

Penentuan Ketidakpastian Pengukuran *pH* Air Gambut pada Campuran Kapur, Bentonit dan PAC Sebagai Penjernih Air

Syafri Boy¹, Sariyadi², Budijono³

^{1,3} Universitas Riau, Indonesia

² Universitas Mulawarman, Indonesia

Received : 29 Agustus 2025, Revised : 1 September 2025, Published : 8 September 2025

Corresponding Author

Nama Penulis: Sariyadi

E-mail : sariyadi80@ft.unmul.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan estimasi ketidakpastian pengukuran *pH* air gambut yang telah dijernihkan menggunakan campuran kapur, bentonit, dan PAC, serta memastikan validitas hasil pengukuran sesuai standar ISO/IEC 17025:2017. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan teknik pembacaan langsung (*direct reading*) menggunakan *pH* meter yang telah dikalibrasi dengan larutan penyangga bersertifikat (CRM *pH* 4, *pH* 7, dan *pH* 10). Pengukuran dilakukan sebanyak tujuh kali untuk memperoleh nilai rerata dan simpangan baku, yang kemudian digunakan untuk menghitung ketidakpastian dari berbagai sumber: larutan penyangga, resolusi alat, dan presisi metode. Hasil menunjukkan bahwa nilai *pH* air gambut setelah perlakuan adalah 7,6 dengan ketidakpastian gabungan sebesar 0,02177 dan ketidakpastian diperluas sebesar 0,0435. Nilai ini berada dalam batas keberterimaan alat ukur dan sesuai dengan Permenkes No. 32 Tahun 2017. Implikasi dari penelitian ini menegaskan pentingnya evaluasi ketidakpastian dalam pengujian laboratorium untuk menjamin akurasi dan akuntabilitas data, serta mendukung pengembangan teknologi penjernihan air gambut berbasis sumber lokal yang relevan untuk wilayah tropis seperti Kalimantan dan Sumatera.

Kata kunci – ketidakpastian, pengukuran, pengujian, *pH*

Abstract

This study aims to determine the measurement uncertainty of *pH* in peat water treated with a mixture of lime, bentonite, and PAC, and to validate the results in accordance with ISO/IEC 17025:2017 standards. A quantitative approach was employed using direct reading techniques with a calibrated *pH* meter and certified reference buffer solutions (CRM *pH* 4, *pH* 7, and *pH* 10). Measurements were conducted seven times to obtain the mean and standard deviation, which were then used to calculate uncertainty contributions from buffer solutions, instrument resolution, and method precision. The results showed that the *pH* of the treated peat water was 7.6, with a combined uncertainty of 0.02177 and an expanded uncertainty of 0.0435. These values fall within the acceptable range of the instrument and comply with the Indonesian Ministry of Health Regulation No. 32 of 2017. The findings underscore the importance of uncertainty evaluation in laboratory testing to ensure data accuracy and accountability, while also supporting the development of locally sourced peat water treatment technologies suitable for tropical regions such as Kalimantan and Sumatra.

Keywords - uncertainty, measurement, testing, *pH*

How to Cite : Boy, S., Sariyadi, S., & Budijono, B. (2025). Penentuan Ketidakpastian Pengukuran *pH* Air Gambut pada Campuran Kapur, Bentonit dan PAC Sebagai Penjernih Air. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 2(4), 743–750. <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v2i4.587>

Copyright ©2025 Syafri Boy, Sariyadi Sariyadi, Budijono Budijono

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



PENDAHULUAN

Perkembangan dan permintaan dari berbagai macam parameter khususnya analisis kimia air, semakin dituntut dengan nilai akurasi yang tepat. Hasil uji laboratorium yang akuntabel harus menggunakan metoda uji yang standard. Pada butir klausul 7.6 dalam ketentuan ISO/IEC 17025-2017, setiap laboratorium harus melakukan evaluasi atau ketidakpastian pengukuran. Untuk memberikan data hasil uji yang akuntabel yaitu akurasi dan presisi, laboratorium harus menggunakan metoda uji yang standar, baik Standar Nasional Indonesia (SNI) ataupun Standar Internasional. Pada butir klausul 7.6 dalam ketentuan ISO/IEC 17025-2017 dikatakan laboratorium pengujian harus melakukan evaluasi atau ketidakpastian pengukuran. Hal ini merupakan aspek penting dalam penerapan sistem manajemen laboratorium dalam rangka memastikan hasil pengujian valid, akurat dan dapat dipercaya (ISO 17025: 2017, n.d.).

