapatkan nilai r sebesar 0,9999 pada rentang kerja konsentrasi (0,04-1,00) mg/L, nilai tersebut telah memenuhi syarat keberterimaan bahan acuan yang digunakan yaitu sebesar $r \geq 0,995$, nilai r tersebut menunjukkan hubungan erat dan positif serta memberikan hubungan yang proporsional pada rentang kerja (0,04 – 1,00) mg/L. Nilai r yang mendekati nilai 1 menunjukkan hubungan erat dan positif antara kedua variabel yaitu konsentrasi (variabel X) dengan respon alat yang ditunjukkan dengan absorbansi (variabel Y).

Perubahan yang proporsional antara variabel X dan variabel Y akan membentuk garis lurus, dengan perhitungan statistika garis lurus yang terbentuk membentuk sebuah persamaan regresi yaitu $Y = a + bx$. Berdasarkan Gambar 1. Didapatkan persamaan regresi yaitu $Y = 0,00005 + 0,2205X$. Nilai intersep (a) sebesar 0,00005 menunjukkan bahwa absorbansi bernilai 0,00005 ketika konsentrasi Cu sama dengan nol. Nilai slope (b) sebesar 0,2205 abs mg/L menunjukkan bahwa, setiap kenaikan 1 mg/L konsentrasi Cu maka absorbansi yang dihasilkan akan meningkat sebesar 0,2205 kali.

Uji Akurasi

Akurasi dalam pengukuran merupakan tingkat kedekatan pengukuran kuantitas terhadap nilai yang sebenarnya (Fitrya, 2017). Uji akurasi bertujuan untuk menunjukkan derajat ketepatan antara nilai yang diukur dengan nilai sebenarnya yang dapat diterima sebagai persyaratan.

Metode yang digunakan dalam uji akurasi pengujian ini adalah teknik *spiking* (standar adisi)

yang dilakukan dengan cara menganalisis sampel, kemudian memasukan sejumlah analit yang telah diketahui konsentrasinya dan dianalisis kembali. Hasil dari uji akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (% *Recovery*). Uji akurasi dilakukan sebanyak 10 kali ulangan kemudian hasilnya dibandingkan dengan syarat keberterimaan. Hasil uji akurasi Cu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Akurasi Penetapan Kadar Cu pada Air Permukaan secara SSA

Ulangan	Absorbansi Sampel	Kadar Cu (mg/L)	Absorbansi Sampel + Spike	Kadar Spike	Kadar Sampel + Spike (mg/L)	<i>Recovery</i> (%)
1	-0,0009		0,0457		0,2070	103
2	-0,0015		0,0457		0,2070	103
3	-0,0020		0,0451		0,2043	102
4	-0,0023		0,0446		0,2020	101
5	-0,0031	Tidak	0,0444	0,2	0,2011	101
6	-0,0040	Terdeteksi	0,0447		0,2024	101
7	-0,0046		0,0430		0,1947	97
8	-0,0051		0,0435		0,1970	99
9	-0,0060		0,0435		0,1970	99
10	-0,0062		0,0421		0,1907	95
Rentang <i>Recovery</i> (%)						95-103

Berdasarkan Tabel 2 pada uji ini didapat Rentang *Recovery* dengan rentang (95 – 103)% yang telah memenuhi syarat keberterimaan yang diacu oleh perusahaan yaitu (85 – 115)%. Perbedaan kecil pada kadar *spike* dalam sampel dan %*Recovery* kemungkinan karena kesalahan sistematis yang disebabkan oleh peralatan/pereaksi, cara pelaksanaan analisis oleh analis atau operasional seperti cara pemipetan. Kesalahan sistematis tidak dapat dihindari secara mutlak namun dapat diperkecil yaitu dengan kalibrasi peralatan untuk memperkecil kesalahan dari peralatan, dan pelatihan personel untuk memperkecil kesalahan analis (Rohman, 2014). Perbedaan kecil %*Recovery* masih dapat diterima karena masih masuk dalam rentang keberterimaan yang diacu. Data pada Tabel 2 telah melalui memenuhi keberterimaan uji *grubbs*, tidak ada pencilan data.

