Analisa Kandungan Logam Berat Sebagai Indikator Potensi Pencemaran Pada Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur

Yuvita Dian Siswanti[1*], Rohimatush Shofiyah[1,2], Arief Alihudien[1,3], Melda Hersita[1], Krisna Yuwana Nugraha[1]

[1] Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Jawa Timur 68121
[2] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Jawa Timur 68121
[3] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Jawa Timur 68121

*Korespondensi: yuvita@unmuhjember.ac.id

Abstrak. Pada bulan November 2006 semburan lumpur panas yang diakibatkan dari kegiatan *seismic* dan eksplorasi minyak dan gas bumi telah menutupi sekitar 250 hektar tanah, termasuk tujuh desa, sawah, perkebunan tebu, dan saluran-saluran irigasi, serta telah mengganggu jalur transportasi. Sesuai dengan Keputusan Presiden Republik Indonesia pada Sidang Kabinet Paripurna tanggal 27 September 2006, salah satu skenario pengendalian lumpur adalah mengalirkan lumpur ke sungai terdekat untuk mengantisipasi jebolnya tanggul yang dapat membahayakan keselamatan penduduk dan merusak infrastruktur di sekitarnya. Namun pada kenyataannya, lumpur tersebut langsung dibuang ke sungai atau badan air penerima lainnya tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini tentu akan menimbulkan dampak terhadap ekosistem air, membahayakan kesehatan masyarakat sekitar, mempengaruhi budidaya tambak udang, ikan, serta produksi garam yang berada di muara sungai tersebut. Lumpur Lapindo sendiri mengandung berbagai unsur kimia yang berpotensi mencemari lingkungan, termasuk logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat terlarut, khususnya tembaga (Cu), besi (Fe), dan mangan (Mn), pada sistem perairan yang terdampak aktivitas pembuangan lumpur Lapindo di wilayah Sungai Porong, Sidoarjo. Adapun sampel air diambil dari enam titik strategis dengan mempertimbangkan sebaran inlet dan outlet pada area sekitar tanggul, yaitu sebelum dan sesudah outlet pembuangan, serta pada beberapa kolam inlet yang mengarah ke badan air utama. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi tembaga (Cu) di seluruh titik berada di bawah ambang deteksi <0,09119 mg/L, namun melebihi baku mutu sebesar 0,02 mg/L. Kandungan besi (Fe) terlarut sangat bervariasi, dengan nilai tertinggi mencapai 8,82 mg/L (outlet pembuangan 3). Sementara itu, kandungan mangan (Mn) mencapai konsentrasi tertinggi sebesar 3,35 mg/L (inlet (kolam) untuk outlet 1 dan 2).

Kata Kunci: besi, logam berat, lumpur Lapindo, Mangan, tembaga

1. PENDAHULUAN

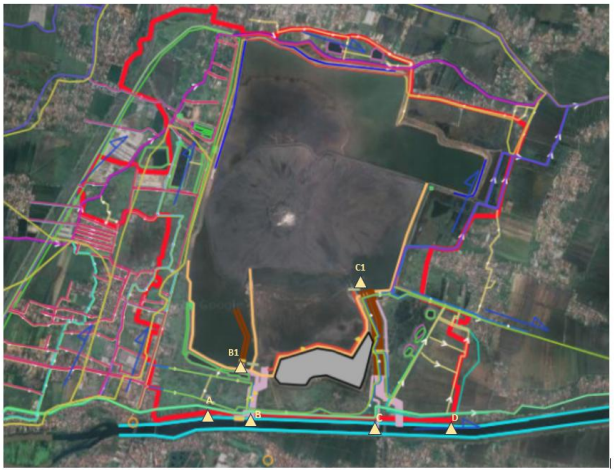
Pada Bulan November 2006 semburan lumpur panas yang diakibatkan dari kegiatan *seismic* dan eksplorasi minyak dan gas bumi telah menutupi sekitar 250 hektar tanah, termasuk tujuh desa, sawah, perkebunan tebu, dan saluran-saluran irigasi, serta telah mengganggu jalur transportasi. Sesuai dengan Keputusan Presiden Republik Indonesia pada Sidang Kabinet Paripurna tanggal 27