Berbicara tentang larutan atau benda cair tidak terlepas dengan istilah pH. Istilah pH pertama kali dicetuskan oleh seorang ahli biokimia asal Denmark bernama *Soren Peter Lauritz Sorensen* pada Tahun 1909. pH (Power of Hydrogen) merupakan ukuran kuantitatif yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan, berdasarkan konsentrasi ion hidrogen (H^+) yang terkandung di dalamnya. (Mufida et al., 2020). pH, singkatan dari Potential Hydrogen, merujuk pada tingkat konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan. Istilah "potensial" berasal dari bahasa Jerman *potenz*, yang berarti kekuatan, sedangkan "hidrogen" merupakan unsur kimia alami yang umum ditemukan di lingkungan. Oleh karena itu, pH sering diartikan sebagai "kekuatan hidrogen" atau Power of Hydrogen, yang mencerminkan kemampuan suatu larutan untuk menunjukkan sifat asam atau basa berdasarkan kandungan ion H^+ . (Wikipedia, 2022). pH adalah parameter kimia yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen (H^+) dalam larutan berair. Nilainya ditentukan berdasarkan logaritma negatif konsentrasi ion H^+ , dan digunakan untuk menilai tingkat keasaman atau kebasaan. Pengukuran pH penting dalam analisis kualitas air karena memengaruhi reaksi kimia, kelarutan senyawa, dan efektivitas proses pengolahan. (Utami, 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merumuskan model kolaboratif pengelolaan SDA yang mengintegrasikan hukum adat menentukan estimasi ketidakpastian dalam pengukuran pH air gambut pada campuran kapur, bentonite dan pac sebagai penjernih air.

TINJAUAN PUSTAKA

pH merupakan salah satu parameter krusial dalam analisis kualitas air. Untuk memastikan air memenuhi standar mutu—yakni tidak memiliki rasa, bau, maupun warna—pH berperan sebagai indikator utama yang memengaruhi karakteristik organoleptik tersebut (Amani, f., 2016). Perubahan pH air juga dapat menyebabkan berubahnya bau, rasa dan warna pada air (Rahmanto et al., 2020). Pada penelitian (Boy Syafri, 2021) untuk merubah air gambut menjadi lebih baik dimana air gambut yang awalnya berwarna kecoklatan menjadi bening/tidak berwarna dapat menggunakan campuran 0,5 g kapur, 0,51 g bentonit dan 0,49 g PAC. Dosis yang sudah ditentukan ini terlihat untuk nilai kelayakan pH yang didapat sudah merujuk pada Permenkes No 32 Tahun 2017. Nilai pH yang didapat pada dosis ini adalah 7,6. Namun secara pengukuran akurasi dan presisi nilai pH ini perlu dilakukan pengujian nilai ketidakpastian pengukuran agar sesuai dengan butir klausul 7.6 dalam ketentuan ISO/IEC 17025-2017, laboratorium pengujian harus melakukan evaluasi atau ketidakpastian pengukuran.

Menurut (Hadi A, 2019) hasil dari pengukuran harus melalui suatu uji yaitu ketidakpastian dimana adanya rentang nilai yang dalam rentang tersebut terdapat nilai benar. Ketidakpastian pengukuran tidak menyiratkan keraguan tentang validitas pengukuran tetapi sebaliknya memberikan pengetahuan untuk meningkatkan keyakinan terhadap validitas dari hasil pengukuran (Riyanto, 2016). Mardiana, (2020) menyatakan, ketidakpastian pengukuran dapat diidentifikasi dengan melihat sumber-sumber yang dimiliki terhadap nilai ketidakpastian pengukuran. Sumber-sumber tersebut

dapat disajikan diagram *fish bond* dari jenis yang akan dianalisis sehingga diagram *fish bond* berisi berbagai sumber ketidakpastian antara lain, pengambilan sampel, kondisi lingkungan, kondisi/ketelitian alat dan lain-lain, (Addul Rohman, 2022), pengukuran harus dilakukan berulang dan sesering mungkin karena menurut (Hadi A, 2019) pengukuran hendaknya diulang beberapa kali untuk meminimalisir terjadinya kesalahan sehingga ketidakpastian pengukuran ini tidak sama dengan presisi melainkan ketidakpastian pengukuran didalamnya terdapat nilai presisi dari semua metode.

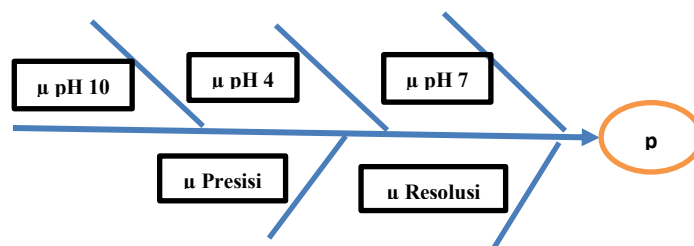
Dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tanggal 19 April 2010 air gambut tergolong air yang tidak memenuhi persyaratan air bersih untuk dikonsumsi. Penggunaan kapur, bentonite dan PAC bertujuan untuk menetralkan pH lahan air gambut (Boy Syafri, 2021). Campuran koagulan ini diharapkan dapat menghasilkan air bersih dari sumber air gambut. Derajat Keasaman (pH) yang rendah pada air gambut menyebabkan air terasa asam yang dapat menimbulkan kerusakan gigi dan sakit perut (Notodarmojo, 1994). Sedangkan pH yang ideal untuk mendukung kehidupan organisme akuatik pada umumnya terdapat antara 7,0 - 8,5. Parameter pH yang dihasilkan nilai signifikan (Anova) dari faktor perlakuan yaitu sebesar $0,000 < 0,01$ ($\alpha=1\%$), artinya pemberian kapur, bentonit dan PAC terhadap pH berpengaruh sangat nyata dalam kenaikan pH (Boy Syafri, 2021). Namun apakah nilai pengukuran pH ini valid atau tidak perlu dilakukan uji ketidakpastian pengukuran pH. Menurut (Hadi A, 2019) perhitungan ketidakpastian pH meter menggunakan pendekatan *Top-down*, yaitu perhitungan yang tidak berdasarkan rumus matematika *bottom-up* namun berdasarkan hasil akhir nilai akurasi dan presisi hasil suatu pengukuran dari alat pH meter yang terkalibrasi menggunakan larutan CRM (*Certified Reference Material*) pH 4, pH 7 dan pH 10. Larutan CRM tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1.

Larutan penyangga/buffer/ CRM pH 4, pH 7 dan pH 10

Sedangkan (Mardiana, 2020) menyatakan, sumber-sumber ketidakpastian pengukuran pH yaitu sertifikat yang berasal dari larutan penyangga, ketidakpastian yang berasal dari resolusi alat, ketidakpastian yang berasal dari presisi metode, Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram *Fish Bond* tentang pengukuran pH pada Gambar 2.



Gambar 2.

Diagram *fish bond* pengukur pH

METODE

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi gelas beaker, pipet tetes, pipet ukur, serta perangkat pH meter. Adapun bahan yang digunakan terdiri dari larutan akuades, larutan buffer standar CRM/SRM dengan pH 4, pH 7, dan pH 10, serta larutan sampel uji. Seluruh rangkaian percobaan dan proses pengolahan data dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Limbah, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif *direct reading* dimana menghitung berapa besar nilai ketidakpastian pengukuran pH air gambut yang sudah diberi PAC, bentonit dan kapur pada dosis yang sudah ditetapkan dengan menggunakan program *Exel Windows 11 Microsoft Office 2021*.

Prosedur Kerja

1. Kalibrasi pH meter

Kalibrasi merupakan proses sistematis yang bertujuan untuk menentukan keterkaitan antara nilai yang dihasilkan oleh suatu alat ukur, sistem pengukuran, atau bahan acuan, dengan nilai referensi yang ditetapkan oleh standar yang berlaku, dalam kondisi tertentu. Prosedur ini memastikan bahwa hasil pengukuran memiliki akurasi dan ketertelusuran yang dapat dipertanggungjawabkan secara metrologis *dalam* (Irawan, 2019). Kalibrasi merupakan proses penetapan deviasi antara hasil pembacaan alat ukur atau bahan ukur standar dengan nilai acuan yang dianggap mendekati nilai benar. Tujuannya adalah untuk memastikan ketertelusuran pengukuran terhadap standar yang diakui secara metrologis. (Irawan, 2019). Kalibrasi pH meter menggunakan larutan penyangga yaitu pH 4, pH 7 dan pH 10 dengan cara membilas dengan air suling/akuades terlebih dahulu prop/elektroda pH meter tersebut, dikeringkan dengan tisu lalu dicelupkan ke larutan penyangga.