Uji Presisi

Presisi adalah ukuran kedekatan hasil analisis diperoleh dari serangkaian pengukuran ulangan dari ukuran yang sama (Riyanto, 2014). Uji presisi bertujuan mengetahui kedekatan hasil uji yang dilakukan secara berulang terhadap sampel yang homogen. Uji presisi yang dilakukan adalah uji riptabilitas. Menurut Lusiyana (2012) uji riptabilitas merupakan pengulangan pengujian yang bertujuan mengukur keragaman nilai hasil pengujian terhadap contoh uji yang sama dari seorang analis dengan

menggunakan metode pengujian dan peralatan tertentu dalam interval waktu yang sesingkat mungkin (Lusiyana, 2012). Uji riptabilitas presisi ditentukan berdasarkan nilai simpangan baku relatif yang dinyatakan dalam persen (%SBR), kedekatan hasil pengujian dapat dilihat dari nilai simpangan baku yang diperoleh.

Pengujian dilakukan dengan cara mengukur sampel yang telah diberikan *spike* dengan konsentrasi 0,2 mg/L, dikarenakan sampel tidak mengandung matriks Cu. Pengujian dilakukan 10 kali ulangan kemudian dibandingkan dengan syarat keberterimaan, data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai %SBR yang diperoleh sebesar 2,68 %. Data yang diperoleh dalam uji presisi ini terdapat banyak variasi, hal ini dipengaruhi oleh adanya kesalahan acak. Kesalahan acak yang mungkin terjadi pada pengujian ini disebabkan oleh fluktuasi tegangan listrik sehingga pembacaan pada alat yang tidak stabil. Kesalahan acak tidak dapat dihilangkan tetapi dapat diminimalkan dengan memperbanyak pengulangan. Kesalahan acak yang dihasilkan tidak berpengaruh signifikan sejauh nilai %SBR masih memenuhi syarat keberterimaan yang ditetapkan ditetapkan oleh bahan acuan yang digunakan yaitu 2/3 % *CV Horwitz*. Data pada Tabel 3 telah memenuhi keberterimaan uji *grubb*.

Tabel 3. Hasil Uji Presisi Penetapan Kadar Cu pada Air Permukaan secara SSA

Ulangan	Absorbansi Sampel	Kadar Cu (mg/L)	Absorbansi Sampel + Spike	Kadar Spike (mg/L)	Kadar Sampel + Spike (mg/L)
1	-0,0009		0,0457		0,2070
2	-0,0015		0,0457		0,2070
3	-0,0020		0,0451		0,2043
4	-0,0023		0,0446		0,2020
5	-0,0031	Tidak	0,0444	0,2	0,2011
6	-0,0040	Terdeteksi	0,0447		0,2024
7	-0,0046		0,0430		0,1947
8	-0,0051		0,0435		0,1970
9	-0,0060		0,0435		0,1970
10	-0,0062		0,0421		0,1907
Rata-rata					0,2003
SB					0,005
% SBR					2,68
CV Horwitz					10,19
2/3 CV Horwitz					6,79

Limit Deteksi Metode dan Limit Kuantitasi

Menurut NATA (2018) limit deteksi metode dapat didefinisikan sebagai jumlah atau konsentrasi suatu analit yang dapat dipastikan terdeteksi atau dapat dibedakan dari latar belakang untuk matriks tertentu terkecil (dengan metode tertentu) atau dengan kata lain, limit deteksi metode adalah nilai terendah

yang dapat diukur dengan suatu metode (NATA, 2018). Menurut Riyanto (2014) limit kuantitasi adalah konsentrasi terendah dari analit dalam contoh yang dapat ditentukan dengan tingkat presisi dan akurasi yang dapat diterima, di bawah kondisi pengujian yang disepakati. Hasil uji LDM dan LK dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji LDM dan LK Penetapan Kadar Cu pada Air Permukaan secara SSA

Ulangan	Absorbansi	Kadar Spike	Kadar Cu (mg/L)	% Recovery
1	0,0211		0,0954	95,44
2	0,0211		0,0954	95,44
3	0,0211		0,0954	95,44
4	0,0202		0,0914	91,36
5	0,0190	0,1	0,0859	85,92
6	0,0189		0,0855	85,46
7	0,0189		0,0855	85,46
8	0,0190		0,0859	85,92
Rerata			0,0901	90,06
SB			0,005	
%SBR			5,04	
CV Horwitz			11,49	
2/3 CV Horwitz			7,66	
LDM Teoritis (3xSB)			0,014	
LK Teoritis (10x SB)			0,045	