September 2006, salah satu skenario pengendalian lumpur adalah mengalirkan lumpur tersebut ke sungai terdekat untuk mengantisipasi jebolnya tanggul yang dapat membahayakan keselamatan penduduk dan merusak infrastruktur di sekitarnya. Namun pada kenyataannya, lumpur tersebut langsung dibuang ke sungai atau badan air penerima lainnya tanpa pengolahan terlebih dahulu. Pembuangan lumpur langsung ke badan air tentu akan menimbulkan dampak terhadap ekosistem air, membahayakan kesehatan masyarakat sekitar, serta industri-industri kelautan seperti budidaya tambak udang, ikan, dan produksi garam yang berada di muara sungai tersebut. Logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan seng (Zn) diketahui memiliki sifat toksik, persisten, dan dapat terakumulasi dalam jaringan biota air serta rantai makanan, sehingga menjadi salah satu indikator utama dalam penilaian kualitas lingkungan perairan (Sembiring & Santoso, 2018). Dalam konteks lingkungan perairan, keberadaan logam berat pada lumpur atau sedimen sangat penting untuk dikaji karena sedimen berfungsi sebagai media akumulasi utama polutan. Logam berat yang terakumulasi pada sedimen berpotensi terlepas kembali ke kolom air dalam kondisi lingkungan tertentu, seperti perubahan pH, redoks, atau aktivitas mikroorganisme (Effendi, 2003). Oleh karena itu, Lumpur Sidoarjo yang mengalir dan bercampur dengan badan air sekitar berpotensi menjadi sumber pencemaran logam berat yang membahayakan biota akuatik dan kesehatan manusia. Analisis kandungan logam berat pada Lumpur Sidoarjo penting dilakukan untuk mengetahui sejauh mana potensi pencemaran yang dapat ditimbulkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat pada beberapa sampel lumpur Lapindo, serta mengevaluasi apakah konsentrasi logam tersebut telah melebihi ambang batas baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh pemerintah, sebagai dasar dalam pengelolaan dan mitigasi dampak pencemaran di wilayah Sidoarjo dan sekitarnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilakukan pada wilayah Sungai Porong dan wilayah waduk Lumpur Sidoarjo. Adapun pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 7 Desember 2024. Pengambilan sampel dilakukan oleh Tim Laboratorium Lingkungan UPTD DLH Mojokerto dengan pendampingan dari Tim PPLS Surabaya di lokasi yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Peta Pengambilan Sampel Air Sungai Porong dan Lumpur Sidoarjo

Berikut pengambilan sampel yang berada di enam titik sampling utama (Gambar 1), yaitu:
A : Sungai Porong sebelum Outlet 3
B : Outlet Pembuangan 3
C : Outlet Pembuangan 1
D : Sungai Porong setelah Outlet 1 dan 3
B1: Inlet Pembuangan Outlet 3
C1: Inlet Pembuangan Outlet 1

2.2 Variabel Pengamatan

Adapun variabel yang diamati adalah kandungan logam berat pada sungai Porong (sebagai badan air penerima) dan titik-titik inlet dan outlet pembuangan Lumpur Lapindo. Hasil kandungan logam berat kemudian dibandingkan dengan baku mutu air golongan III berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 202.

2.3 Analisis Data

Data hasil uji laboratorium kemudian dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk mengetahui kandungan logam berat pada sungai Porong maupun pada Lumpur Lapindo.

3. HASIL DAN DISKUSI

Sungai Porong merupakan terusan sungai Brantas yang berhulu di Kota Mojokerto (Bendung Lengkong Baru), mengalir ke arah timur dan bermuara di Selat Jawa. Sungai ini membatasi Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan. Sungai Porong sangat dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia seperti industri, pertanian, tambak dan transportasi kapal nelayan yang terdapat di sekitar sungai Porong. Adanya aktivitas manusia tersebut dapat meningkatkan jumlah limbah yang masuk ke perairan Sungai Porong.

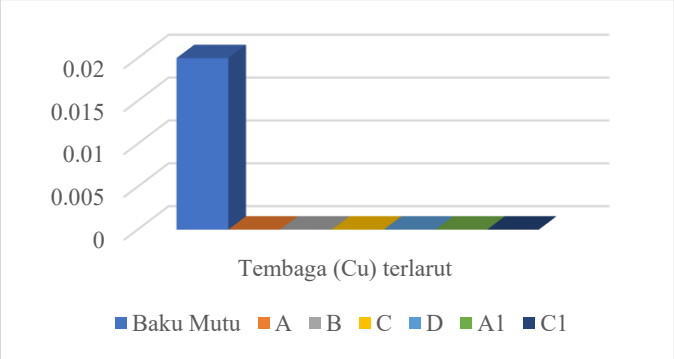
Sungai Porong juga merupakan salah satu badan air yang menjadi *outlet* atau pembuangan Lumpur Sidoarjo. Aktivitas inilah yang digadang-gadang sebagai penyebab turunnya kualitas air di sungai tersebut. Pengujian kualitas air baik di Sungai Porong maupun di titik *inlet* dan *outlet* pembuangan Lumpur Lapindo adalah untuk mengetahui kandungan logam berat yang ada di Sungai Porong. Pengujian pada Sungai Porong di lakukan di beberapa titik yaitu pada hulu Sungai (sebelum aliran Sungai tersebut memasuki daerah kegiatan pembuangan Lumpur Sidoarjo), *outlet* pembuangan Lumpur Lapindo (*Outlet* 3 dan *Outlet* 1), serta ±500 m setelah outlet terakhir (titik D) pembuangan Lumpur Lapindo yang dimaksudkan untuk melihat ada tidaknya akumulasi bahan pencemar pada aliran tersebut. Adapun hasil uji Kandungan Logam Berat yang dilakukan pada beberapa titik pengambilan sampel adalah seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kandungan Logam Berat

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	A	B	C	D	B1	C1
1	Tembaga (Cu)	mg/L	0,02	<0,0119	<0,0119	<0,0119	<0,0119	<0,0119	<0,0119
2	Besi (Fe)	mg/L	-	0,301	8,82	0,47	0,216	<0,0215	0,62
3	Mangan (Mn)	mg/L	-	<0,022	0,56	<0,022	<0,022	0,463	3,35

3.1 Tembaga (Cu) Terlarut

Pada hasil pengamatan terlihat bahwa kandungan Tembaga (Cu) terlarut pada semua titik termasuk pada titik A (Sungai Porong sebelum outlet pembuangan 3) memiliki nilai yang sama yaitu <0,09119 (Gambar 2.)**.** Jika dibandingkan dengan baku mutu, maka kandungan tembaga baik pada inlet dan outlet pembuangan Lumpur Lapindo maupun badan air penerima (Sungai Porong) dapat dikatakan berada di bawah baku mutu (0,02 mg/L).



Gambar 2. Diagram Kandungan Tembaga (Cu) Terlarut

Tembaga (Cu) merupakan salah satu unsur logam berat yang secara alami terdapat dalam lapisan kerak bumi, dan dapat dilepaskan ke lingkungan melalui aktivitas geotermal, vulkanik, maupun pemboran bawah tanah. Dalam kasus lumpur Lapindo, keberadaan tembaga diduga berasal dari aktivitas pengeboran yang menembus formasi batuan dalam yang kaya akan mineral logam, termasuk tembaga, seng, timbal, dan besi. Formasi geologi yang terlibat, seperti Formasi Kalibeng dan Pucangan, mengandung batuan sedimen dan lempung yang telah mengalami proses diagenesis selama jutaan tahun, yang memungkinkan akumulasi unsur-unsur logam berat dalam bentuk senyawa kompleks (Sutriono et al., 2018). Ketika terjadi semburan lumpur panas, kandungan-kandungan logam ini ikut terlarut dalam cairan dan terbawa ke permukaan bersama lumpur.

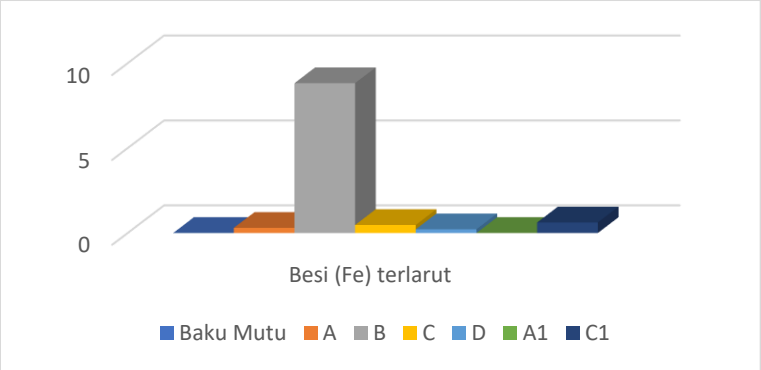
Adapun kandungan tembaga terlarut pada Sungai Porong sebelum adanya kegiatan pembuangan lumpur Lapindo dapat berasal dari aktivitas domestik maupun industri pada hilir sungai. Diketahui bahwa beberapa aktivitas industri yang berada di sekitar bantaran Sungai Porong adalah Industri Kertas Daur Ulang, dimana limbah kertas dapat mengandung senyawa kimia seperti gula, lignin, serta residu logam dari tinta, cat, atau proses industri, yang berpotensi untuk pelepasan ion tembaga ke lingkungan, industri elektronik, tekstil dan cat di sekitar Porong yang diduga menjadi sumber Cu terlarut dalam air sungai. Limbah ini berasal dari proses produksi, pewarnaan, plating logam atau bahan baku tembaga (Hikmah, 2017).

Meski keberadaan Tembaga (Cu) terlarut masih berada di bawah baku mutu, keberadaan Cu tetap perlu diperhatikan. Karena jika nilai tersebut berada di atas ambang ini dapat berbahaya bagi organisme air dan dapat mengindikasikan potensi pencemaran logam berat kronis.

3.2 Besi (Fe) Terlarut

Pada hasil pengamatan kandungan Besi (Fe) terlarut didapatkan nilai kadar tertinggi sampai terendah yaitu B (8,82 mg/L), C1 (0,62 mg/L), C (0,47 mg/L), A (0,301 mg/L), D (0,216 mg/L),

dan B1 (<0,0215 mg/L) (Gambar 3). Pada titik sampling (B1: Inlet Pembuangan pada Outlet 3) memiliki nilai kadar terendah yaitu sebesar <0,022 mg/L. Namun, nilai kandungan Besi (Fe) terlarut titik sampling (B: Outlet pembuangan 3) justru memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 8,82 mg/L. Hal ini dapat terjadi karena adanya proses akumulasi atau tambahan masukan logam sepanjang jalur pembuangan tersebut serta adanya potensi reaksi redoks (reduksi – oksidasi) pada outlet sehingga melepaskan besi terlarut dari sedimen kembali ke air (terutama dalam bentuk Fe^{2+} yang larut di kondisi anaerobik (Effendi, 2003) (Chapman, 1996). Selain itu pada inlet pembuangan outlet 3 (titik sampling B1) terdapat aktivitas pengerukan sedimen lumpur oleh ponton excavator, hal ini secara tidak langsung menimbulkan efek aerasi atau pengadukan yang menyebabkan kadar Besi (Fe) terlarur berkurang. Penelitian Lutfihani dan Purnomo, 2015 menyatakan bahwa aktivitas penambahan oksigen pada sampel air dapat menurunkan kadar Besi (Fe) dalam air tersebut.



