



Penerapan Prinsip Bioetika dalam Pemeriksaan Kualitas Air (Pb dan Cd) dengan Metode AAS (Atomic Absorption Spectro-Photometer) (Studi Kasus di UPT Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Kota Medan)

Nita Maya Sari Pane¹, Zihan Zahriani Batubara², Ahmad Shafwan Pulungan³,
Nurbaity Situmorang⁴

¹⁻⁴Universitas Negeri Medan, Indonesia

Email : zihanzahriani2@gmail.com

Alamat : Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten
Deli Serdang, Sumatera Utara 20221

Korespondensi penulis: zihanzahriani2@gmail.com

Abstract. *Current water safety issues in society are very diverse. Water quality safety issues are closely related to the bioethics of water testing, because water testing involves protecting human health and the environment. Water quality testing is an important part of ensuring that the water consumed is safe for human health. The purpose of this study was to evaluate the application of bioethical principles in water quality testing (Pb and Cd). This study was conducted in March 2025 at the UPT Food Security Laboratory of Medan City. The data analysis used in this study used qualitative descriptive methods to see the pattern of observation responses. The results of the study showed that in the bioethical aspect of sample testing, analysts who conducted the testing had implemented bioethics or SOPs that apply in food quality and safety testing laboratories. In conducting water testing for lead and cadmium examination, the procedures used were in accordance with applicable requirements using testing procedures from SNI (Indonesian National Standard).*

Keywords: *Bioethics, Standard Operational Procedure (SOP), Water Quality Inspection.*

1. LATAR BELAKANG

Pemeriksaan kualitas air sumur dan air minum untuk mendeteksi keberadaan logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) sangat penting dilakukan, mengingat dampak negatif yang ditimbulkan oleh paparan logam berat tersebut terhadap kesehatan manusia. Paparan timbal dapat menyebabkan gangguan sistem saraf, anemia, dan kerusakan ginjal, sedangkan kadmium dapat mengakibatkan kerusakan pada ginjal, paru-paru, dan tulang. Oleh karena itu, pemantauan kadar logam berat dalam air minum menjadi krusial untuk mencegah risiko kesehatan yang serius. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam berat dalam air adalah Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Metode ini memiliki sensitivitas dan akurasi yang tinggi dalam mengukur konsentrasi logam berat, sehingga cocok untuk analisis rutin logam terlarut dalam sampel air. Penelitian yang dilakukan oleh Handriyani dkk. (2019) menunjukkan bahwa

kandungan timbal dalam sampel air sumur gali bervariasi antara 0,0060 mg/L hingga 0,1023 mg/L, dengan beberapa sampel melebihi ambang batas maksimum yang diizinkan oleh peraturan yang berlaku (Handriyani et al., 2020).

Dalam konteks bioetika, pemeriksaan kualitas air minum harus memperhatikan prinsip-prinsip seperti non-maleficence (tidak merugikan) dan beneficence (berbuat baik). Hal ini berarti bahwa pengujian dan pelaporan hasil harus dilakukan dengan akurat dan transparan untuk memastikan bahwa masyarakat tidak dirugikan oleh informasi yang keliru atau tidak lengkap. Selain itu, prinsip keadilan menuntut bahwa semua individu memiliki akses yang sama terhadap informasi mengenai kualitas air yang mereka konsumsi, serta terhadap tindakan pencegahan atau penanggulangan yang diperlukan (Handriyani et al., 2020). Penelitian yang mengintegrasikan prinsip-prinsip bioetika dalam pemeriksaan kualitas air minum dapat memberikan panduan bagi produsen dan regulator dalam memastikan bahwa air minum yang disediakan aman untuk dikonsumsi. Sebagai contoh, penelitian yang menguji penerapan prinsip bioetika terhadap data hasil pengujian cemaran air minum dalam kemasan dapat membantu memastikan bahwa produsen mematuhi standar keamanan yang ditetapkan, sehingga melindungi konsumen dari potensi bahaya kesehatan. Dengan demikian, penerapan prinsip bioetika dalam pemeriksaan kualitas air sumur dan air minum, khususnya dalam mendeteksi kandungan timbal dan kadmium menggunakan metode AAS, merupakan langkah penting dalam melindungi kesehatan masyarakat dan memastikan keadilan dalam akses terhadap air minum yang aman (Rhamadani et al., 2024).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengetahui dan mengevaluasi penerapan bioetika yang telah diterapkan di UPT Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Kota Medan dalam Pengujian Kualitas Air (Pb dan Cd) Menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer).

2. KAJIAN TEORITIS

Konsep Bioetika

Bioetika dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang etika, hukum, filosofis dan segala permasalahan yang terkait dengan sains dan biologi. Bioetika memiliki prinsip - prinsip dasar dalam pengembangannya yaitu setiap individu diberikan kebebasan dalam bertindak sesuai dengan kodratnya, tidak diperbolehkan merusak alam dan merugikan makhluk hidup lain, harus melindungi dan menyelamatkan makhluk hidup yang sedang dalam bahaya, dan makhluk hidup harus diperlakukan baik sesuai dengan kodratnya (Murti et al., 2021).

Prinsip bioetika adalah pedoman moral yang digunakan untuk menentukan tindakan yang tepat dalam konteks kehidupan manusia dan biologi, terutama dalam bidang kedokteran dan ilmu kesehatan. Ada empat prinsip utama dalam bioetika, yaitu prinsip otonomi, yang menghargai hak individu untuk membuat keputusan atas tubuh dan hidupnya; prinsip beneficence, yang mengharuskan tindakan yang mendatangkan manfaat dan kebaikan bagi individu dan masyarakat; prinsip non-maleficence, yang mengutamakan untuk tidak melakukan kerugian atau bahaya pada orang lain; dan prinsip keadilan, yang menekankan pentingnya distribusi sumber daya dan perlakuan yang adil terhadap semua orang. Prinsip-prinsip ini saling melengkapi dan sering kali diterapkan dalam pengambilan keputusan medis atau kebijakan kesehatan untuk memastikan keseimbangan antara hak individu dan kepentingan umum (Murti et al., 2021).

Konsep Pemeriksaan Kualitas Air

Pemeriksaan kandungan logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam air sangat penting untuk memastikan kualitas air dan meminimalkan risiko kesehatan masyarakat. Timbal dan kadmium adalah dua logam berat yang sering ditemukan dalam air limbah industri, pertanian, dan aktivitas manusia lainnya. Kedua logam ini bersifat toksik, bahkan dalam konsentrasi rendah, dan dapat mengakumulasi dalam tubuh, menyebabkan gangguan serius pada sistem organ seperti ginjal, hati, dan sistem saraf (Yedder et al., 2016). Oleh karena itu, pengawasan rutin terhadap kandungan logam berat ini sangat diperlukan untuk memastikan kualitas air yang aman untuk konsumsi manusia dan lingkungan.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendeteksi timbal dan kadmium dalam air. Salah satu teknik yang paling sering digunakan adalah spektroskopi serapan atom (AAS), yang memungkinkan deteksi logam berat pada tingkat konsentrasi yang sangat rendah dengan akurasi tinggi. Teknik ini bekerja dengan mengukur jumlah cahaya yang diserap oleh atom logam dalam sampel air, memberikan informasi kuantitatif mengenai konsentrasi logam berat tersebut. AAS memiliki sensitivitas yang sangat baik dan digunakan secara luas dalam analisis air untuk timbal dan kadmium (Liu et al., 2020).

Peran Analis dalam Pemeriksaan Kualitas Air

Analisis kualitas air untuk logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) merupakan langkah penting dalam mengukur konsentrasi kedua logam ini dalam sampel air. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menilai tingkat pencemaran serta dampaknya terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Sebagai logam berat, Pb dan Cd memiliki sifat toksik, tidak dapat terurai secara alami, dan cenderung terakumulasi dalam organisme hidup. Oleh karena itu, pemantauan keberadaan logam-logam ini dalam sumber air sangatlah penting. Pemeriksaan kualitas air perlu dilakukan untuk memastikan bahwa air yang dikonsumsi oleh masyarakat memenuhi standar yang ditetapkan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI) Nomor 32 Tahun 2017, pemeriksaan mutu air meliputi analisis parameter fisik dan kimiawi. Salah satu aspek dari parameter kimiawi adalah kandungan zat-zat anorganik dan organik, yang harus berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan untuk menjaga kesehatan masyarakat dan lingkungan.