2. Pembacaan pH Sampel

Setelah alat pH meter dikalibrasi, selanjutnya langsung diukur nilai pH sampel dan mencatat berapa nilai skala yang muncul pada layar alat pH meter. Pembacaan nilai pH dilakukan dengan ulangan sebanyak 7 kali. Data yang diambil adalah rerata (1) dan simpangan baku/standar deviasi (2) dengan menggunakan rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

\bar{x} = rerata hasil pengukuran

X_i = pengukuran ke-i

n = jumlah pengulangan pengukuran

$$sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Keterangan:

sd = simpangan baku

x = rerata hasil pengukuran

x_i = pengukuran ke-i

n = jumlah pengulangan

3. Ketidakpastian Sertifikat Larutan Penyangga

Sertifikat larutan penyangga biasa didapat dari sertifikat yang tertera pada botol larutan penyangga dari masing-masing penyedia/ produsen. Untuk larutan penyangga/buffer pH 4 \pm 0,02 dengan tingkat kepercayaan 95% dengan $k = 2$. untuk pH 7 \pm 0,02 dan pH 10 \pm 0,03 dengan

tingkat kepercayaan 95% dengan $k = 2$, sehingga didapatkan rumus untuk ketidakpastian sertifikat larutan penyangga adalah :

$$\mu pH = \frac{\text{ketidakpastian sertifikat}}{k} \quad (3)$$

Keterangan : $k = 2$

4. Ketidakpastian Resolusi Alat

Resolusi alat adalah skala terkecil yang mampu dideteksi oleh alat. Ketidakpastian resolusi alat bisa dilihat pada sertifikat atau *manual book* pH meter. Untuk alat pH meter yang digunakan di laboratorium dengan merek Hanna dengan resolusi yang terdapat pada sertifikat atau *manual book* adalah 0,01 dengan selang kepercayaan 95% $k=2$. Untuk rumus ketidakpastian resolusi alat adalah:

$$\mu \text{ resolusi alat} = \frac{\text{ketidakpastian sertifikat}}{k} \quad (4)$$

5. Ketidakpastian Presisi Metode

Ketidakpastian presisi metode dapat diukur dengan cara menggunakan evaluasi ketidakpastian tipe A dimana ketidakpastian presisi metode merupakan nilai standar deviasinya. Menurut (Mardiana, 2020) ketidakpastian tipe A adalah pekerjaan eksperimental dan dihitung dari rangkaian pengamatan yang berulang-ulang. (Hadi A, 2019) dan (Addul Rohman, 2022) menjelaskan evaluasi ketidakpastian tipe A digunakan apabila melakukan pengulangan pengukuran sebanyak n kali dan melakukan analisis statistika terhadap hasil-hasil pengukuran. Standar deviasi dapat menggunakan rumus (2) dimana standar deviasi = μ presisi metode = $sd = \sqrt{S^2}$

6. Ketidakpastian Gabungan

Untuk menghitung kepastian gabungan, karena masing-masing sumber ketidakpastian satuan memiliki satuan yang sama maka rumus menghitung ketidakpastian gabungan adalah :

$$\mu c = \sqrt{\mu pH^4 + \mu pH^7 + \mu pH^{10} + \mu \text{Resolusi}^2 + \mu \text{Presisi}^2} \quad (5)$$

7. Ketidakpastian Diperluas

Menurut (Addul Rohman, 2022), ketidakpastian yang diperluas diperoleh dengan mengalikan ketidakpastian gabungan dengan suatu faktor cakupan. Untuk taraf kepercayaan 95% digunakan faktor cakupan sebesar $k = 2$ (Hadi A, 2019). Ketidakpastian diperluas menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mu = \mu \text{ gabungan} \times k \quad (6)$$

Keterangan :

$$k = 2$$

PEMBAHASAN

Pembacaan pH Sampel

Dalam penelitian (Boy Syafri, 2021) nilai pH yang didapat pada dosis ini adalah 7,6. Pengukuran nilai pH ini perlu dilakukan pengujian ketidakpastian pengukuran. Hasil pengujian ketidakpastian pengukuran pH menggunakan rumus (1) dan (2) dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1. didapat bahwa untuk nilai pH 7,6 diperoleh standar deviasi adalah 0,0049. Nilai ini juga sama menunjukkan ketidakpastian presisi metode sebesar 0,0049. Standar deviasi dari sampel yang ukur

dengan metode tipe A memberikan nilai yang sama untuk Ketidakpastian (μ) metode presisi (Mardiana, 2020).

Tabel 1.

Presisi dan Pembacaan Nilai pH Sampel	
Ulangan	pH Sampel
1	7,60
2	7,61
3	7,60
4	7,60
5	7,60
6	7,60
7	7,61
r	7,6029
SD	0,0049

Ketidakpastian Sertifikat Larutan Penyangga

Sertifikat larutan penyangga bisa didapat dari sertifikat yang tertera pada botol larutan penyangga atau *Certified Reference Material* (CRM). Dalam Tabel 2. dapat dilihat ketidakpastian larutan penyangga menggunakan rumus (3) dengan tingkat kepercayaan 95% (*on certificate*).

Tabel 2.

Nilai Ketidakpastian (μ) Larutan Penyangga			
Larutan Penyangga	Nilai Sertifikat	k	μ pH
pH 4	0,02	2	0,010
pH 7	0,02	2	0,010
pH 10	0,03	2	0,015

Tabel 2. dapat dilihat nilai ketidakpastian (μ) larutan penyangga/buffer untuk μ pH 4 dan μ pH 7 masing-masing 0,010 dan μ pH 10 adalah 0,015. Nilai ini untuk taraf kepercayaan 95% digunakan faktor cakupan sebesar 2 (Hadi A, 2019).

Ketidakpastian Resolusi Alat

Ketidakpastian resolusi alat bisa dilihat pada sertifikat atau *manual book* pH meter. Dalam Tabel 3. dapat dilihat ketidakpastian (μ) resolusi alat pH meter menggunakan rumus (4) dengan selang kepercayaan 95% (*on manual book*).

Tabel 3.

Ketidakpastian (μ) Resolusi Alat pH Meter			
Nama Alat	Nilai Sertifikat	K	μ Resolusi Alat
pH	0,01	2	0,005

Pada Tabel 3. diatas dapat dilihat ketidakpastian (μ) resolusi alat pH meter adalah 0,005. Ketidakpastian resolusi alat pada sertifikat atau *manual book* pH meter menunjukkan selang kepercayaan 95% digunakan faktor cakupan sebesar 2 (Hadi A, 2019).

Ketidakpastian Presisi Metode

Ketidakpastian (μ) presisi metode tipe A ini sama dengan nilai standar deviasi dari sampel yang ukur yang dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1. didapat bahwa untuk nilai pH 7,6 tersebut

diperoleh standar deviasi adalah 0,0049. Maka dengan ini nilai ketidakpastian (μ) presisi metode adalah 0,0049. Standar deviasi dari sampel yang ukur dengan metode tipe A memberikan nilai yang sama kuntuk Ketidakpastian (μ) metode presisi (Mardiana, 2020).

Ketidakpastian Gabungan

Ketidakpastian gabungan dari masing-masing unsur diatas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.

Ketidakpastian Gabungan dan Ketidakpastian Diperluas.

Asal Ketidakpastian	μ^2
pH 4	0,0100
pH 7	0,0100
pH 10	0,0150
Resolusi Alat	0,0050
Presisi Metode	0,0049
Jumlah	0,000474
Ketidakpastian Gabungan	0,02177
Ketidakpastian Diperluas	0,04354
Pelaporan	(7,6 \pm 0,04)

Dari Tabel 4 ketidakpastian gabungan diperoleh nilai sebesar 0,02177. Nilai ini merupakan gabungan dari semua unsur ketidakpastian yang terdapat pada diagram *fish bond*. Menurut (Addul Rohman, 2022) penentuan ketidakpastian gabungan dilakukan dengan menggabungkan semua ketidakpastian baku (pada *fish bond*) melalui hukum perambatan ketidakpastian. (Hadi A, 2019), menjelaskan salah satu metode gabungan yang digunakan adalah dengan cara menjumlahkan dari semua ketidakpastian baku.

