

Analisis Kandungan Logam Berat Fe, Ni, Pb, dan Cr di Kawasan Muara, Mangrove, dan Green Canyon Sungai Cijulang di Pangandaran

Heavy Metals Content Analysis of Fe, Ni, Pb, and Cr in Estuary, Mangrove, and Green Canyon Zone of Cijulang River in Pangandaran

Rizky Dwiananda Putri¹, Salsazhra Rofilah¹, Eprafoditus Kristiadi Susetyo¹, Nardyawan Arifi Ma'ruf¹, Kevin¹, Al Milatus Solikah¹, Aria Pinandita², Mochamad Resya Putra², Muhammad Yudhistira Azis^{2,*}

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

²Kelompok Keilmuan Kimia Analitik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

*E-mail: yudhistira@itb.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v7i1.245>

Received: 6 Sept 2023, Revised: 31 May 2024, Accepted: 31 May 2024, Online: 1 June 2024

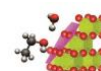
Abstrak

Salah satu sumber daya alam utama makhluk hidup adalah air. Kualitas air menjadi parameter yang menentukan fungsi air. Hal tersebut memberikan urgensi dalam melakukan penelitian yang berkaitan dengan analisis kualitas air. Air yang berkualitas memiliki banyak fungsi esensial bagi kehidupan. Akan tetapi, kontaminasi air akibat aktivitas antropogenik maupun fenomena alam tidak terhindarkan. Zat kontaminan yang umum terkandung yakni logam berat. Analisis kandungan logam berat Fe, Ni, Cr, dan Pb dilakukan pada sampel air Sungai Cijulang di tiga zona, yaitu muara, mangrove, dan *green canyon* dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Perolehan data dianalisis lebih lanjut dengan uji visualisasi statistik berupa *boxplot* dan diagram batang, serta uji nonparameter berupa uji Kruskal-Wallis dan uji Friedman. Analisis dengan *boxplot* menunjukkan hasil data memiliki persebaran yang tinggi. Analisis dengan diagram batang menunjukkan bahwa sebagian besar data melebihi baku mutu Kelas I. Analisis dengan uji Kruskal-Wallis dan uji Friedman diperoleh nilai p sebesar 0,3916 untuk uji Kruskal-Wallis dan 0,7788 untuk uji Friedman. Nilai tersebut menunjukkan bahwa median dari ketiga data diasumsikan sama. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416 / MENKES / PER / IX / 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas, baku mutu sampel air Sungai Cijulang tergolong pada Kelas II.

Kata kunci: kualitas air, logam berat, metode SSA, sungai Cijulang

Abstract

One of the main natural resources of living things is water. Water quality is a parameter that determines the function of water. This gives urgency in conducting research related to water quality analysis. Water with good qualities has many essential functions for life. However, water contamination due to anthropogenic activities and natural phenomena is unavoidable. The most common contaminants are heavy metals. Analysis of the content of heavy metals such as Fe, Ni, Cr, and Pb was carried out in samples of Cijulang River water in three zones, namely estuaries, mangroves, and *green canyons* using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. Data acquisition was further analyzed with statistical visualization tests in the form of *boxplots* and bar charts, as well as non-parameter tests in the form of the Kruskal-Wallis test and the Friedman test. Analysis with *boxplots* shows that the results



of the data have a high distribution. Analysis using bar charts shows that most of the data exceeds the Class I quality standard. Analysis using the Kruskal-Wallis test and Friedman test obtains a p-value of 0.3916 for the Kruskal-Wallis test and 0.7788 for the Friedman test. This value indicates that the median of the three data is assumed to be the same. Based on the Regulation of the Minister of Health Number: 416 / MENKES / PER / IX / 1990 concerning Requirements and Quality Control, the quality standard for Cijulang River water samples is classified as Class II.

Keywords: AAS method, Cijulang River, heavy metals, water quality

1 Pendahuluan

Air merupakan salah satu sumber kehidupan utama bagi makhluk hidup. Sebagai salah satu sumber kehidupan utama, kualitas air menjadi urgensi untuk diteliti. Kualitas air akan menunjukkan tingkat kelayakan air untuk dikonsumsi ataupun digunakan (baku mutu air) berdasarkan kandungan kontaminannya. Salah satu zat kontaminan yang umum terkandung dalam air adalah logam berat. Logam berat merupakan salah satu jenis logam yang memiliki densitas spesifik lebih dari 5 g/cm^3 dan dapat memengaruhi lingkungan serta organisme hidup [1] Logam berat yang terkandung dalam perairan diperoleh secara alamiah melalui aliran hulu sungai akibat erosi, erupsi gunung berapi, maupun endapan proses kimiawi [2]. Selain itu, logam berat juga dapat diperoleh akibat aktivitas manusia ke dalam lingkungan, seperti hasil buangan domestik, limbah industri, aktivitas pertambangan dan perminyakan [2]. Dalam perannya untuk tubuh manusia, logam berat terbagi menjadi logam berat esensial dan logam berat non-esensial [3]. Logam berat esensial seperti tembaga (Cu), selenium (Se), besi (Fe), nikel (Ni), dan zink (Zn) dibutuhkan untuk keberlangsungan metabolisme manusia dalam jumlah yang tepat [3,4]. Sementara logam non-esensial seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As), krom (Cr), dan kadmium (Cd) tidak memiliki fungsi khusus untuk metabolisme manusia atau bahkan beracun [3,4]. Keberadaan logam-logam berat tersebut dalam perairan menjadi polutan utama yang dapat mengancam kehidupan invertebrata, ikan, dan manusia serta dapat menimbulkan efek buruk yang mengganggu keseimbangan ekologi lingkungan dan keragaman organisme akuatik [5].