Analisis laboratorium memiliki peran penting dalam pemeriksaan kualitas air, terutama dalam mendeteksi dan menganalisis kandungan logam berat seperti Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd). Melalui penelitian yang sistematis, peneliti dapat mengidentifikasi tingkat kontaminasi, sumber pencemaran, serta dampaknya terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Adapun tugas dan tanggung jawab seorang analis laboratorium meliputi berbagai kegiatan yang berkaitan dengan pengujian, analisis, dan pengolahan data dari sampel yang diuji di laboratorium (Suryadirja et al., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2025 di UPT Laboratorium Ketahanan Pangan Kota Medan, Jalan Budi Pembangunan II No.14, Pulo Brayan Kota, Kec. Medan Bar., Kota Medan, Sumatera Utara 20238, Indonesia. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan adalah lembar observasi yang diisi oleh pengamat (mahasiswa magang) secara langsung pada saat pengujian kualitas air dilakukan. Lembar observasi meliputi tanggal observasi, nama pengamat, nama analis, dan aspek aspek bioetika yang diantaranya bioetika dalam persiapan sampel, bioetika dalam pengujian sampel, dan bioetika dalam data hasil pengujian.

Teknik Pengumpulan data

Dalam penelitian ini data dikumpulkan melalui lembar observasi dan wawancara. Lembar observasi diisi secara langsung oleh pengamat pada saat pengujian. Lembar observasi tersebut terdiri atas beberapa pernyataan mengenai aspek bioetika dalam pengujian kualitas air (Pb & Cd). Hasil dari lembar observasi kemudian dipaparkan dan dijelaskan untuk membuat kesimpulan tentang kualitas penerapan bioetika dalam pengujian kualitas air (PB & Cd) di UPT Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan. Pengumpulan data juga dilakukan dengan wawancara secara langsung pada analis yang melakukan pengujian terkait aspek aspek bioetika yang harus diterapkan saat pengujian kualitas air.

Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini dilakukan dengan meminta izin dari pihak UPT Laboratorium untuk melakukan observasi serta wawancara pada analis. Peneliti juga mengumpulkan dokumentasi yang relevan untuk dijadikan lampiran data penelitian.

Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan deskriptif kualitatif yaitu untuk melihat pola tanggapan observasi. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan data yang diperoleh. Teknik analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan mendeskripsikan dan menjelaskan hasil aspek bioetika yang diobservasi. Penyajian Data disajikan dengan bentuk naratif, dimana dengan menyajikan hasil data sesuai dengan pokok permasalahannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tabel hasil observasi yang dilakukan oleh pengamat terhadap penerapan prinsip bioetika dalam penerapan bioetika dalam pengujian kualitas air (PB & Cd) di UPT Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan (Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian, dan Perikanan) didapatkan data yang disajikan dalam tabel di bawah. Observasi yang dilakukan memuat 3 aspek bioetika diantaranya bioetika dalam persiapan sampel, bioetika dalam pengujian sampel, dan bioetika dalam data hasil pengujian yang diamati pada pengujian kualitas air (timbal & kadmium)

Tabel 1. Tabel hasil observasi

No	Aspek Bioetika	Aspek yang Diamati	Ya	Tidak
1.	Bioetika dalam Persiapan sampel	Proses pengambilan dan persiapan sampel dilakukan dengan memperhatikan kepatuhan terhadap prinsip kesehatan dan keamanan	✓	
2.		Proses pengambilan sampel dilakukan secara transparana dan akuntabilitas	✓	
3.		Proses pengambilan sampel dilakukan dengan adil dari berbagai sumber representatif dan tidak memihak kepada kelompok / individu tertentu	✓	
4.		Dalam pengambilan sampel dipastikan bahwa hak hak semua pihak yang terlibat dihormati	✓	
5.		Produsen (penyedia sampel air galon dan air sumur) diberi tahu tentang tujuan pengambilan sampel	✓	
6.	Bioetika dalam Pengujian Sampel	Pengujian kualitas air (timbal & kadmium) dilakukan dengan tujuan melindungi kesehatan manusia	✓	
7.		Pengujian kualitas air (timbal & kadmium) dilakukan dengan memastikan air yang diuji aman untuk digunakan dalam berbagai keperluan	✓	
8.		Setiap pihak yang terlibat dalam pengujian kualitas air (Pb & Cd) memiliki akses yang adil terhadap hasil pengujian	✓	
		Pengujian kualitas air (timbal & kadmium) dilakukan dengan memperhatikan dampak terhadap lingkungan (pembuangan, pengelolaan, dan penggunaan)	✓	

9.		Pengujian kualitas air (timbal & kadmium) dilakukan dengan standar SNI : 01-3554-2006 dengan hak hak dan memperhatikan semua variabel yang dapat mempengaruhi hasil	✓	
10.		Pengujian kualitas air (timbal & kadmium) harus dilakukan dengan prosedur yang tidak merugikan pihak manapun, baik fisik maupun psikologis	✓	
11.		Pengujian kualitas air untuk memberikan manfaat kepada masyarakat dan memastikan air yang digunakan aman dan bebas dari kontaminasi	✓	
12.		Data yang diperoleh dari pengujian kualitas air disajikan secara jujur dan akurat tanpa manipulasi atau distorsi	✓	
13.	Bioetika dalam Data Hasil Pengujian	Data yang diperoleh dari pengujian kualitas air yang melibatkan informasi sensitif harus dijaga kerahasiannya	✓	
14.		Hasil pengujian tidak dipengaruhi oleh kepentingan pribadi atau eksternal yang mengarah pada penyimpangan	✓	
15.		Hasil pengujian dijelaskan dengan jelas dan terbuka kepada pihak yang berkepentingan.	✓	

Berdasarkan hasil observasi pada aspek persiapan sampel, pengujian pemeriksaan air (Pb & Cd) yang dilakukan oleh analis telah menerapkan prinsip bioetika di dalamnya. Dalam proses pengambilan sampel, sudah dilakukan dengan kepatuhan terhadap prosedur yang berlaku serta dilakukan secara transparan antar pihak yang bersangkutan. Dalam pengambilan sampel, diambil sampel air berjumlah 1 liter yang bertujuan untuk kesehatan manusia serta produsen (penyedia sampel) telah mengetahui dan memberikan izin atas pengambilan sampel tersebut.

Pada aspek bioetika dalam pengujian sampel, analis yang melakukan pengujian telah menerapkan bioetika ataupun SOP yang berlaku di laboratorium pengujian mutu dan keamanan pangan. Dalam melakukan pengujian air untuk pemeriksaan timbal dan kadmium, prosedur yang digunakan sudah sesuai dengan persyaratan yang berlaku dengan menggunakan prosedur pengujian dari SNI (Standart Nasional Indonesia). Pengujian tersebut dilakukan secara terstruktur yang bertujuan untuk melindungi kesehatan manusia. Dalam pengujian, analis memperhatikan dna memastikan dampak terhadap lingkungan seperti pembuangan limbah pengujian.

Pada aspek bioetika dalam data hasil pengujian, analis yang melakukan pengujian telah menerapkan prinsip bioetika dalam pendistribusian hasil pengujian, Hasil pengujian disajikan secara jujur dan transparan serta akurat. Hasil tersebut kemudian disajikan dan dikomunikasikan kepada produsen (penyedia sampel air). Data hasil pengujian sangat dilarang untuk diketahui oleh kelompok orang yang tidak memiliki kepentingan dalam pengujian. Analis sangat menjaga kerahasiaan data pengujian dengan menggunakan kode dalam penyebutan hasil ataupun nama sampel untuk mencegah pihak pihak yang tidak berkepentingan mengetahui hasil pengujian tersebut.

Hasil observasi yang dilakukan pengamat pada saat analis melakukan uji pemeriksaan air (timbal dan kadmium) di UPT Laboratorium Pengujian Mutu Dan Keamanan Pangan Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian Dan Perikanan Kota Medan, secara keseluruhan menunjukkan telah diterapkannya prinsip prinsip bioetika dalam pengujian tersebut. Penerapan bioetika dalam pengujian sampel air sangat penting untuk memastikan bahwa penelitian dilakukan dengan cara yang bertanggung jawab dan memperhatikan kesejahteraan manusia, makhluk hidup, serta lingkungan. Bioetika menekankan pada perlunya pendekatan yang adil, transparan, dan menghormati hak-hak semua pihak yang terlibat, termasuk makhluk hidup yang mungkin terpengaruh oleh hasil pengujian tersebut. Selain itu, penerapan bioetika juga mencakup perlindungan terhadap data pribadi dan keamanan informasi yang diperoleh selama penelitian, sehingga dapat menghindari penyalahgunaan atau pengungkapannya kepada pihak yang tidak berkepentingan. Dengan demikian, penerapan bioetika pada pengujian sampel air tidak hanya mendukung keakuratan dan kualitas hasil penelitian, tetapi juga menjaga keseimbangan antara kemajuan ilmiah dan tanggung jawab moral terhadap lingkungan dan kehidupan.

Tantangan Yang Dihadapi Oleh Analis Laboratorium Dalam Menerapkan Prinsip-Prinsip Bioetika Dalam Pemeriksaan Kualitas Air (Pb Dan Cd)

Berdasarkan hasil wawancara langsung dengan analis di UPT pengujian mutu dan keamanan pangan mengenai tantangan yang dihadapi analis dalam penerapan bioetika pada pengujian kualitas air (Pb dan Cd) adalah terkadang analis yang bekerja memiliki waktu yang terbatas dan sumber daya yang terbatas, baik dari segi peralatan maupun anggaran sedangkan pengujian kualitas air memerlukan akurasi tinggi untuk mendeteksi

logam berat seperti Pb dan Cd hal ini sering kali membutuhkan waktu dan teknologi canggih, yang terkadang sulit dicapai dalam situasi dengan sumber daya terbatas. Selain itu tantangan dalam penerapan bioetika analis harus memastikan bahwa hasil yang diperoleh tidak terdistorsi oleh tekanan eksternal atau kepentingan tertentu, seperti kepentingan bisnis yang mungkin bertentangan dengan prinsip-prinsip bioetika. Mengenai hasil pengujian juga menjadi tantangan penting yaitu komunikasi yang jelas dan transparan tentang hasil pengujian kepada masyarakat. Hasil yang menunjukkan kandungan Pb atau Cd yang tinggi dapat menimbulkan kepanikan atau kecemasan, sehingga penting bagi analis untuk menyampaikan hasil tersebut dengan cara yang bertanggung jawab dan edukatif.

Narasumber yang diwawancara juga menjelaskan tantangan analis juga terjadi pada pengambilan sampel air yang representatif atau dapat mewakili sangat penting untuk hasil yang valid, karena proses ini tidak selalu mudah dan bisa dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti lokasi pengambilan sampel atau kondisi cuaca. Analis harus memastikan bahwa sampel yang diambil dapat mewakili kondisi kualitas air secara keseluruhan, sesuai dengan prinsip-prinsip bioetika yang mengutamakan keadilan dan ketelitian. Pengujian kualitas air, terutama yang melibatkan bahan kimia atau proses tertentu, bisa menimbulkan dampaknya terhadap lingkungan. Analis harus berhati-hati untuk tidak menyebabkan kerusakan ekologis dengan cara pengujian yang dilakukan, maka harus memperhatikan juga SOP yang berlaku. Narasumber menyebutkan tantangan yang paling sering ditemukan adalah tidak semua analis mungkin sepenuhnya memahami atau terlatih dalam prinsip-prinsip bioetika yang harus diterapkan dalam pekerjaan terutama terkait pengujian kualitas air (Pb dan Cd). Analis mungkin lebih fokus pada teknik pengujian atau hasil pengujian tanpa mempertimbangkan implikasi etis terkait dengan dampak sosial, kesehatan, dan lingkungan dari hasil pengujian yang dilakukan. Dari paparan salah satu analis yang diwawancara diatas dapat diketahui perlunya edukasi dan pengarahan secara lebih mendalam mengenai penerapan bioetika pada seluruh analis dan tenaga kerja laboratorium untuk memastikan bahwa pengujian laboratorium dilakukan dengan cara yang etis dan aman, serta mematuhi prinsip-prinsip moral agar terhindar dari kesalahan dalam pengujian.

Penerapan Bioetika Terhadap Kualitas Layanan dan Keamanan Konsumsi Air Pada Masyarakat

Prinsip bioetika adalah pedoman moral yang digunakan untuk menentukan tindakan yang tepat dalam konteks kehidupan manusia dan biologi, terutama dalam bidang kedokteran dan ilmu kesehatan. Ada empat prinsip utama dalam bioetika, yaitu prinsip otonomi, yang menghargai hak individu untuk membuat keputusan atas tubuh dan hidupnya; prinsip beneficence, yang mengharuskan tindakan yang mendatangkan manfaat dan kebaikan bagi individu dan masyarakat; prinsip non-maleficence, yang mengutamakan untuk tidak melakukan kerugian atau bahaya pada orang lain; dan prinsip keadilan, yang menekankan pentingnya distribusi sumber daya dan perlakuan yang adil terhadap semua orang. Prinsip-prinsip ini saling melengkapi dan sering kali diterapkan dalam pengambilan keputusan medis atau kebijakan kesehatan untuk memastikan keseimbangan antara hak individu dan kepentingan umum (Murti et al., 2021).

Beneficence adalah prinsip bioetik untuk keuntungan kesehatan dengan melakukan pencegahan terhadap kerugian, menghilangkan kondisi yang membahayakan, dan seringkali melampaui apa yang diwajibkan oleh hukum. Prinsip beneficence dibagi menjadi tiga komponen yaitu pencegahan kejahatan atau bahaya, menghilangkan kejahatan atau bahaya, dan mempromosikan kebaikan. Selain itu, beneficence juga mempertimbangkan keseimbangan manfaat dan resiko dari pengujian yang dilakukan. Prinsip beneficence, yang mengharuskan para peneliti atau pengelola kualitas air untuk bertindak demi kebaikan dan manfaat bersama. Hal ini berarti upaya untuk memastikan bahwa kualitas air aman bagi konsumsi manusia dan mendukung keberlanjutan ekosistem, menghindari kontaminasi oleh bahan-bahan berbahaya seperti logam berat atau bahan kimia industri yang dapat merusak kesehatan dan lingkungan.

Nonmaleficence yang dikenal dengan prinsip do no harm adalah prinsip bioetik yang menetapkan kewajiban untuk tidak merugikan, serta menyeimbangkan kerugian yang dapat dihindari dengan manfaat positif yang dicapai. Nonmaleficence dalam pengujian air dipenuhi dengan penyediaan pengujian yang aman, efektif, dan berkualitas tinggi. Dengan prinsip ini, kesalahan pengujian dapat dihindari, dan kewajiban untuk tidak membahayakan terpenuhi. Prinsip ini menekankan pentingnya untuk tidak menimbulkan kerugian atau bahaya yang tidak perlu bagi manusia atau makhluk hidup

lainnya. Dalam hal ini, pengujian dan pemantauan kualitas air harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari potensi risiko yang bisa timbul, seperti paparan logam berat atau bahan beracun lainnya yang dapat mencemari air dan menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan. Prinsip ini juga melibatkan pertimbangan mengenai penggunaan metode yang tidak membahayakan lingkungan dan individu yang terlibat dalam pengujian (Barton et al., 2019).

Prinsip keadilan adalah memperlakukan setiap individu atau kelompok sesuai dengan hak dan kewajibannya. Setiap orang berhak diakui dan diperlakukan sesuai dengan harkat dan martabatnya yang setara, tanpa memandang suku, derajat, keturunan, kekayaan, pendidikan, atau agama. Kata "adil" sendiri merujuk pada nilai-nilai kejujuran, kejelasan, dan keikhlasan yang bersifat netral, tanpa keberpihakan. Dengan demikian, keadilan dapat dipahami sebagai suatu prinsip yang tidak memihak dan tidak sewenang-wenang. Prinsip keadilan menjadi perhatian utama dalam pemeriksaan kualitas air, khususnya terkait dengan distribusi sumber daya air dan akses terhadap hasil pengujian kualitas air yang adil dan merata. Pemeriksaan kualitas air harus mencakup pertimbangan bahwa semua individu, terutama mereka yang berada dalam kelompok rentan (seperti komunitas miskin atau yang tinggal di daerah terpencil), memiliki hak yang sama untuk mendapatkan air yang aman dan informasi yang transparan mengenai kualitas air tersebut. Dalam hal ini, prinsip keadilan mengharuskan distribusi yang setara atas sumber daya dan informasi, serta memastikan bahwa tindakan yang diambil untuk memperbaiki kualitas air tidak menimbulkan ketidaksetaraan atau diskriminasi (Pandit, 2016)