Nilai LDM dan LK pada umumnya ditentukan dengan mengalikan standar baku dengan faktor yang sesuai, standar baku ini haruslah mewakili presisi yang diperoleh untuk tipe pengujian sampel yang digunakan, dan bahwa ulangan pengukuran yang dilakukan cukup untuk memberikan estimasi yang terpercaya (Eurachem Guide, 2013). Berdasarkan Tabel 4 data hasil pengujian limit deteksi kadar Cu diperoleh %RSD sebesar 5,04% nilai %RSD tersebut telah memenuhi syarat keberterimaan yang ditetapkan yaitu lebih kecil dari $2/3 CV_{Horwitz}$. Nilai LDM diperoleh sebesar 0,014 mg/L menunjukkan bahwa nilai tersebut merupakan kadar analit Cu terkecil yang mampu terukur oleh metode tersebut. Nilai LK diperoleh sebesar 0,045 mg/L menunjukkan nilai tersebut merupakan konsentrasi terendah dari analit dalam contoh yang dapat ditentukan dengan tingkat presisi dan akurasi yang dapat diterima, di bawah kondisi pengujian yang disepakati. Syarat keberterimaan dari limit deteksi metode adalah larutan yang diuji harus memberikan nilai di bawah baku mutu persyaratan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian verifikasi metode penetapan kadar Tembaga (Cu) dalam air permukaan secara spektrofotometri serapan atom pada parameter linieritas, presisi, akurasi, limit deteksi metode, dan limit kuantitasi dapat diketahui bahwa hasil dari seluruh parameter telah memenuhi syarat keberterimaan yang telah ditetapkan. Metode penetapan kadar Cu dalam air permukaan secara spektrofotometri serapan atom dapat digunakan untuk kegiatan analisis rutin di laboratorium. Uji konfirmasi perlu dilakukan untuk uji Limit Deteksi Metode (LDM) dan Limit Kuantitasi (LK) agar nilai aktual dapat diketahui dan hasil lebih diandal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2009). Cara Uji Tembaga (Cu) secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Nyala. *Standar Nasional Indonesia (SNI)*. SNI-6989-6. Dewan Standardisasi Indonesia. Jakarta.
- Eurachem Guide. (2014). *The Fitness for Purpose of Analytical Methods-A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics Second Edition*. Citac and Eurachem. Eropa.
- Fitrya, N., Ginting, D., Retnawaty, S. R., Febriani, N., Fitri, Y., & Wirman, S. P. (2017). Pentingnya Akurasi dan Presisi Alat Ukur dalam Rumah Tangga. *Jurnal Pengabdian Untuk Mu Negeri*. 1(2): 61-64.
- Harmita. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Jurnal Farmasi* 1(3):117-135. Departemen Farmasi. FMIPA. Universitas Indonesia. Jakarta.
- ISO/IEC (International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission). (2017). *ISO 17025:2017 General Requirements for The Competence of Testing and Calibration Laboratories*. ISO Committee on Conformity Assessment (CASCO). New York.
- Komite Akreditasi Nasional. (2019). Persyaratan Tambahan Akreditasi Laboratorium Pengujian Air. *KAN K-01.08*.
- Lusiyana, U. (2012). Penerapan Kurva Kalibrasi, Bagan Kendali Akurasi dan Presisi sebagai Pengendalian Mutu Internal pada Pengujian COD dalam Air Limbah. *Biopropal Industri*. 3(1): 1-8.
- Mu'nisa, A., Nurham. (2010). Analisis Cemar Logam Berat Tembaga (Cu) pada Ikan Tembang yang dipasarkan di Makassar. *Bionature*. 11 (2):61-64.
- National Association of Testing Authorities (NATA). (2018). *Guidelines for the Validation and Verification of Quantitative and Qualitative Test Methods*. National Association of Testing Authorities. Australia.
- Rohman, A. (2019). *Validasi dan Penjaminan Mutu Metode Analisis Kimia*. UGM Press.
- Riyanto. (2014). *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Deepublish. Yogyakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2001). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta.
- Pratiwi, D. A. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) terhadap Organisme Perairan. *Skripsi*. Fakultas Terapan Fisioterapi. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Aisyiyah. Surakarta.
- Susana, T. (2003). Air Sebagai Sumber Kehidupan. *Oseana*. 28(3): 17-25. *Jurnal Akuatek*. 1(1): 59-65.
- Sartika, D. (2012). Studi Kadar Tembaga (Cu) Pada Air dan Ikan Gabus di Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep 2012. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar.