

Verifikasi Metode Pengujian Kadar Ortofosfat (PO_4^{3-}) Dalam Air Sungai Menggunakan Asam Askorbat Berdasarkan SNI 06-6989.31-2005

Verification of Determining Orthophosphate (PO_4^{3-}) Levels in River Water with Ascorbic Acid based on SNI 06-6989.31-2005

Warih Navy Lestary¹, Rita Mukhtar², Oktaria Diah Pitalokasari², dan Al Amin²

¹Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta,
Jl. Ir. H. Djuanda No. 95, Ciputat – Tangerang Selatan 15412

²Pusat Standarisasi Instrumen Kualitas Lingkungan Hidup (PSIKLH), Kawasan BRIN
Gedung 210, Serpong – Tangerang Selatan, Banten 15310
E-mail: warihnaylestary99@gmail.com

Diterima 23 Oktober 2023, direvisi 13 November 2023, disetujui 21 November 2023

ABSTRAK

Verifikasi Metode Pengujian Kadar Ortofosfat (PO_4^{3-}) Dalam Air Sungai Menggunakan Asam Askorbat Berdasarkan SNI 06-6989.31-2005. Pusat Standarisasi Instrumen Kualitas Lingkungan Hidup (PSIKLH) merupakan salah satu instansi yang berada di kawasan BRIN Serpong dengan kegiatan laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi. Pengujian ini dilakukan di laboratorium air PSIKLH dengan menggunakan sampel air Sungai Ciliwung yang diambil menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 8995:2021) pada Januari tahun 2021. Keberadaan ortofosfat dapat dijadikan salah satu parameter kualitas air sungai berkaitan dengan faktor kimia perairan. Ortofosfat dalam air sungai dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan meningkatnya unsur hara (eutrofikasi) yang memicu terjadinya ledakan populasi fitoplankton. Pemukiman warga disekitar sungai menjadi salah satu penyebab meningkatnya unsur hara sungai jika buangan limbah domestiknya langsung dibuang ke badan air. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan verifikasi metode yang bertujuan untuk mengonfirmasi ulang sebuah metode yang disertai dengan bukti-bukti objektif. Pada pengujian kadar ortofosfat (PO_4^{3-}) dalam air sungai berdasarkan SNI 06-6989.31-2005 dengan parameter verifikasi metode antara lain linearitas, *limit of linearity* (LOL), *method detection limit* (MDL), *repeatabilitas* dan *reproduksibilitas*. Telah diperoleh hasil analisis air sungai Sungai Ciliwung dengan konsentrasi ortofosfat masih berada di bawah ambang batas, yaitu 0,018 mg/L, nilai penentuan linearitas dengan r sebesar 0,9997, nilai LOL 1,00 mg/L, nilai MDL sebesar 0,017 mg/L, kemudian hasil *repeat dan repro* dengan nilai %RSD sebesar 2,75%, 2,25% dan 3,56% pada kadar rendah. Simpulan hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa uji verifikasi metode SNI 06-6989.31-2005 ini valid dengan hasil verifikasi memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Kata kunci: Air sungai, ortofosfat, spektrofotometer, verifikasi metode

ABSTRACT

Verification of Determining Orthophosphate (PO_4^{3-}) Levels in River Water with Ascorbic Acid based on SNI 06-6989.31-2005. Pusat Standarisasi Instrumen Kualitas Lingkungan Hidup (PSIKLH) is one of the agencies located in BRIN, Serpong area with testing laboratory and calibration laboratory activities. This study was carried out in a water laboratory at PSIKLH using Ciliwung river water samples taken using the Standar Nasional Indonesia method SNI 8995:2021 in January 2021. Orthophosphate can be used as a parameter of river water quality related to chemistry factors. Orthophosphate in river water with high concentrations can cause an increase in nutrients (eutrophication) which triggers an explosion in the phytoplankton population. Residents around the river is one of the causes of increasing river nutrients if domestic waste is discharged directly into river's water bodies. This research was