Gambar 3. Diagram Kandungan Besi (Fe) Terlarut

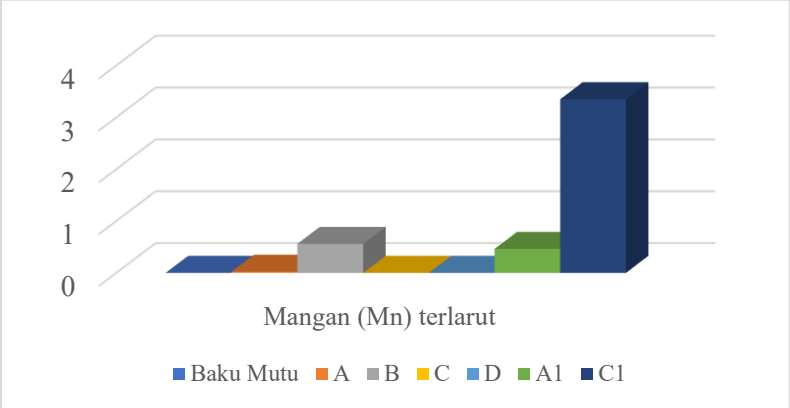
Pada titik sampling A dimana lokasi sampling tersebut berada pada Sungai Porong sebelum adanya kegiatan pembuangan Lumpur Lapindo memiliki nilai 0,301 mg/L. Adanya kandungan besi terlarut pada Sungai Porong sebelum adanya kegiatan dapat berasal dari aktivitas warga/industri di sekitar bantaran sungai. Sedangkan pada hilir sungai (D: Sungai Porong setelah adanya kegiatan pembuangan Lumpur Lapindo Outlet 1 dan 3) menunjukkan nilai yang lebih kecil yaitu sebesar 0,216 mg/L. hal ini dapat dipengaruhi oleh massa jenis yang dimiliki oleh suatu zat/logam tersebut yang akan menyebabkan logam/zat tersebut yang melayang pada perairan akan jatuh dan masuk kedalam sedimen yang menyebabkan ikatan pada sedimen akan lebih besar (Firmansyah, 2013). Selain itu, fluktuasi kandungan logam pada suatu lokasi dapat terjadi dikarenakan adanya pengaruh hidrodinamika perairan di wilayah tersebut (Moriarty, 1998).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Kandungan besi terlarut yang diperbolehkan dalam air minum adalah maksimal 0,3 mg/L atau 0,3 ppm, batas ini ditetapkan karena konsentrasi besi yang lebih tinggi dapat menyebabkan masalah seperti rasa, warna, dan bau yang tidak enak pada air, serta dapat meninggalkan noda. Sehingga dari hasil pengamatan tersebut, apabila Sungai Porong dimanfaatkan oleh warga sekitar untuk kegiatan domestik termasuk sebagai sumber air minum, masih tergolong aman. Meskipun pada hilir sungai (titik A) batas tersebut sangatlah mendekati batas minimum yang diperbolehkan.

3.3 Mangan (Mn) Terlarut

Pada hasil pengamatan kandungan Mangan (Mn) terlarut didapatkan nilai kadar tertinggi sampai terendah yaitu C1 (3,35 mg/L), B (0,56 mg/L), B1 (0,463 mg/L), A, C, dan D memiliki nilai yang sama yaitu <0,022 mg/L (Gambar 4.). Kandungan Mangan (Mn) terlarut pada C1 yang merupakan inlet pembuangan lumpur Lapindo memiliki kandungan lebih besar (3,35 mg/L) dibandingkan dengan titik sampling C, yaitu outlet pembuangan 3 (<0,022 mg/L). Nilai mangan terlarut yang tinggi di (C1: Inlet pembuangan outlet 3) dapat terjadi karena aktivitas pembuangan lumpur yang langsung dilepas, sehingga belum mengalami perubahan oksidasi/dilusi. Setelah bercampur dengan air sungai di titik (C: Outlet Pembuangan 3), Mn^{2+} dapat teroksidasi dan mengendap, sehingga kadar terlarut yang terukur turun drastis (Herndon, 2018). Pada inlet pembuangan outlet 3 (titik sampling B1) nilai kandungan Mangan (Mn) terlarut memiliki nilai lebih besar dibandingkan pada titik sampling B (Outlet 3). Hal ini dikarenakan terdapat aktivitas pengerukan sedimen lumpur oleh ponton excavator, hal ini secara tidak langsung menimbulkan efek aerasi atau pengadukan yang menyebabkan kadar Besi (Fe) terlarut berkurang. Penelitian Lutfihani dan Purnomo, 2015 menyatakan bahwa aktivitas penambahan oksigen pada sampel air dapat menurunkan kadar Besi (Fe) dalam air tersebut.

