

Verifikasi Metode Uji Penetapan Logam Terlarut Mangan pada Air Menggunakan *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*

Method Verification for the Determination of Dissolved Manganese in Clean Water Using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

Sonny Salimi*, Sri Wahyuni, Intan Pratama, Erianti Siska Purnamasari
Program Studi Kimia, International Woman University, Bandung, Indonesia

*E-mail: sonnysalimi@iwu.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v8i1.908>

Received: 14 April 2025, Revised: 2 June 2025, Accepted: 2 June 2025, Online: 9 June 2025

Abstrak

Air bersih adalah air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari yang kualitasnya sesuai dengan peraturan yang berlaku. Untuk dapat disebut sebagai air bersih, air tersebut harus melalui uji fisika dan kimia, salah satunya adalah pengujian kandungan logam. Salah satu logam yang ada di dalam air adalah logam mangan. Kadar kandungan Mangan yang diperbolehkan dalam air menurut Peraturan adalah 100 µg/L. Logam mangan dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan keracunan kronis pada manusia. Pada penelitian ini, penentuan logam Mangan terlarut pada sampel air bersih dilakukan di LPKL Perumda Tirtawening dengan menggunakan metode *Induction Coupled Plasma Mass Spectrometer* (ICP-MS). Dimana metode ini perlu diverifikasi untuk memastikan bahwa proses analisis Mangan menghasilkan data yang benar dan dapat dipercaya oleh konsumen. dan penelitian ini menghasilkan hasil verifikasi uji linieritas $r \geq 0,995$, uji konfirmasi dengan konsentrasi terkecil yang dapat dideteksi adalah $< 100 \mu\text{g/L}$, presisi dengan $\%RSD < 0,5$ CV Horwitz dan akurasi dengan $\%Recovery$ 102,03 %. hasil verifikasi yang dilakukan telah sesuai dengan ketentuan sehingga metode ini telah terverifikasi dapat digunakan untuk pengujian Mangan pada air bersih di LPKL Perumda Tirtawening.

Kata kunci: Air Bersih, Logam Mangan, Verifikasi Metode

Abstract

Clean water is defined as water used for daily needs that meets the quality standards set by regulations. To qualify as clean water, it must undergo physical and chemical testing, including metal content analysis. One such metal is manganese, which is regulated with a maximum allowable concentration of 100 µg/L due to its potential to cause chronic toxicity at high levels. This study aimed to determine the concentration of dissolved manganese in clean water samples using the *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS) method at LPKL Perumda Tirtawening. Method verification was conducted to ensure the reliability and accuracy of the analysis. The results demonstrated excellent linearity ($r \geq 0.995$), a detection limit below 100 µg/L, precision with $\%RSD < 0.5$ CV Horwitz, and accuracy with a $\%recovery$ of 102.03%. These findings confirm that the ICP-MS method is valid and suitable for manganese testing in clean water at LPKL Perumda Tirtawening.

Keywords: Clean Water, Manganese Metal, Method Verification

1 Pendahuluan

Air bersih yaitu air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan

peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak [1]. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 [2], Air bersih yang merupakan Air untuk

Keperluan Higiene dan Sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari baik untuk keperluan pribadi dan/atau rumah tangga yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Untuk air minum konsumsi menurut departemen kesehatan, persyaratan air minum adalah tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mengandung logam berat [3]. Meskipun air dari sumber alami dapat diminum oleh manusia, namun ada risiko air tersebut telah terkontaminasi oleh bakteri (misalnya *Escherichia coli*) atau zat-zat lain yang berbahaya. Meskipun bakteri dapat dibunuh dengan mendidihkan air hingga 100°C, banyak zat berbahaya, terutama logam, yang tidak dapat dihilangkan dengan cara ini.

Mangan (Mn) adalah metal berwarna kelabu-kemerahan, di alam Mangan (Mn) umumnya ditemui dalam bentuk senyawa dengan berbagai valensi. Air yang mengandung Mangan (Mn) berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam) dan kekeruhan [4]. Sumber cemaran logam Mn dalam air berasal dari aktivitas pertambangan, saluran tambang atom, kerja mikroba terhadap mineral Mangan pada pH rendah, dan dari tempat pembuangan akhir yang berisi batu baterai bekas yang selanjutnya akan terbawa oleh air hujan menjadi air tanah yang diminum [5]. Logam Mangan adalah unsur dengan lambang Mn dan memiliki massa atom relatif 54,94 g/mol. Tingkat kandungan Mangan yang diizinkan dalam air menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 tahun 2023 yaitu 0,1 mg/L. Mangan termasuk logam esensial yang dibutuhkan oleh tubuh sebagaimana zat besi. Tubuh manusia mengandung Mn sekitar 10 mg dan banyak ditemukan di liver, tulang, dan ginjal. Mangan (Mn) dapat membantu kinerja liver dalam memproduksi urea, superoksida dismutase, karboksilase piruvat, dan enzim glikoneogenesis serta membantu kinerja otak bersama enzim glutamine sintetase [6]. Kelebihan Mn dapat menimbulkan racun yang lebih kuat dibanding besi. Kibat dari kelebihan Mangan (Mn) juga dapat menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak menimbulkan lemah pada otot kaki, muka kusam, dan dampak lanjutan bagi manusia yang keracunan Mangan (Mn) bicaranya lambat dan hyper refleks. Efek Mangan (Mn) terjadi terutama di saluran pernafasan dan di otak. Gejala keracunan Mangan (Mn) diantaranya adalah halusinasi, pelupa dan kerusakan saraf [7].

Penentuan logam Mangan (Mn) terlarut dalam sampel air bersih dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Induction Coupled Plasma Mass Spectrometer* (ICP-MS) [8]. Namun, metode ini perlu diverifikasi untuk membuktikan bahwa laboratorium yang digunakan mampu melakukan pengujian dengan metode ini dengan hasil yang valid. Parameter Verifikasi Metode meliputi: linearitas, Batas deteksi (LOD), Batas Kuantifikasi/LOQ), Presisi, dan Akurasi [9]. Dalam verifikasi metode uji terdapat parameter minimum yang harus dipenuhi yaitu presisi dan akurasi [10].

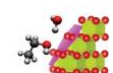
Presisi didefinisikan sebagai tingkat keseksamaan nilai beberapa hasil pengujian yang dilakukan secara berulang-ulang [11]. Presisi mempunyai 3 jenis, yaitu Repitabilitas (laboratorium, peralatan dan analisis yang sama), *Intra Reproducibility* (laboratorium dan peralatan yang sama dengan analisis yang berbeda) dan *Inter Reproducibility* (laboratorium, peralatan dan analisis yang berbeda). Akurasi (ketepatan) adalah tingkatan kedekatan hasil uji yang didapatkan terhadap nilai sebenarnya [12]. Akurasi dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu menggunakan CRM (*Certified Reference Material*), membandingkan dengan metode lain, dan penambahan sejumlah standar (*Spiking*). Data hasil pengujian yang diperoleh dihitung secara statistik dengan menggunakan Microsoft Excel dan rumus untuk masing-masing parameter verifikasi. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan persyaratan penerimaan yang telah ditetapkan [13].

2 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap pekerjaan, yaitu tahap persiapan dan tahap pengujian. Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel air yang diperoleh dari LPKL Perumda Tirtawening, Larutan Standar Mangan 1000 ppm, Larutan Mangan CRM ERA dan Aquades pH 2. Instrumen yang digunakan adalah *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer* (ICP-MS) Agilent 7800 dan Perangkat Lunak Microsoft Excel.

2.1 Tahap Persiapan

Tahapan Persiapan pada penentuan logam terlarut Mangan (Mn) secara *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer* (ICP-MS) menggunakan prosedur standar APHA Ed. 23rd 3125.B, 3030B/3030.E-2017. Tahapan ini dilakukan dengan membuat larutan induk logam



mangan (Mn) 1000 µg/L, membuat larutan seri standar logam mangan (Mn) (0; 20; 40; 60; 80; 100; 200; 400; 800; 1000; 2000; 4000; 6000; 8000; 10000) µg/L, membuat larutan standar logam mangan (Mn) 100 µg/L, membuat larutan uji konfirmasi untuk pengujian *Method Detection Limit* (MDL), membuat larutan uji presisi, dan membuat larutan uji akurasi.

2.2 Tahap Pengujian

Pada tahap pengujian ini, terdapat beberapa uji verifikasi, yaitu:

2.2.1 Uji Linieritas

Dilakukan dengan cara mengukur larutan seri standar yang telah dibuat dengan menggunakan ICP-MS, kemudian data yang diperoleh diolah secara statistik dan dibuat grafik hubungan antara konsentrasi dengan rasio sebagai kurva linearitas sehingga dapat ditentukan koefisien korelasi (r), intersep (a), dan *slope* (b) Nilai korelasi yang didapat kemudian dibandingkan dengan syarat keberterimaan yang telah ditetapkan, yaitu $r \geq 0,995$.

2.2.2 Uji Konfirmasi *Method Detection Limit* (MDL) dan *Limit of Quantification* (LOQ) teoritis

Metode Uji ini dilakukan dengan mengukur larutan blanko yang telah dibubuhi larutan baku pembanding internal 10 µg/L sebanyak 7 kali pengulangan. Hasil pengukuran yang diperoleh diolah secara statistik untuk mendapatkan nilai MDL dan nilai LOQ teoritis, Data hasil pengukuran dibandingkan dengan syarat keberterimaan yang telah ditetapkan dimana MDL < Baku Mutu. dan LOQ menunjukkan respon positif dan terkuantasi.

2.2.3 Uji presisi

Uji ini dilakukan dengan melakukan sebanyak 7 kali pengulangan pengukuran menggunakan instrumen ICP-MS pada setiap sampel yang telah disiapkan. Hasil pengukuran yang diperoleh diolah secara statistik untuk mengetahui nilai persentase simpangan baku relatif (%RSD), kemudian dibandingkan dengan syarat keberterimaan yaitu %RSD < 0,5 CV Horwitz.

2.2.4 Uji akurasi

Uji ini dilakukan dengan menggunakan teknik *spike* terhadap sampel yang telah disiapkan yang diukur dengan menggunakan alat ICP-MS. Hasil pengukuran yang telah dilakukan diolah untuk menentukan nilai persen perolehan kembali (%*Recovery*), kemudian dibandingkan dengan syarat keberterimaan %*Recovery* yaitu 75% - 120%.

3 Hasil dan Diskusi

3.1 Uji Linearitas

Dalam penelitian uji linearitas penetapan logam terlarut Mangan (Mn) menggunakan ICP-MS yang dihasilkan oleh alat berupa rasio antara konsentrasi logam Mangan (Mn) dengan standar, sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Uji Linearitas

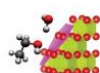
No	Standar (µg/L)	Konsentrasi (µg/L)(X _i)	Rasio (Y _i)
1	0	0,0000	0,0355
2	20	21,6741	1,4736
3	40	44,3799	2,9802
4	60	66,4486	4,4446
5	80	83,8048	5,5962
6	100	105,5832	7,0413
7	200	206,1533	13,7145
8	400	424,1997	28,1826
9	800	836,1257	55,5154
10	1000	1053,1543	69,9160
11	2000	2029,0675	134,6713
12	4000	3994,4202	265,0793
13	6000	5875,6463	389,9053
14	8000	7965,9453	528,6040
15	10000	10088,8321	669,4650

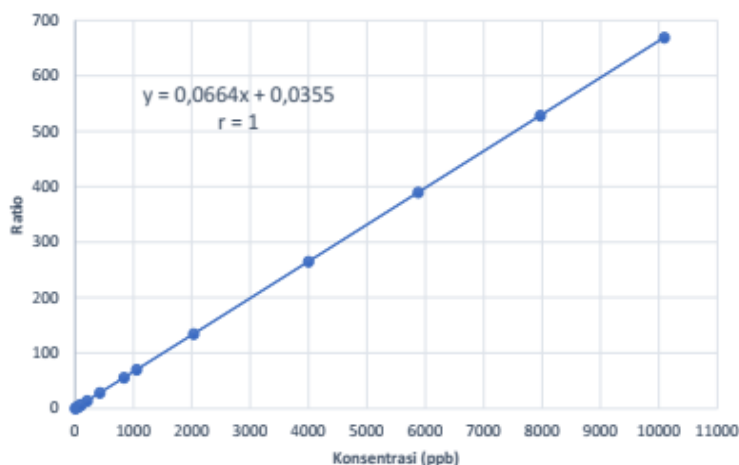
Dari tabel di atas, ditentukan nilai koefisien korelasi (r) dengan menggunakan **Pers. 1**.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n} \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} \right)}} \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n} \right)}$$

(Persamaan 1)

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai koefisien korelasi (r) nya adalah 1. Kemudian dari **Tabel 1** ditentukan kurva linieritas nya dan diperoleh gambar di bawah ini.





Gambar 1 Kurva Linieritas Hubungan Antara Konsentrasi Logam Mangan (Mn) dengan Rasio

Berdasarkan **Gambar 1**, uji linearitas logam Mangan (Mn) memiliki persamaan regresi $y = bx + a$ sehingga persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = 0,0664x + 0,0355$ dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 1, nilai tersebut dibandingkan dengan syarat penerimaan yang ditetapkan oleh LPKL Perumda Tirtawening, yaitu nilai koefisien korelasi (r) $> 0,995$, maka koefisien korelasi yang diperoleh memenuhi syarat penerimaan. 995, sehingga koefisien korelasi yang diperoleh memenuhi syarat penerimaan dan dapat dinyatakan bahwa kurva kalibrasi yang dihasilkan pada instrumen ICP-MS dapat digunakan dalam penentuan logam Mangan

(Mn) terlarut. Hal tersebut sesuai dengan Tujuan dilakukan pengukuran ini adalah untuk memperoleh persamaan garis regresi dari kurva kalibrasi yang dibuat. Uji linieritas dinyatakan sebagai koefisien korelasi (r).

Berdasarkan kurva linieritas logam Mangan (Mn) diperoleh nilai intersep sebesar 0,0355 dan nilai slope sebesar 0,0664. Nilai intersep menunjukkan respon nilai instrumen ketika nilai konsentrasi analit adalah nol. Nilai slope menunjukkan rata-rata kenaikan atau penurunan yang terjadi pada respon untuk setiap kenaikan satu satuan konsentrasi.

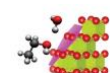
3.2 Uji Konfirmasi Method Detection Limit (MDL) dan Limit of Quantification (LOQ) teoritis

Tabel 2 Hasil Pengujian Method Detection Limit (MDL) dan Limit of Quantification (LOQ)

No	Konsentrasi Blanko ($\mu\text{g/L}$)	Konsentrasi Blanko pada Sampel Spike ($\mu\text{g/L}$)
1	0,0723	11,6348
2	0,0825	12,0468
3	0,0687	11,6849
4	0,0438	11,5300
5	0,0401	11,2782
6	0,0605	10,6161
7	0,0455	11,2557
Jumlah		80,0465
Rata-Rata		11,4352
SD		0,4496
MDL		1,4132
LOQ		4,4964
%RSD		3,93
Standar Mutu		100

Berdasarkan **Table 2**, hasil uji MDL yang diperoleh adalah 1,4132 $\mu\text{g/L}$. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi terkecil yang

dapat dideteksi oleh metode ini adalah 1,4132 $\mu\text{g/L}$. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan penerimaan yang ditentukan oleh LPKL Premuda



Tirtawening. Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang standar kualitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi menyatakan bahwa baku mutu air untuk logam Mangan (Mn) adalah maksimal 0,1 mg/L atau 100 µg/L.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh Batas Maksimum Kuantifikasi teoritis sebesar 4,4964 µg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kadar Mangan (Mn) yang lebih tinggi dari 4,4964 µg/L dapat dikuantifikasi dengan baik, sedangkan jika kadar analit kurang dari 4,4964 µg/L tidak dapat dikuantifikasi dengan baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi Mn dalam analit dapat dipercaya sebagai sinyal alat terhadap analit apabila konsentrasinya lebih besar dari limit deteksi yaitu 4,4964 µg/L. Apabila

konsentrasi analit kurang 4,4964 µg/L dari atau dapat dikatakan dibawah nilai LOD, maka sinyal yang ditangkap oleh alat adalah sepenuhnya noise, sehingga sinyal yang diperoleh tidak dapat dipercaya. menunjukkan konsentrasi analit terendah yang terkuantifikasi, dimana nilai dari limit kuantitasi menentukan batas rentang kerja yang harus dicapai dalam suatu pengukuran.

3.3 Uji presisi

Presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen [14]. Hasil pengujian presisi teknik repeatability dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Table 3 Hasil Pengujian Presisi Logam Mangan (Mn) Teknik *Repeatability*

Pengulangan	Rasio	Konsentrasi (µg/L)
1	0,31966	4,2795
2	0,33212	4,4672
3	0,34489	4,6595
4	0,31935	4,2748
5	0,26923	3,5200
6	0,31502	4,2096
7	0,29205	3,8637
Jumlah		29,2744
Rata-Rata		4,1821
SD		0,3803
%RSD		9,09
CV Horwitz		36,49
0,5 CV Horwitz		18,24

Menurut [15] Nilai %RSD yang diperoleh harus lebih kecil dari 0,5 CV Horwitz, Berdasarkan **Tabel 3**, diperoleh nilai %RSD sebesar 9,09 % dan 0,5 CV Horwitz sebesar 18,24. Nilai %RSD yang diperoleh lebih kecil dari 28 0,5 CV Horwitz, sehingga dapat dinyatakan bahwa ketelitian analisis yang dilakukan baik, karena telah memenuhi batas keberterimaan.

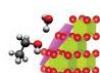
3.4 Uji Akurasi

Kecermatan (Akurasi) adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya Kecermatan dinyatakan sebagai persen perolehan kembali

(recovery) analit yang ditambahkan [14]. Hasil pengujian akurasi dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Hasil Pengujian Akurasi Penetapan logam Mangan (Mn)

Pengulangan	Konsentrasi Sample (µg/L)	Konsentrasi Sampel Spike (µg/L)	%Recovery
1	4,2795	16,4657	101,55
2	4,4672	16,7964	102,74
3	4,6595	16,4867	98,56
4	4,2748	16,1494	98,95
5	3,5200	16,1777	105,48
6	4,2096	16,8861	105,64
7	3,8637	16,0217	101,32
Rata-Rata			102,03



Berdasarkan **Tabel 4**, diperoleh rentang %Recovery dengan teknik *spiking* yaitu sebesar 98,56 - 105,64% dengan rerata 102,03%. Hasil tersebut telah memenuhi syarat keberterimaan menurut [15] yaitu %Recovery sebesar 75 - 120%. Hasil pengujian yang memiliki akurasi tinggi memiliki nilai %Recovery mendekati 100%. Nilai %Recovery yang diperoleh berada dibawah 100% dapat disebabkan karena penguapan, difusi, adsorpsi, atau absorpsi pada saat preparasi sampel dan %Recovery yang diperoleh di atas 100% dapat disebabkan karena ada penambahan analit dari kontaminan yang ikut terbaca pada saat pengujian tersebut. Pada penelitian ini hasil uji akurasi telah masuk dalam rentang yang ditetapkan, sehingga data dapat dinyatakan akurat dan valid.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian verifikasi metode pengujian logam Mangan (Mn) menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer* (ICP-MS) diperoleh adalah uji linieritas dengan persamaan garis dari kurva standar $y = 0,0664x + 0,0355$ dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 1, *Method Detection Limit* (MDL) sebesar 1,4132 µg/L, *Limit of Quantification* (LOQ) sebesar 4,4964 µg/L, presisi dengan %RSD 9,09% dan 0,5 Horwitz CV sebesar 18,24 serta akurasi %Recovery sebesar 102,03 %. Hal tersebut memenuhi syarat keberterimaan menurut Horwitz.

Daftar Pustaka

- [1] Hariyadi D., & Ekayanti I., 2011, Analisis pengaruh perilaku keluarga sadar gizi terhadap stunting di propinsi kalimantan barat, *Teknologi dan kejuruan*, 34(1), 71-80.
- [2] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, *Kemenkes Republik Indonesia*, no. 55, hal. 1-175.
- [3] Ilham M., 2020, Analisis Kualitas Air (Mn,Cu,Zn,F⁻ dan Cl⁻) pada Mata Air Pegunungan Desa Sadar, Kecamatan Tellu Limpo, Kabupaten Bone, *PhD Thesis*, hal. 23-24.
- [4] Fauziah A., 2011, Efektivitas Saringan Pasir Cepat Dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn) Pada Air Sumur Dengan Penambahan Kalium Permanganat (K₂MnO₄) 1%, *J. Pembang. Wil. Kota*, 1(3), 82-91.
- [5] Shilling FM., & Manahan DT., 1994, Energy metabolism and amino acid transport during early development of Antarctic and temperate echinoderms, *The Biological Bulletin*, 187(3), 398-407. <https://doi.org/10.2307/1542296>
- [6] Tarigan LB., 2015, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Mangan Pada Air Bersih Di Masyarakat Desa Supul Kecamatan Kuantana Kabupaten Timor Tengah Selatan Tahun 2015, *Perpustakaan Poltekkes Kemenkes Kupang*, 1-42. <http://repository.poltekkeskupang.ac.id/id/eprint/1642>
- [7] Turnip AM., 2017, Analisis Kadar Logam Besi Dan Mangan Pada Air Bersih Dengan Metode Inductively Coupled Plasma (ICP).
- [8] Syarbaini, 2020, Teknologi ICP-MS Dan Aplikasinya A Untuk Studi Radioaktivitas Lingkungan, *Inis*, 40(1), 208-217.
- [9] Hadi A. Verifikasi Metode Pengujian Air dan Air Limbah Mendukung Penerapan ISO IEC 17025: 2017. PT Penerbit IPB Press; 2020.
- [10] Sa'adah E., & Winata AS., 2010, Validasi Metode Pengujian Logam Tembaga Pada Produk Air Minum dalam Kemasan Secara Spektrofotometri Serapan atom Nyala, *J. Biopropal Ind.*, 01(02), 31-37.
- [11] Arifin Z., Safuan DA., dan Pratama R., 2006, Method Validation of Copper (Cu) and Pb Analysis in Corn Using Atomic Absorption Spectrophotometer, *Maj. Biam*, 13(1), 8-16.
- [12] ISO. ISO 5725-1:2023 – Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results: Part 1: General principles and definitions. ISO. vol. 2023, 2023, [Daring]. Tersedia pada: www.iso.org
- [13] Trisnawati NN., Dewi IGAKSP., Suari PPV., & Krimayanti NPA., 2021, Validasi Metode Uji Merkuri Menggunakan Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry (ICPE) 9000, *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, 8(1), 24-28.
- [14] Harmita H., 2004, Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya, *Maj. Ilmu Kefarmasian*, 1(3), 117-135. <https://doi.org/10.7454/psr.v1i3.3375>
- [15] Latimer GW., 2023, Appendix F Guidelines for Standard Method Performance Requirements, *Official Methods of Analysis of AOAC Int.* <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>