conducted to carry out method verification which aims to reconfirm a method accompanied by objective evidence. This study verified the level of orthophosphate (PO_4^{3-}) in river water based on SNI 06-6989.31-2005 with parameters including linearity, limit of linearity (LOL), method of detection limit (MDL), repeatability and reproducibility. The results of analysis of river water with orthophosphate concentrations were still below the standard, namely 0,018 mg/L, the value for determining linearity with r was 0,9997, the LOL value was 1 mg/L, the MDL value was 0,017 mg/L, and %RSD value for repeat and repro are 2,75%, 2,25% and 3,56% at low levels. The conclusions is, this study can be stated that the SNI 06-6989.31-2005 is valid with the verification results meeting the predetermined requirements.

Keywords: River water, orthophosphate, spectrophotometer, verification method

1. Pendahuluan

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang mengalami degradasi fungsi ekologis. Sungai Ciliwung pernah dimanfaatkan sebagai jalur transportasi pada masa Belanda telah melewati alih fungsi yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan yang kritis, dapat dilihat keadaan Sungai Ciliwung pada Gambar 1, yang diambil pada tahun 2020. Pencemaran dan pendangkalan terjadi di banyak daerah aliran sungai dari hulu, tengah, dan hilir, perkiraan erosi yang terjadi di DAS hulu Ciliwung-Cisadane berada di angka 85,975.4 ton/tahun berdasarkan penelitian tentang laju sedimentasi rata-rata (Supriatna, 2021).

Fosfor tidak bisa ditemukan dalam wujud bebas sebagai elemen, tetapi tersebar dalam wujud senyawa organik terlarut seperti ortofosfat dan atau polifosfat. Ortofosfat yang terlarut dalam air adalah salah satu bentuk senyawa fosfat yang dapat lolos melalui saringan membran berpori dengan ukuran 0,45 μ m (PSIKLH, 2014). Sementara wujud fosfor yang harus terlebih dahulu mengalami hidrolisis untuk membentuk ortofosfat adalah polifosfat. Pada saat terjadi kondisi anaerob, ion besi tiga (ferri) yang berikatan dengan fosfat akan mengalami reduksi menjadi ion besi dua (ferro) menyebabkan perubahan sifat dari yang sifatnya tidak larut, dan mengendap di dasar perairan menjadi larut dan melepaskan fosfat

ke perairan, hal inilah yang menyebabkan meningkatnya keberadaan fosfat di perairan.

Di perairan, unsur fosfor tidak tersedia sebagai elemen/unsur, melainkan dalam bentuk senyawa terlarut (ortofosfat dan polifosfat) serta senyawa organik yang berupa partikulat yaitu fosfat. Kadar fosfat dalam air bersumber dari dasar perairan yang umumnya kaya akan zat hara, yang berasal dari flora dan fauna yang mati (Arnando *et al.*, 2022). Fosfat yang berlebih dalam air dapat merusak ekosistem dalam air karena menjadi sumber makanan untuk algae yang kemudian akan menjadi faktor tumbuhnya algae dalam jumlah berlebih yang akan menyebabkan eutrofikasi di area perairan tersebut (Green, 2018). Jumlah fosfor di perairan alami tergolong kecil, dimana kadarnya tidak lebih banyak dibandingkan kadar nitrogen di perairan, karena sumber alami fosfor relatif sedikit. Fosfor di perairan murni bersumber dari dekomposisi bahan organik dan juga pelapukan batuan mineral, seperti batuan mineral fluorapatite ($Ca_5(PO_4)_3F$), hydroxylapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$), strengite ($Fe(PO_4)_2 \cdot H_2O$), whitlockite ($Ca_9(PO_4)_6PO_3OH$), dan berlinite ($AlPO_4$). Limbah industri dan limbah domestik yang bersumber dari detergen serta limpasan wilayah pertanian yang memanfaatkan pupuk merupakan sumber antropogenik fosfor (Effendi, 2003).

Pengujian kadar ortofosfat dalam air dapat dilakukan dengan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.31-2005 yang saat ini sudah diperbaharui menjadi SNI 6989.31:2021 tentang Air dan Air limbah – Bagian 31: Cara uji kadar ortofosfat dan total fosfor menggunakan spektrofotometer dengan reduksi asam askorbat yang sudah digunakan banyak laboratorium (Meilani, 2020). Metode yang digunakan untuk pengukuran kadar ortofosfat ini harus tepat dan terpercaya agar data yang didapatkan akurat, agar proses analisis dapat diandalkan serta dapat dipertanggungjawabkan sampai ke ranah hukum, maka sebelum metode ini digunakan laboratorium perlu melakukan proses verifikasi metode (Ilham, 2020).

Metode SNI 06-6989.31-2005 adalah metode pengujian kadar ortofosfat dalam air menggunakan asam askorbat yang diukur menggunakan instrumen spektrofotometer UV-vis, verifikasi dilakukan dengan tujuan memastikan bahwa analisis dilakukan dengan baik dengan mutu hasil pengujian yang dapat dipertanggung jawabkan (Riyanto, 2015).

Spektrofotometer adalah instrumen yang dimanfaatkan sebagai alat pengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada objek kaca yang disebut kuvet. Cahaya yang dilewatkan tersebut sebagiannya akan diserap. Nilai absorbansi dari cahaya yang diserap tersebut sebanding dengan nilai konsentrasi larutan di dalam kuvet (Sastrohamidjojo, 2018). Pengujian ini dilakukan dengan sampel air sungai, yang berasal dari Sungai Ciliwung dengan parameter verifikasi metode yaitu Linearitas, Limit of Linearity (LOL), *Method Detection Limit* (MDL), Repeatabilitas dan Reprodusibilitas.

2. Metodologi

Pengujian ini dilakukan di laboratorium air PSIKLH dengan menggunakan sampel air

sungai Ciliwung yang diambil menggunakan metode Standar Nasional Indonesia pada Januari tahun 2021, kemudian metode SNI 6989.31:2005 digunakan untuk penentuan kadar ortofosfat dalam air, perbedaan kedua Metode tersebut hanya pada pembuatan larutan campuran yang digunakan, sedangkan prinsipnya sama.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain botol poli etilen (PE), timbangan analitik Ohaus Pa224, labu ukur, gelas piala, pipet volumetrik, pipet tetes dan instrumen Spektrofotometer UV-Vis HITACHI UH5300.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air Sungai Ciliwung, larutan asam nitrat (HNO_3), larutan asam sulfat (H_2SO_4), larutan kalium antimonil tartrat ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), larutan ammonium molibdat ($(\text{NH}_4)_6\text{MoO}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), larutan asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), kalium dihidrogen fosfat anhidrat (KH_2PO_4), dan akuades.

Uji linearitas dilakukan dengan pembuatan kurva kalibrasi yang dimulai dengan pengoptimalan spektrofotometer UV-Vis untuk pengujian kadar ortofosfat. Batas yang digunakan agar penentuan uji linearitas ini valid adalah jika nilai koefisien korelasinya lebih dari 0,995 ($\geq 0,995$) (Riyanto, 2015).

Limit of Linearity adalah rentang kerja yang ditetapkan dan disesuaikan dengan kisaran contoh sampel yang akan dianalisa, dimulai dengan batas terendah samapai batas tertinggi. Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan hubungan antar kadar dan respon instrumen (Hadi & Asiah, 2020). Penentuan MDL valid apabila nilai MDL lebih kecil daripada konsentrasi spike, dimana besar konsentrasi spike lebih kecil dibanding 10 kali nilai MDL, besar signal/noise (S/N) antara 2,5-10, nilai %RSD lebih kecil sama dengan 0,67 CV Horwitz dan nilai %R \approx 70%-125% (Harmita, 2004). Penentuan repeatabilitas dan reprodusibilitas dilakukan dengan kadar rendah sesuai

dengan nilai *Level of Linearity* (LoL) metode pengujian. (Hadi & Asiah, 2020).