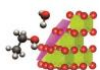
Ekowisata Mangrove Nusawiru berlokasi di Jalur Batu Karas, Kecamatan Cijulang, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat, Indonesia. Ekowisata ini memiliki sungai yang dikenal dengan nama Sungai Cijulang. Perairan Ekowisata Nusawiru terdiri atas 3 bagian, yaitu bagian muara berupa pesisir yang dekat dengan pemukiman warga, bagian hutan konservasi mangrove, dan aliran sepanjang jalan menuju Green Canyon.

Karakteristik perairan di muara berwarna coklat kehitaman dengan substrat berpasir, sementara pada kawasan mangrove dan wisata Green Canyon berwarna sedikit coklat kehijauan dengan substrat berlumpur [6].

Sungai Cijulang adalah sungai yang mengalir dari desa Cidawu hingga Bojong Salawe yang mengalir sepanjang 15 km [7]. Sungai ini dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber penghasilan masyarakat, utamanya pada bidang agrikultur dan perikanan. Selain itu, sungai Cijulang juga melewati daerah industri, beberapa di antaranya adalah industri nata de coco, pengolahan kelapa, dan gula [8] Limbah organik biasa dihasilkan dari industri dan buangan masyarakat sekitar Sungai Cijulang [9] Aktivitas pariwisata di sekitar Sungai Cijulang juga berkembang dengan cukup baik. Aktivitas pariwisata tersebut berkawasan di Green Canyon dan hutan mangrove. Kawasan tersebut sering dikunjungi oleh wisatawan, baik wisatawan domestik maupun mancanegara. Jenis limbah yang dihasilkan oleh pariwisata perairan berupa limbah organik dan anorganik. Jumlah limbah yang dihasilkan bergantung pada jumlah wisatawan dan area wisata. Limbah yang dihasilkan dapat hanyut ke perairan dan bergerak sesuai dengan arah angin [11].

Salah satu metode untuk mendeteksi limbah logam dalam air adalah Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Metode SSA dapat menganalisa jenis logam secara spesifik dengan cepat [11] Metode ini dapat digabungkan dengan berbagai metode persiapan sampel, seperti pengenceran, elektrodeposisi, kopresipitasi, ekstraksi pelarut, penguapan, dan *freeze drying* tanpa mempengaruhi kualitas pengukuran kadar [12] Logam dengan konsentrasi rendah dapat terdeteksi dengan metode ini karena memiliki sensitivitas yang baik. Sensitivitas merupakan hal penting dalam pengukuran logam berat [13].

Perairan Nusawiru digunakan untuk sarana rekreasi air, budidaya ikan, dan sumber air penunjang aktivitas produksi sektor lainnya. Berdasarkan Baku Mutu Air Nasional, Perairan Nusawiru diklasifikasikan dalam golongan kelas



dua. Golongan air kelas dua memiliki syarat, berupa kandungan kromium (Cr) yang terlarut tidak boleh lebih dari 0,05 mg/L, besi (Fe) yang terlarut tidak boleh lebih dari 0,3 mg/L, nikel (Ni) yang terlarut tidak boleh lebih dari 0,05 mg/L, dan timbal (Pb) yang terlarut tidak boleh lebih dari 0,03 mg/L [14].

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kadar logam berat kromium (Cr), besi (Fe), nikel (Ni), dan timbal (Pb) di muara Nusawiru dengan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA) serta menentukan kualitas air muara Nusawiru berdasarkan acuan baku mutu air nasional yang ditetapkan dalam Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2 Metode Penelitian

2.1 Tahap Sampling

Sampel air yang diteliti diperoleh secara *in-situ* pada tanggal 11 Maret 2023 di tiga zona/ kawasan ekowisata Perairan Nusawiru, Jalan Batu Karas, Kecamatan Cijulang, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat, Indonesia. Lokasi pengambilan sampel air ditentukan berdasarkan metode *random purposive sampling*. Terdapat tiga zona pengambilan sampling, yakni daerah muara (atas, A), mangrove (tengah, B), dan *green canyon* (bawah, C). Ketiga zona ini berada pada titik koordinat 7,719601 LS dan 108,494149 BT untuk muara, 7,7197222 LS dan 108,4947 BT untuk mangrove, serta 7,739503 LS dan 108,491392 BT untuk *green canyon*. (Gambar 1). Software ArcGIS digunakan dalam membuat denah lokasi sampling ini.



Gambar 1 Denah lokasi *sampling* air di Sungai Cijulang: daerah muara (atas, A), mangrove (tengah, B), dan *green canyon* (bawah, C)

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik botol Niskin dengan kapasitas 1,5 liter. Teknik ini memastikan pengambilan sampel secara bersamaan pada berbagai kedalaman sambil meminimalkan kontaminasi silang antara kedalaman yang berbeda. Pada setiap lokasi, dilakukan tiga kali pengambilan sampel pada 3 titik berbeda untuk air permukaan dan air pada kedalaman 1,5 meter.

2.2 Tahap Analisis Sifat Fisio-kimia dan Pengawetan

Analisis sifat fisio-kimia yang dilakukan di lokasi pada sampel yang diperoleh antara lain suhu, pH, turbiditas, *dissolved oxygen* (DO), serta konduktivitas. Kemudian, sampel diawetkan dengan penambahan 1% HNO₃ pekat sebelum dibawa ke laboratorium dan disimpan dalam *cooler box* yang dapat menjaga suhu sampel air di bawah 5 °C.

2.3 Tahap Analisis Kadar Logam

Analisis kadar logam berat dalam sampel selanjutnya dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Jawa Barat. Preparasi sampel dilakukan untuk pengukuran dengan metode SSA menggunakan metode standar eksternal. Metode SSA dilakukan dengan menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) *Flame Ionization* di Program Studi Kimia Institut Teknologi Bandung.

2.4 Tahap Analisis Statistik

Data numerik yang diperoleh dianalisis dengan metode deskriptif. Data hasil pengukuran kadar logam dalam sampel yang diperoleh dibandingkan dengan data standar baku mutu kadar logam dalam air berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416 / MENKES / PER / IX / 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 492 / MENKES / PER / IV / 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, serta beberapa jurnal nasional. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan *boxplot* dan diagram batang agar data statistik deskriptif dapat tervisualisasi. Selain itu, dilakukan uji Kruskal-Wallis serta uji Friedman agar dapat menentukan perbedaan

secara statistik dari data numerik yang diperoleh berdasarkan hasil uji nonparameter. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan bahasa R.

3 Hasil dan Diskusi

Akumulasi logam berat di sungai dapat berasal dari aktivitas antropogenik, erosi tanah, dan pelapukan batuan. Selain itu, pembuangan limbah industri, pertanian, dan perkotaan secara konsisten juga menyumbang logam berat dalam jumlah yang signifikan ke ekosistem sungai [15] Salah satu komponen penting ekosistem perairan adalah sedimen yang berfungsi untuk menyerap polutan dan menyediakan nutrisi bagi organisme laut. Dengan demikian, logam berat yang dibuang ke badan air akan mengendap di dasar sedimen. Selain itu, sedimen dapat menyerap logam berat dari kolom air [16] Oleh karena itu, konsentrasi logam berat dalam sedimen biasanya melebihi air permukaan.

Sebanyak 42,32% masyarakat Kabupaten Pangandaran bekerja di sektor jasa, disusul dengan 29,03% di sektor manufaktur, dan 28,40% di sektor pertanian [17] Selain itu, sektor perikanan di Kabupaten Pangandaran terutama di wilayah dekat pesisir memiliki potensi yang besar. Produksi ikan tangkap mengalami peningkatan dengan jumlah produksi ikan di sungai pada tahun 2021 sebesar 29,13 ton dan produksi ikan kolam air tenang sebesar 175,18 ton [18] Kabupaten Pangandaran menjadi pilihan turis karena memiliki banyak objek wisata alam, seperti Pantai Pangandaran, Pantai Batu Karas, dan Green Canyon [19]. Objek wisata dan sektor mata

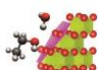
pencaharian masyarakat di Kabupaten Pangandaran sangat bergantung kepada kondisi perairan. Tercemarnya perairan akan berakibat pada kematian biota laut, sehingga hasil produksi ikan akan menurun. Selain itu, daya tarik wisata akan menurun jika air terkontaminasi. Hal tersebut dapat berdampak pada kondisi ekonomi masyarakat Kabupaten Pangandaran.

Salah satu daerah dengan potensi *mangrove* yang besar adalah Kecamatan Cijulang yang memiliki luas kawasan mangrove sekitar 37.30 Ha. Jenis mangrove yang terdapat pada daerah tersebut adalah Putut (*Bruguiera gymnorrhiza*), Pidada (*Sonnerataria caseolaris*), and Api-api (*Avicennia germinans*). Jenis dari fauna yang terdapat di kawasan tersebut meliputi bangau, *archerfish*, dan kerang [20] Biota tersebut berkembang biak dengan memanfaatkan mangrove. Mangrove terbukti dapat mengurangi kadar logam berat Cr, Zn, Cu, As, dan Cd [21] melalui proses absorpsi, filtrasi, pertukaran kation, dan proses kimia dalam bagian akar mangrove [22].

Hasil analisis faktor lingkungan dari sampel yang dikumpulkan disajikan pada Tabel 1. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar kualitas air Kelas I berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021, yang menyatakan standar untuk air layak minum. Berdasarkan hasil pengukuran, tampak nilai suhu berada pada rentang 30,74 - 31,46 °C. Nilai ini masih berada pada rentang baku mutu yang menyatakan kualitas air masih cukup baik.

Tabel 1 Sifat fisik sampel air Sungai Cijulang di daerah muara, mangrove, dan *green canyon*

| Faktor Lingkungan | Zona | | | Baku Mutu Kelas I |
|------------------------------|-----------|--------------|------------------|------------------------|
| | Muara (A) | Mangrove (B) | Green Canyon (C) | |
| Suhu (°C) | 31,40 | 31,46 | 30,74 | ± 30,00 |
| pH | 6,47 | 7,12 | 6,47 | 6,00 – 9,00 |
| Oksigen terlarut (mg/L) | 6,29 | 6,60 | 5,58 | 6,00 |
| Total Dissolved Solids (ppt) | 25,33 | 25,50 | 15,11 | 50,00x10 ¹⁰ |
| Konduktivitas (mS/cm) | 50,65 | 51,00 | 30,21 | 0,2 – 1,0 |



Hasil pengukuran pH sampel air Sungai Cijulang tidak memiliki perbedaan yang terlalu signifikan antar-zona. Rentang pH yang terukur berkisar antara 6,47 - 7,12. Nilai pH yang terukur menunjukkan sifat air yang cenderung asam. Hal ini dapat menjadi indikasi adanya kandungan logam berat, seperti Fe, yang cukup tinggi pada suatu perairan [23] Sifat air yang cenderung asam juga dapat menaikkan tingkat solubilitas logam berat dalam air sehingga tingkat toksisitasnya meningkat [24] Salah satu kemungkinan penyebab nilai pH yang cenderung rendah adalah keberadaan limbah organik [25] Hal ini sesuai dengan kondisi sungai Cijulang yang melewati industri penghasil limbah organik, seperti pabrik pengolahan nata de coco, kelapa, dan gula.

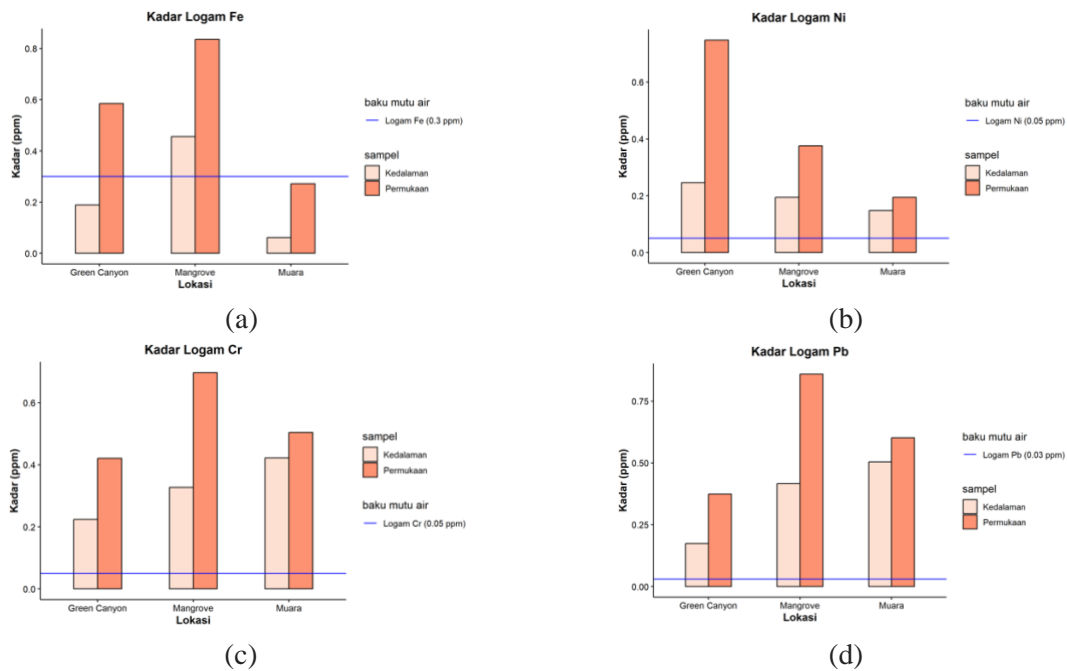
Nilai oksigen terlarut yang terukur dari sampel air Sungai Cijulang berada pada rentang baku mutu, yakni 5,58 - 6,60 mg/L. Nilai oksigen terlarut dapat mempengaruhi kelarutan dari logam berat. Nilai oksigen terlarut yang tinggi, membantu proses pelarutan logam dalam air, sedangkan jika nilainya rendah, maka logam akan cenderung terakumulasi pada sedimen [24] Terpenuhinya syarat baku mutu nilai oksigen terlarut dari sampel air Sungai Cijulang, menunjukkan bahwa proses pelarutan logam dalam air tersebut baik dan tidak terakumulasi pada sedimen.