Prinsip otonomi dalam bioetik adalah bentuk respek terhadap seseorang dan hak kemandirian dan kebebasan individu. Prinsip ini juga dipandang sebagai persetujuan tidak memaksa dan bertindak secara rasional. Prinsip otonomi juga relevan dalam konteks bioetika pemeriksaan kualitas air. Meskipun biasanya lebih sering dikaitkan dengan pengambilan keputusan medis, prinsip otonomi dalam konteks ini mengacu pada hak masyarakat untuk mengetahui kondisi kualitas air yang mereka konsumsi dan berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan terkait pengelolaan air. Masyarakat harus diberikan informasi yang cukup tentang kualitas air yang mereka gunakan dan diberi kesempatan untuk terlibat dalam kebijakan atau tindakan yang dapat mempengaruhi akses mereka terhadap air bersih dan aman. Transparansi dalam pelaporan

hasil pengujian kualitas air adalah kunci untuk menghormati hak otonomi masyarakat dalam menentukan pilihan mereka.

Berdasarkan prinsip-prinsip bioetika diatas penerapan bioetika memiliki dampak yang sangat penting pada kualitas layanan dan keamanan konsumsi air di masyarakat. Bioetika pada dasarnya merupakan kombinasi antara prinsip moral dan ilmu kehidupan yang tanggung jawab dalam pengelolaan sumber daya alam, termasuk air, dengan memperhatikan aspek keberlanjutan serta kesejahteraan manusia. Dengan mengimplementasikan bioetika dalam pengujian air (Pb dan Cd), akan meningkatkan keamanan dan kelayakan air. Hal ini berpengaruh pada pembuatan kebijakan yang lebih baik dalam hal distribusi dan pengolahan air, memastikan bahwa masyarakat, terutama kelompok yang rentan, dapat memperoleh layanan air secara adil. Bioetika juga menekankan perlunya melindungi masyarakat dari risiko yang muncul akibat kontaminasi atau penggunaan air yang tidak aman. Dengan menerapkan standar etika yang ketat, pengelolaan sumber daya air akan mencakup pengawasan yang lebih efektif terhadap kualitas air, memastikan bahwa air yang tersedia untuk konsumsi bebas dari zat berbahaya dan pencemaran. Secara keseluruhan, penerapan bioetika membantu menjamin bahwa kebijakan dan praktik dalam pengujian dan pengolahan air tidak hanya berfokus pada keuntungan ekonomi, tetapi juga pada tanggung jawab moral terhadap generasi sekarang dan mendatang dalam meningkatkan kualitas hidup serta menjaga keberlanjutan sumber daya alam.

5. KESIMPULAN

Penerapan bioetika dalam pengujian kualitas air di UPT Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Kota Medan sangat penting untuk memastikan bahwa proses pengujian dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kemanusiaan, keadilan, dan keberlanjutan lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian penerapan bioetika dalam pengujian kualitas air (Pb dan Cd) di UPT Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan sudah diterapkan dengan baik namun terdapat juga tantangan penerapan bioetika tersebut pada beberapa analis laboratorium. Bioetika di sini berperan dalam menjamin keamanan dan kesehatan masyarakat, serta menjaga integritas hasil pengujian yang dapat mempengaruhi kebijakan publik terkait kualitas air. Prinsip-prinsip seperti kehati-hatian, transparansi, dan tanggung jawab sosial harus diterapkan dalam setiap tahapan pengujian

untuk menghindari potensi dampak negatif terhadap manusia dan ekosistem. Dengan penerapan bioetika yang tepat, pengujian kualitas air dapat berkontribusi pada pengambilan keputusan yang lebih baik dalam menjaga kualitas hidup dan kesehatan masyarakat Kota Medan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen mata kuliah sebagai pembimbing dalam pengerjaan dan penyusunan penelitian ini, kami juga berterimakasih pada mahasiswa yang terlibat langsung dalam penelitian ini maupun pihak-pihak lain yang terlibat secara tidak langsung dan mohon maaf atas semua khilaf dan kesalahan