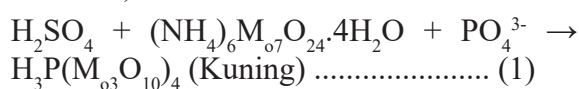
Penentuan nilai LOL, MDL, Repeatabilitas dan Reprodusibilitas dilakukan dengan pengambilan larutan baku ortofosfat Larutan tersebut ditambahkan 1 tetes indikator fenolftalin apabila terbentuk warna merah muda, ditambahkan kembali tetes demi tetes H₂SO₄ 5 N sampai warna hilang kemudian kembali ditambahkan larutan yang sudah homogen dengan larutan campuran yang sudah dibuat sebanyak 8 mL. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang 880 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan pengulangan pengujian sebanyak 10 kali.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian penetapan kadar ortofosfat dalam sampel air Sungai Ciliwung menggunakan metode SNI 06-6989.31-2005 secara asam askorbat dilakukan dalam suasana asam, ammonium molibdat dan kalium antimonil tartrat bereaksi dengan ortofosfat membentuk asam fosfomolibdat yang kemudian direduksi oleh asam askorbat menjadi kompleks biru molibden.

H₂SO₄ dan HCl dipilih menjadi asam yang dianjurkan pada pembuatan larutan campuran karena dilaporkan telah terbukti lebih efektif dibandingkan dengan HNO₃ dan HClO₄ yang mudah teroksidasi dan pada batas tertentu dapat mengganggu proses reduksi. Ion M₀₇O₂₄⁶⁻ yang berasal dari senyawa (NH₄)₆MO₇O₂₄·4H₂O akan bereaksi dengan PO₄³⁻ bersama dengan H⁺ dari H₂SO₄

membentuk senyawa H₃P(M₀₃O₁₀)₄ berwarna kuning, seperti pada Persamaan 1 (Nagul *et al.*, 2015).

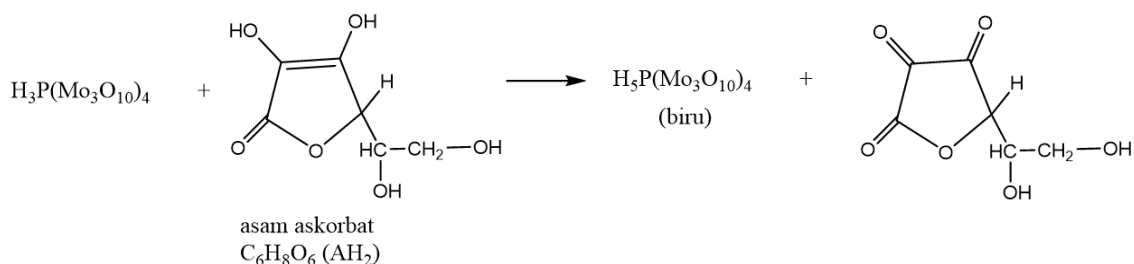


Senyawa asam fosfomolibdat yang terbentuk kemudian akan direduksi dengan asam askorbat dan membentuk kompleks biru molibden dengan reaksi sesuai dengan Gambar 1.