Nilai *total dissolved solids* (TDS) atau total zat padat terlarut sampel air Sungai Cijulang berada pada rentang baku mutu, yakni 15,11 – 25,33 ppt. Nilai total zat padat terlarut menunjukkan kandungan padatan terlarut yang ada pada air. Nilai TDS yang melebihi syarat baku mutu menunjukkan sampel air tidak layak untuk dikonsumsi. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 / MENKES / PER/ IV / 2010, syarat baku mutu Kelas I sebesar 500 mg/L atau $50,00 \times 10^{10}$ ppt. Berdasarkan peorlehan data, nilai TDS pada sampel air Sungai Cijulang sangat kecil dari batas syarat baku mutu Kelas I [26].

Nilai konduktivitas sampel air Sungai Cijulang berada pada rentang 30,21 – 50,65 mS/cm. Nilai konduktivitas menunjukkan daya hantar listrik dari sampel air yang diteliti. Semakin tinggi nilai konduktivitas, maka semakin tinggi pula kandungan ion di dalam sampel air. Sehingga, daya hantar listrik dari sampel air tersebut tinggi, namun tidak baik untuk dikonsumsi. Berdasarkan data, nilai konduktivitas dari sungai besar umumnya berkisar antara 200-1000 $\mu\text{S/cm}$ atau setara dengan 0,2 – 1,00 mS/cm [27] Data tersebut menunjukkan bahwa nilai konduktivitas dari sampel air Sungai Cijulang sangat tinggi. Hal tersebut sesuai dengan fakta terkait data kadar logam berat di Sungai Cijulang yang relatif tinggi.

Secara keseluruhan, nilai suhu, pH, dan oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) berada pada rentang baku mutu Kelas I, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 [14]. Jika hanya ditinjau berdasarkan hasil analisis faktor lingkungan, air Sungai Cijulang memiliki potensi sebagai sumber air minum. Akan tetapi, kandungan dalam air, seperti logam berat, juga harus dipertimbangkan untuk menentukan kelayakan sumber air sebagai air layak minum.

Berdasarkan hasil analisis, kadar logam krom (Cr), besi (Fe), nikel (Ni), dan timbal (Pb) di Sungai Cijulang pada tiga zona berbeda disajikan pada diagram batang Gambar 2 yang dibuat menggunakan software *R Studio-R Language*. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa hampir semua kadar logam yang terukur melebihi standar baku mutu air layak minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 416 / MENKES / PER / IX / 1990 [28]. Kondisi ini menunjukkan bahwa air sungai Cijulang tidak layak untuk menjadi sumber air minum dan terindikasi mengalami pencemaran.



Gambar 2. Diagram batang kandungan logam berat (a) Fe, (b) Ni, (c) Cr, dan (d) Pb di ketiga daerah Sungai Cijulang, yakni muara, mangrove, dan *green canyon*

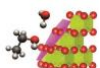
Hasil pengukuran kadar logam Cr menunjukkan nilai dengan rentang 0,224 – 0,422 ppm untuk sampel kedalaman dan 0,420 – 0,690 ppm untuk sampel permukaan. Hal ini sesuai dengan nilai DO yang tinggi pada air sampel Sungai Cijulang. Kadar Cr tertinggi ada pada zona B, yakni daerah mangrove. Hal ini dapat disebabkan karena tingginya kadar logam Fe yang merupakan unsur hara mikro pada daerah mangrove. Kadar logam Fe yang tinggi dapat menghambat proses fiksasi unsur lain oleh mangrove [29]. Kondisi tersebut sesuai dengan data yang menunjukkan kadar logam Fe yang sangat tinggi pada daerah mangrove. Berdasarkan perbandingan data dengan literatur lain, kadar logam Cr pada sungai Cijulang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar logam Cr pada Sungai Citanduy, Tasikmalaya, yang hanya berkisar pada 0,007 – 0,012 ppm [30]. Logam Cr bersifat karsinogenik dan bersifat racun pada perairan sehingga kadar Cr yang tinggi pada suatu perairan harus segera ditangani. Salah satu sumber penyumbang limbah logam Cr adalah industri tekstil [31].

Hasil pengukuran kadar logam Ni menunjukkan nilai dengan rentang 0,194 – 0,7477 ppm untuk sampel permukaan dan 0,148 – 0,246

ppm untuk sampel kedalaman. Kadar nikel alami di perairan air tawar berkisar pada 0,001 – 0,003 ppm [3] Hal tersebut menunjukkan bahwa kadar nikel pada sampel air Sungai Cijulang sangat tinggi. Kadar logam Ni yang sangat tinggi disebabkan karena beberapa sumber seperti industri pelapisan logam, pembakaran minyak, dan industri metalurgi.

Hasil pengukuran kadar logam Pb menunjukkan nilai dengan rentang 0,174 – 0,504 ppm untuk sampel kedalaman dan 0,374 – 0,859 ppm untuk sampel permukaan. Nilai ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan kadar logam Pb pada sungai Cikaniki, Bogor, yang hanya berkisar pada 0,020 ppm. Logam Pb merupakan logam berat yang dapat berasal dari industri cat hingga otomotif. Kadar logam Pb yang tinggi dapat merusak ekosistem karena toksisitasnya serta kesukarannya untuk mengalami pelapukan [32].