Ketidakpastian Diperluas

Dari Tabel 4. diatas dapat dilihat bahwa tingkat kepercayaan 95% faktor pengalinya adalah 2, sehingga didapatkan nilai ketidakpastian diperluas adalah 0,04354. Menurut (Hadi A, 2019) Ketidakpastian diperluas merupakan nilai ketidakpastian yang diperoleh dengan mengalikan ketidakpastian baku gabungan dengan suatu faktor cakupan. Faktor cakupan ini adalah konstanta numerik yang, ketika dikalikan dengan ketidakpastian baku gabungan, menghasilkan rentang ketidakpastian diperluas. Pada tingkat kepercayaan 95%, nilai faktor cakupan umumnya sebesar 2. Sebagai contoh, hasil analisis pH sampel dilaporkan sebesar 7,6 \pm 0,04, yang menunjukkan bahwa nilai tersebut berada dalam rentang ketidakpastian yang dapat diterima. Berdasarkan referensi dari Hadi A (2019), batas keberterimaan pH meter untuk pengukuran air sampel adalah \pm 0,1 satuan pH, sehingga nilai yang diperoleh telah memenuhi standar presisi dalam kondisi pengukuran normal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa campuran kapur (0,5 g), bentonit (0,51 g), dan PAC (0,49 g) terbukti efektif dalam menjernihkan air gambut yang semula berwarna kecoklatan menjadi bening dan layak sebagai sumber air bersih. Nilai pH akhir sebesar 7,6 menunjukkan bahwa air hasil olahan telah memenuhi standar kelayakan air bersih sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023. Untuk memastikan validitas hasil pengukuran pH, dilakukan evaluasi ketidakpastian pengukuran sesuai klausul 7.6 ISO/IEC 17025:2017, yang mencakup ketidakpastian dari larutan penyangga (CRM), resolusi alat, dan presisi metode. Hasil analisis menunjukkan ketidakpastian gabungan sebesar 0,02177 dan ketidakpastian diperluas sebesar 0,0435, sehingga pelaporan nilai pH air sampel adalah 7,6 \pm 0,04. Nilai ini berada dalam batas keberterimaan pH meter dan mencerminkan akurasi serta presisi yang

dapat dipertanggungjawabkan secara metrologi. Pendekatan top-down yang digunakan dalam perhitungan ketidakpastian memberikan gambaran realistis terhadap kondisi pengukuran aktual di laboratorium. Temuan ini tidak hanya menegaskan efektivitas formulasi bahan penjernih air gambut, tetapi juga memperkuat pentingnya penerapan sistem manajemen mutu laboratorium dalam menghasilkan data yang valid, akuntabel, dan sesuai regulasi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan teknologi pengolahan air berbasis sumber lokal serta penguatan kapasitas laboratorium lingkungan, khususnya dalam konteks pengelolaan air gambut di wilayah tropis seperti Sumatera dan Kalimantan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rohman. (2022). *Validasi dan Penjamin Mutu. Metode Analisis Kimia*. (cetakan ke). Gadjah Mada University Press.
- Amani, f., & P. (2016). *Alat Ukur Kualitas Air Minum Dengan Parameter Ph, Suhu, Tingkat Kekeruhan, Dan Jumlah Padatan Terlarut*. 14, 49–62.
- Boy Syafri, . Helvitri. (2021). Campuran Kapur, Bentonit dan PAC Sebagai Penjernih Air Gambut Pada Skala Laboratorium. *Seminar Nasional PPLPI*.
- Hadi A. (2019). *Ketidakpastian Pengujian. Mendukung Penerapan ISO/IEC 17025:2017* (cetakan ke). PT. Penerbit IPB Press.
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44750>
- ISO 17025: 2017. (n.d.). *The International Organization for Standardization and The International Electrotechnical Commission (IEC) 2017. ISO/IEC 17025: 2017, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- Mardiana. (2020). *Studi Kasus. Penetapan Estimasi Ketidakpastian Pengukuran Kimia. Melalui pendekatan Bottom Up* (Korry Novitriani (ed.); Cetakan Ke). Pt. LabMania Indonesia Jaya. Bekasi. Jawa Barat.
- Mufida, E., Anwar, R. S., Khodir, R. A., & Rosmawati, I. P. (2020). Perancangan Alat Pengontrol pH Air Untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno. *INSANtek*, 1(1), 13–19.
- Notodarmojo, S. (1994). *Pengolahan Air Berwarna, Kajian Terhadap Studi Laboratorium. Makalah Loka Karya Air Berwarna*.
- Rahmanto, Y., Rifaini, A., Samsugi, S., & Riskiono, S. D. (2020). Sistem Monitoring pH Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 23. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.711>
- Riyanto. (2016). *Validasi & Verifikasi Metode Uji. Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi* (cetakan ke). CV. Budi Utama.
- Utami, S. N. (2022). *Pengertian pH dan Cara Menghitungnya*. Kompas.Com. <https://www.kompas.com/skola/read/2021/12/16/163319069/pengertian-ph-dan-cara-menghitungnya?page=all>
- Wikipedia. (2022). *pH*. <https://en.wikipedia.org/wiki/PH>