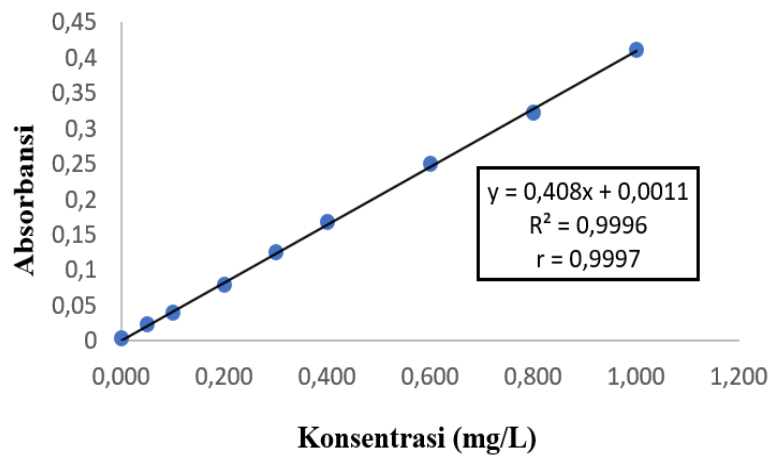
Sb(III) dari (K(SbO)C₄H₄O₆·1/2H₂O dan asam askorbat merupakan reduktan yang direkomendasikan karena hasil reduksi Sb₂PMB(4e-) yang terbentuk stabil dalam beberapa jam dan tidak mudah terganggu dengan keberadaan klorida (Nagul *et al.*, 2015). Senyawa kompleks biru molibden yang terbentuk kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm. Panjang gelombang ini digunakan karena pada senyawa kompleks biru molibden diketahui memiliki absorbansi tertinggi dan dipilih sebagai λ_{max} (Nalumansi *et al.*, 2020).

Hasil verifikasi pengujian ortofosfat dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 1.

Kurva kalibrasi larutan standar ortofosfat pada Gambar 2. memiliki rentang konsentrasi dari 0,00 mg/L sampai 1,00 mg/L. Persamaan regresi linear dan nilai koefisien korelasinya dapat dilihat pada gambar diatas. Nilai persamaan regresi yang diperoleh adalah y=0,408x + 0,0011 dengan nilai koefisien korelasi r sebesar 0,09997. Menurut SNI 06-6989.31.2005, batas koefisien korelasi r yang dapat



Gambar 1. Reaksi pembentukan kompleks biru molibden (Meilani, 2020)



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Ortofosfat

Tabel 1. Hasil Pengujian *Limit of Linearity*

Larutan Standar	Batas Terendah	Batas Tertinggi
	0,05 mg/L	1,00 mg/L
Absorbansi 1	0,0210	0,4100
Absorbansi 2	0,0210	0,4090
Absorbansi 3	0,0200	0,4100
Absorbansi 4	0,0210	0,4100
Absorbansi 5	0,0210	0,4105
Absorbansi 6	0,0205	0,4095
Absorbansi 7	0,0210	0,4100
Absorbansi 8	0,0200	0,4090
Absorbansi 9	0,0205	0,4100
Absorbansi 10	0,0200	0,4090
SD	0,0005	0,0005

diterima dalam validasi minimal 0,995 (Badan Standarisasi Nasional, 2005) yang menunjukkan hasil data dan kurva dapat diterima sehingga proses verifikasi dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Dapat ditarik kesimpulan bahwa kurva kalibrasi ini valid karena sudah melewati batas yang ditentukan SNI.

Nilai *Limit of Linearity* (LOL) ini merupakan batas konsentrasi maksimal, biasanya mengacu pada standar yang digunakan. Batas terendah dan batas tertinggi yang digunakan adalah konsentrasi 0,05 mg/L dan 1,00 mg/L. Pada pengujian ini digunakan SNI 6989.31:2005. Hasil pengujian batas linearitas dapat dilihat pada

Tabel 1, dengan nilai SD pada konsentrasi terendah dan tertinggi sebesar 0,0005.

Penentuan hasil LOL dapat diterima apabila nilainya masih di dalam ambang batas nilai keberterimaan dan ditetapkan menggunakan persamaan $F_{hitung} < F_{tabel}$, dimana F_{tabel} adalah 5,351 dan nilai F_{hitung} yaitu 1,3684. Maka, dapat disimpulkan garis yang terbentuk pada metode ini adalah regresi linear sehingga dapat diterima dan nilai LOL metode SNI 06-6989.31-2005 adalah 1 mg/L.