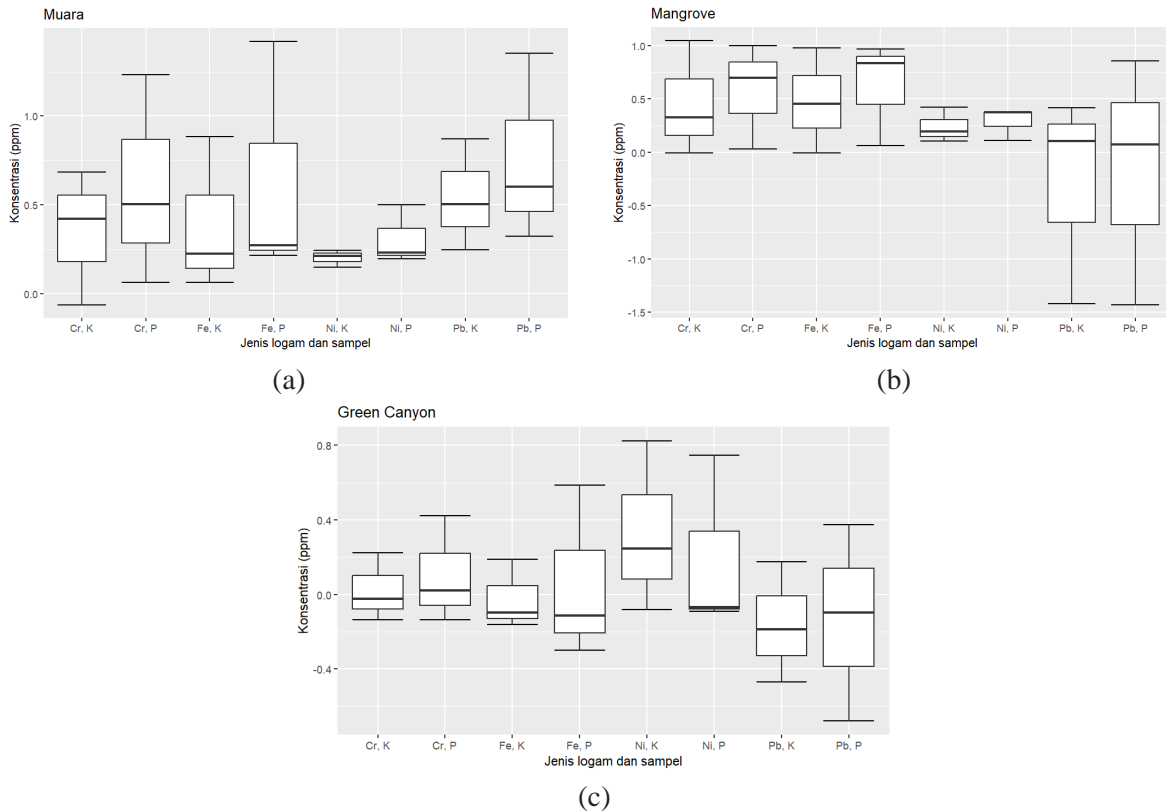
Hasil pengukuran kadar logam Fe menunjukkan nilai dengan rentang 0,194 – 0,836 ppm untuk sampel permukaan dan 0,061 – 0,456 ppm untuk sampel kedalaman. Kadar logam Fe berada di atas ambang baku mutu untuk zona *green canyon* dan mangrove. Sedangkan pada zona muara, kadar logam Fe cukup rendah, berada dibawah ambang baku mutu. Kadar logam Fe



yang rendah di daerah muara, dapat dipengaruhi oleh pengaruh hidrodinamika daerah muara yang dekat dengan laut sehingga dampak dari arus pasang-surut dan gelombang ombak semakin terasa. Proses-proses tersebut dapat berdampak pada pendistribusian logam Fe dalam perairan.

Sementara itu, hasil analisis statistik juga dilakukan dengan menggunakan *boxplot*. Metode ini digunakan untuk memberikan informasi detail

mengenai distribusi nilai data pengamatan melalui visual dengan kotak diagram garis. Dalam *boxplot*, terdapat nilai yang merepresentasikan kuartil bawah, median, kuartil atas, dan nilai maksimum, sehingga kesimetrisan data pengamatan dan penyebaran data dapat divisualisasikan. Selain itu, *boxplot* juga menyajikan data *outlier* [33].



Gambar 3 Analisis *boxplot* kandungan logam berat Fe, Ni, Cr, dan Pb di ketiga daerah Sungai Cijulang, yakni (a) muara, (b) mangrove, dan (c) *green canyon*

Hasil pengolahan data *boxplot* terlampir pada Gambar 3. Pada data mangrove sampel air Sungai Cijulang, persebaran data relatif rendah karena panjang kotak tidak terlalu memanjang. Persebaran data disajikan melalui IQR. *Inner Quartile Range* (IQR) merupakan selisih dari kuartil atas dan bawah [33]. Sementara itu, persebaran data muara dan *green canyon* relatif lebih besar, sehingga *outlier* dari kedua data tersebut juga cenderung lebih besar. Akan tetapi, kesimetrisan dari ketiga data (muara, mangrove, dan *green canyon*) cukup rendah. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa data tidak terdistribusi secara normal.