DAFTAR REFERENSI

- Barton, D., Marshall, A., & Thompson, C. (2019). Ethics in water quality monitoring: Addressing the risks of contamination. *Journal of Environmental Health*, 72(1), 55–67.
- Breen, L. (2024, March 12). Few people thought grief was a worthy topic. *The Australian*. <https://www.theaustralian.com.au/special-reports/research-magazine/lauren-breen-is-our-top-researcher-in-hospice-and-palliative-care/news-story/c9f5cf8d1bc297e7a0ec3bf048ee2f11>
- Handriyani, K. A. T. S., Habibah, N., & Dhyana Putri, I. G. A. S. (2020). Analisis kadar timbal (Pb) pada air sumur gali sampah Banjar Suwung Batan di kawasan tempat pembuangan akhir Kendal Denpasar Selatan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(1), 68–76. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v9i1.17842>
- Hedley, J. G., Coshic, K., Aksimentiev, A., & Kornyshev, A. A. (2024). Electric field of DNA in solution: Who is in charge? *Physical Review X*, 14(3), 031042. <https://journals.aps.org/prx/issues/14/3>
- Lestari, R. D. (2023). Bioetika dalam ilmu kedokteran dan multidisiplin keilmuan. *Malahayati Health Student Journal*, 3(10), 3218–3224. <https://doi.org/10.33024/mahesa.v3i10.11169>
- Liu, F., Zhang, H., & Li, Q. (2020). Electrochemical sensors for heavy metal ions detection in water: Recent advances and challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(25), 31525–31543.
- Murti, A. B., Alvionita, D., & Gani, A. R. F. (2021). Prinsip etika dalam penelitian biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*, 8(3), 95–102.
- Reed, M. (2019). Public participation and ethical transparency in environmental decision-making. *Science and Public Policy*, 46(5), 712–724.

- Rhamadani, P., Febryossa, A., Saragih, D. M. C., Lubis, P. E. R., & Syafirna, N. I. (2024). Pengujian prinsip bioetika terhadap data hasil pengujian cemaran air minum dalam kemasan (AMDK). *Jurnal Ilmiah Kajian Multidisipliner*, 8(6), 1087–1094.
- Sastrowijoto, S., Sudiharto, P., Soenarto, Y. S., Jenie, U. A., Abdullah, M. A., Kusmaryanto, C. B., Almirzanah, S., & Mahardinata, N. A. (2019). *Buku putih Universitas Gajah Mada: Inspirasi UGM untuk Indonesia "Bioetika" meneguhkan kembali etika kehidupan berbangsa dan bernegara*. Yogyakarta: Pusat Kajian Bioetika dan Humaniora Kedokteran.
- Satterfield, T. (2018). Water justice: Understanding ethical dimensions of water management and access. *Environmental Justice Review*, 31(4), 432–445.
- Smith, T. (2018). Bioethics and water quality: An ethical framework for monitoring and management. *Environmental Ethics Journal*, 40(2), 123–136.
- Suryadirja, A., Muliastari, H., Ananto, A. D., & Andayani, Y. (2021). Analisis kadar logam besi (Fe) pada air sumur bor di Kecamatan Praya Tengah menggunakan spektrofotometri serapan atom. *Jurnal Sanitasi dan Lingkungan*, 2(2), 1–8.
- Vanhoof, C., Bacon, J. R., Fittschen, U. E. A., & Vincze, L. (2024). Atomic spectrometry update: Review of advances in X-ray fluorescence spectrometry and its special applications. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 39(3), 2152. <https://xlink.rsc.org/?DOI=d4ja90034k>
- Yedder, B., Dufresne, A., & Dufresne, C. (2016). Heavy metals contamination in water: A review on detection techniques and environmental impacts. *Journal of Environmental Sciences*, 48, 1–15.