Parameter batas keberterimaan untuk nilai MDL ada 5, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3, kelima parameternya sudah memenuhi dan didapatkan nilai MDL

Tabel 2. Parameter Batas Keberterimaan Penentuan MDL

Parameter Batas Keberterimaan	
MDL < Spike < 10 MDL	0,017 < 0,05 < 0,17
Signal/Noise (S/N): 2,5 < S/N < 10	2,5 < 9,4888 < 10
% RSD ≤ 20%	10,5388
% R = 100% ± 20%	99,8
% RSD < 2/3 Horwitz	10,5388 < 47,6097

Tabel 3. Hasil Penentuan Repeatabilitas dan Reprodusibilitas

Parameter	%RSD	0.67 Horwitz	%R
Repeatabilitas Analisis ke-1:			
%RSD ≤ 0,67 CV Horwitz	2,75	≤ 16,833	99,80
Repeatabilitas Analisis ke-2:			
%RSD ≤ 0,67 CV Horwitz	2,25	≤ 16,858	98,80
Reprodusibilitas:			
%RSD ≤ 0,67 CV Horwitz	3,56	≤ 16,845	99,30

Tabel 4. Hasil Pengujian Konsentrasi Ortofosfat

Pengulangan	[Ortofosfat] (mg/L)	PP No. 22 Tahun 2021 (mg/L)
I	0,018	<0,2
II	0,018	<0,2
III	0,018	<0,2

sebesar 0.017 mg/L yang besarnya sudah lebih kecil dari nilai spike dan juga nilai 10 kali MDL, nilai S/N sebesar 9,4888, %RSD sebesar 10,5388 yang besarnya di bawah nilai 2/3 CV Horwitz, dengan %R 99,8%.

Repeatabilitas atau keterulangan adalah keseksamaan metode yang dilakukan berulang kali oleh analis yang sama dalam interval waktu yang pendek, sedangkan reprodusibilitas atau ketertiruan adalah keseksamaan metode yang dikerjakan pada kondisi yang berbeda (Harmita, 2004).

Merujuk pada hasil pengujian repeatabilitas dan reprodusibilitas pada Tabel 3, diperoleh nilai %RSD sebesar 2,75% pada analisis pertama, dan 2,25% pada analisis kedua, dengan nilai 0,67 CV Horwitz sebesar 16,833 dan 16,858. Nilai %RSD untuk reprodusibilitas sebesar 3,56% dengan nilai 0,67 CV Horwitz sebesar 16,845. Hasil yang

didapatkan sudah memenuhi syarat dimana untuk penetapan repeatabilitas baik analisis 1 dan analisis 2, kedua nilai CV Horwitz yang diperoleh sudah lebih besar dari nilai %RSD, begitu juga dengan besaran nilai CV Horwitz yang diperoleh untuk penetapan reprodusibilitas. *Sampling* air Sungai Ciliwung yang dilakukan oleh PSIKLH pada bulan Januari tahun 2020 merupakan *grab sampling* dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil yang disajikan pada Tabel 4. sesuai dengan standar yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 ambang batas konsentrasi ortofosfat di dalam air sebesar 0,2 mg/L untuk air kelas 1 dan air kelas 2. Hasil pengujian air Sungai Ciliwung lebih kecil dari ambang batas yang sudah ditetapkan dengan rata-rata konsentrasi yang diperoleh adalah 0,018 mg/L. Dengan

menggunakan metode yang sama, riset sebelumnya melaporkan, kadar ortofosfat di perairan Daerah Istimewa Yogyakarta didapatkan konsentrasi ortofosfat sebesar 0,4587 mg/L. Kadar ortofosfat di D.I Yogyakarta melebihi dari syarat mutu air sungai kelas 2, dengan baku mutu ortofosfat 0,2 mg/L (Haikal, 2022)

4. Simpulan

Laboratorium Air PSIKLH sudah melakukan verifikasi metode pengujian untuk membuktikan bahwa laboratorium air PSIKLH dapat menggunakan metode pengujian kadar ortofosfat dalam air sungai menggunakan asam askorbat berdasarkan SNI 06-6989.31-2005 karena hasil uji verifikasi metode setiap parameter sudah sesuai dengan Baku Mutu Air Nasional Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 lampiran VI untuk air kelas I dan II yaitu 0,2 mg/L. Kadar ortofosfat dalam air Sungai Ciliwung juga masih berada di bawah baku mutu kelas I dan II dengan nilai konsentrasi ortofosfat didalam contoh uji air Ciliwung sebesar 0,018 mg/L.

5. Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada pengelola Kawasan BRIN Serpong, kepada Kepala Pusat PSIKLH sehingga kami dapat melakukan kegiatan verifikasi metode ini dengan baik dan lancar. Terimakasih juga diucapkan kepada pengurus serta analis laboratorium udara, air, dan B3 PSIKLH.

6. Kepengarangan

Penulis pertama melakukan pengujian, dan penyusunan naskah, penulis kedua memantau berjalannya penyusunan naskah, melaksanakan bimbingan dan memberikan sudut pandang serta perbaikan pada saat mengolah dan menginterpretasikan data, sementara penulis ketiga dan penulis keempat membimbing serta menjadi rekan diskusi selama pengujian berlangsung.

Seluruh penulis merupakan suatu kesatuan tim yang tidak terpisahkan memberikan kontribusi disetiap bagiannya.

Daftar Pustaka

- Arnando, D. A., Irawan, A., & Sari, L. I. (2022). *Karakteristik distribusi zat hara nitrat dan fosfat pada air dan sedimen di Estuaria Tanjung Limau Kota Bontang Kalimantan Timur*. 1(2022), 46–53. doi:10.101611.012
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). Air dan air limbah – bagian 31 : Cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat. *SNI 6989.31-2005*, 1–27.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air : Bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Penerbit Kanisius.
- Green, J. (2018). *How do phosphates affect water quality*. Sciencing.Com. <https://sciencing.com/phosphates-affect-water-quality-4565075.html>.
- Hadi, A., & Asiah. (2020). *Verifikasi metode pengujian air & air limbah mendukung penerapan ISO/IEC 17025: 2017* (B. Nugraha (ed.); I). IPB Press.
- Haikal, M. H. (2022). *Penentuan kandungan ortofosfat pada sampel air sungai secara spektrofotometri uv-visible dengan reduksi asam askorbat di Balai Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY*. Universitas Islam Indonesia.
- Harmita. (2004). Petunjuk Pelaksanaan validasi metode dan cara perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3), 117–135.
- Ilham. (2020). *Validasi metode analisis kimia dan verifikasi menurut ISO 17025*. Labmutu. Com. <https://www.labmutu.com/2020/05/verifikasi-dan-validasi-metode-analisis.html>.
- Meilani, S. R. (2020). *Verifikasi metode penentuan fosfat dalam air permukaan menggunakan spektrofotometer UV-VIS di PT Karsa Buana Lestari*. 71. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/30352%0Ahttps://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/30352/17231025SafiraRosaMeilani.pdf?sequence=1>.
- Nagul, E. A., Mckelvie, I. D., Worsfold, P., & Kolev, S. D. (2015). *Analytica Chimica*

- Acta The molybdenum blue reaction for the determination of orthophosphate revisited: Opening the black box. *Analytica Chimica Acta*. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.07.030>.
- Nalumansi, I., Birungi, G., Moodley, B., & Tebandeke, E. (2020). Spectrophotometric determination of low levels of the orthophosphate anion as molybdenum blue using sodium thiosulphate reducing agent. *Oriental Journal Of Chemistry*, 36(6), 1066–1077. doi://10.13005/.ojc/360608.
- PSIKLH. (2014). Cara Uji Kadar Orto Fosfat Terlarut dengan Asam Askorbat secara Spektrofotometri. Instruksi Kerja, IK-7/A/PSI.
- Riyanto. (2015). Validasi & Verifikasi Metode Uji: Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium PEngujian dan Kalibrasi (1st ed.). Deepublish.
- Supriatna, J. (2021). Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.