Uji Kruskal-Wallis merupakan uji non parametris tanpa ada asumsi normalitas. Data sampel air Sungai Cijulang memiliki persebaran data yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan median tidak dapat dinilai melalui uji ini. Sehingga, data yang diperoleh melalui uji ini hanya untuk menilai perbedaan peringkat rata-rata [34]. Dilakukan pula uji Friedman sebagai salah satu uji nonparameter untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan antar data atau tidak. Pengujian ini dilakukan berdasarkan hipotesis komparatif sampel berpasangan dan merupakan alternatif untuk melakukan analisis rancangan kelompok

data [35]. Gambar 4 memperlihatkan hasil analisis kedua uji tersebut.

```
Kruskal-wallis rank sum test
data: GreenCanyon and Muara
Kruskal-wallis chi-squared = 3, df
= 3, p-value = 0.3916

Friedman rank sum test
data: dt
Friedman chi-squared = 0.5, df = 2,
p-value = 0.7788
```

Gambar 4 Hasil analisis uji Kruskal-Wallis dan uji Friedman data kadar logam berat Fe, Ni, Cr, dan Pb sampel air Sungai Cijulang

Pada uji Kruskal-Wallis yang dilakukan, diperoleh nilai p sebesar 0,3916. Sementara itu, pada data uji Friedman, diperoleh nilai p sebesar 0,7788. Data yang diperoleh lebih besar dari nilai kritis, yaitu 0,05. Maka, hipotesis nol (H_0) dari kedua uji untuk data sampel air Sungai Cijulang dipertahankan. Dengan kata lain, tidak ada bukti bahwa median ketiga data berbeda.

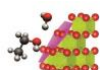
4 Kesimpulan

Analisis kandungan logam berat Fe, Ni, Cr, dan Pb dilakukan pada sampel air Sungai Cijulang di tiga zona, yaitu muara, mangrove, dan *green canyon*. Logam berat yang terkandung dalam sampel air tersebut dianalisis dengan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Data numerik yang diperoleh kemudian diolah dengan uji visualisasi statistik berupa *boxplot* dan diagram batang, serta uji nonparameter berupa uji Kruskal-Wallis dan uji Friedman. Pada analisis *boxplot*, data yang diperoleh memiliki persebaran yang tinggi. Pada analisis diagram batang, diperoleh sebagian besar data melebihi baku mutu Kelas I. Pada analisis uji Kruskal-Wallis dan uji Friedman, nilai P sebesar 0,3916 untuk uji Kruskal-Wallis dan 0,7788 untuk uji Friedman. Nilai tersebut menunjukkan median ketiga data diasumsikan sama. Komparasi data didasarkan atas Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416 / MENKES / PER / IX / 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 492 / MENKES / PER / IV / 2010 tentang

Persyaratan Kualitas Air Minum, serta beberapa jurnal nasional.

Daftar Pustaka

- [1] Jarup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68 (1) 167–82. 10.1093/bmb/ldg032
- [2] Cai, S., Yue, L., Shang, Q. & Nordberg, G. 1995. Cadmium exposure among residents in an area contaminated by irrigation water in China. *Bulletin of the World Health Organization*,.
- [3] Yudo, S. 2006. Kondisi pencemaran logam berat di perairan sungai DKI Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*, 2 (1) 1–15. 10.29122/jai.v2i1.2275
- [4] Yatim, S., Surtipanti, Suwirma, Lubis, E., 1979. Distribusi logam berat dalam air permukaan Teluk Jakarta. *Majalah Batan 12*, 1–19.
- [5] Adhani, R., Husaini. 2017. Logam Berat Sekitar Manusia. *Lambung Mangkurat University Press*. ISBN 978-602-6483-47-8
- [6] Shinta, Syamsudin, ML., Andriani, Y., Subiyanto. 2022. Identifikasi Jenis Mangrove Pada Kawasan Ekosistem Mangrove di Kabupaten Pangandaran. *Jurnal Akuatek*, 3 (1) 9–18. 10.24198/akuatek.v3i1.40612
- [7] Prananda, ARA., Merici, A., Huda, AN., Amalia, A., Nastiti, A., Wijayanto, GN., Alfi, HN., Yuda, LD., Kartika, MR., Wibowo, TW. 2017. Pembuatan Peta Batimetri dengan Menggunakan Metode Hidroakustik Studi Kasus Sebagian Sungai Cijulang Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat. *Proceedings of 5th Geoinformation Science Symposium 2017*, 43–138.
- [8] Sahidin A., Zahidah, Hamdani, H., Herawati, H., Arief, MCW., Syawal, MS., Ibrahim, A., Sewiko, R., Octavina, C. 2021. Assessment of water quality based on biological indices of macrobenthos: a river under pressure from tourism activities. 10 (3) 76–267. 10.13170/depik.10.3.22838
- [9] Indra, I., Sahidin, A. 2019. Macrozoobenthos Community Structure in Cijulang River Pangandaran District, West Java Province, Indonesia. *World Scientific News*, 128 (2) 96–182.
- [10] Kastolani, W., Darsiharjo, Setiawan, I., Supriatna, U. 2022. Integrated waste



- processing in pangandaran beach tourism area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1089 (012070) 1–8. 10.1088/1755-1315/1089/1/012070
- [11] Welz, B., Sperling, M. 1998. Atomic Absorption Spectrometry 3rd Completely Revised Edition. *Wiley-VCH*, Weinheim.
- [12] Kenawy, IMM., Hafez, MAH., Akl, MA., Lashein, NN. 2000. Determination by AAS of Some Trace Heavy Metal Ions in Some Natural and Biological Samples after Their Preconcentration Using Newly Chemically Modified Chloromethylated Polystyrene-PAN Ion-Exchanger. *Analytical Sciences*, 16 (5) 493–500. 10.2116/analsci.16.493
- [13] Zakaria, A. Aynuddin, Djasmasari, W. 2021. Analisis Pengukuran Logam Cu, Fe, Mn, dan Pb pada Variasi Preparasi Suhu dan Pelarut. *Jurnal Warta Akab*, 45 (2), 38-42. 10.55075/wa.v45i2.31
- [14] Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- [15] Yongo, E., Jin, F., Mutethya, E., Wu, D., Zhang, P., Guo, Z. 2023. Sediment Heavy Metal Pollution Assessment in Changwang and Wuyuan Rivers in Hainan Island, China. *Water*, 15 (8) 0–1580. 10.3390/w15081580
- [16] Ali, MM., Ali, ML., Islam, MS., Rahman, ZM. 2016. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, (5) 27–35. 10.1016/j.enmm.2016.01.002.
- [17] Badan Pusat Statistik. 2021. Survei Angkatan Kerja Nasional 2021. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [18] Badan Pusat Statistik. 2021. Kabupaten Pangandaran Dalam Angka 2021. Ciamis: Badan Pusat Statistik.
- [19] Badan Pusat Statistik. 2022. Statistik Daerah Kabupaten Pangandaran 2022. Ciamis: Badan Pusat Statistik.
- [20] Mulyanie, E., Maryani, E., Ningrum, E. 2021. Pengembangan Ekowisata Hutan Mangrove Nusawieu Melalui Pemberdayaan Masyarakat Lokal. *Jurnal Geografi*, 21 (5) 35–46. 10.26740/jggp.v21n1.p35-46
- [21] Li, P., Li, X., Bai, J., Meng, Y., Diao, X., Pan, K., Zhu, X., Lin, G. 2022. Effects of land use on the heavy metal pollution in mangrove sediments: Study on a whole island scale in Hainan, China. *Science of The Total Environment*, 824 (153856). 10.1016/j.scitotenv.2022.153856
- [22] Wright, DJ., Otte, ML. 1999. Wetland Plant Effects on the Biogeochemistry of Metals beyond the Rhizosphere. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 99B (1) 3–10.
- [23] Kiswanto, Wintah, Rahayu, NL. 2020. Analisis Logam Berat (Mn, Fe, Cd), Sianida dan Nitrit pada Air Asam Tambang Batu Bara. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 18 (1), 20-26. 10.54911/litbang.v18i0.116
- [24] Sugiyanto, RAN., Yona, D., Kasitowati, R. D. 2016. Analisis akumulasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada Lamun (*Enhalus acoroides*) sebagai agen fitoremediasi di Pantai Paciran, Lamongan. *Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang*.
- [25] Kusumaningtyas, MA., Bramawanto, R., Daulat, A., Pranowo, WS. 2014. Water quality in the Natuna in transitional season. *Depik*, 3 (1), 10–20.
- [26] Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 / MENKES / PER / IV / 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum [Internet]. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2010.
- [27] Khairunnas, Gusman, M. 2018. Analisis Pengaruh Parameter Konduktivitas, Resistivitas dan TDS Terhadap Salinitas Air Tanah Dangkal pada Kondisi Air. *Jurnal Bina Tambang*, 3 (4), 1751-1760. 10.24036/bt.v3i4.102295
- [28] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [29] Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius. ISBN 979-21-0613-8
- [30] Nofiyanti, E., Erviena, A., Wardani, GA., Salman, N. 2020. Analisis Kandungan Cemar Logam Berat Kromium pada Anak Sungai Citanduy Kota Tasikmalaya.

- Journal Cis-Trans*, 4 (2) 15–8.
10.17977/um0260v4i22020p015
- [31] Tripathi, SM., Chaurasia, SR. 2020. Detection of Chromium in surface and groundwater and its bio-absorption using bio-wastes and vermiculite. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23 (5) 1153–61. 10.1016/j.jestch.2019.12.002
- [32] Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [33] Edwards, T. G., Özgün-Koca, A., & Barr, J. 2017. Interpretations of boxplots: Helping middle school students to think outside the box. *Journal of Statistics Education*, 25(1), 21-28. 10.1080/10691898.2017.1288556
- [34] Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260), 583-621. 10.1080/01621459.1952.10483441
- [35] Milton, F. 1939. A correction: The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*. American Statistical Association, 34(205), 109. 10.1080/01621459.1939.10502372