Pada Sungai Porong kandungan Mangan (Mn) terlarut baik pada hulu (A) maupun hilir (D) sesudah adanya kegiatan pembuangan Lumpur Lapindo menunjukkan nilai kandungan yang sama yaitu sebesar (<0,022 mg/L). Hal ini dapat terjadinya adanya proses oksidasi dan pengikatan Mangan pada lingkungan terbuka. Nilai mangan yang kecil pada Sungai Porong (<0,022 mg/L) dapat dikatakan masih memenuhi batas maksimum yang diperbolehkan oleh WHO. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menganjurkan kandungan konsentrasi maksimum yang diperbolehkan sebesar 0,5 mg/dm³ dalam air, sedangkan pada air minum kandunganya harus lebih rendah yaitu sebesar 0,4 Mg/dm³ (Jurczynski et al., 2024).



Gambar 4. Diagram Kandungan Mangan (Mn) Terlarut

4. KESIMPULAN

1. Kandungan Tembaga (Cu) Terlarut
   - Seluruh titik pengambilan sampel, baik pada Sungai Porong maupun pada inlet dan outlet pembuangan Lumpur Lapindo, menunjukkan kandungan Cu terlarut yang berada di bawah baku mutu (0,02 mg/L).

- Konsentrasi Cu yang rendah (<0,0119 mg/L) mengindikasikan bahwa tembaga belum menjadi ancaman langsung terhadap kualitas air, namun tetap perlu dipantau secara berkala karena potensi akumulasi dari aktivitas industri dan domestik tetap ada.

2. Kandungan Besi (Fe) Terlarut
   - Titik tertinggi kandungan Fe terlarut terdapat pada titik B (Outlet 3) sebesar 8,82 mg/L, jauh lebih tinggi dibanding titik lainnya.
   - Kandungan Fe terlarut pada titik A (sebelum pembuangan Lumpur Lapindo) adalah 0,301 mg/L, mendekati batas maksimum air minum menurut Permenkes (0,3 mg/L).
   - Nilai yang tinggi di titik B kemungkinan disebabkan oleh pelepasan logam dari sedimen akibat proses redoks, serta tambahan masukan logam sepanjang saluran pembuangan.
   - Sedangkan penurunan konsentrasi Fe pada titik hilir (D: 0,216 mg/L) mengindikasikan adanya proses pengendapan dan pengikatan pada sedimen.
3. Kandungan Mangan (Mn) Terlarut
   - Nilai tertinggi ditemukan pada titik C1 (inlet pembuangan outlet 3) sebesar 3,35 mg/L, sementara titik C (outlet-nya) justru sangat rendah (<0,022 mg/L), yang mengindikasikan adanya proses oksidasi dan pengendapan setelah bercampur dengan air sungai.
   - Titik A dan D (hulu dan hilir Sungai Porong) menunjukkan nilai yang sama dan sangat rendah (<0,022 mg/L), yang berarti aktivitas pembuangan Lumpur Lapindo tidak secara langsung menaikkan kandungan mangan di Sungai Porong, kemungkinan karena proses pengendapan alami dan oksidasi di perairan terbuka.
   - Semua nilai Mn di Sungai Porong berada di bawah batas anjuran WHO (0,5 mg/L)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pusat Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (PPLS) yang telah memberikan dukungan, izin, serta fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini. Dukungan dan bantuan yang diberikan sangat membantu penulis dalam memperoleh data serta informasi yang dibutuhkan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar. Serta tak lupa kami ucapkan terima kasih pula kepada rekan-rekan dosen dan teman-teman mahasiswa yang ikut serta membantu dalam pengerjaan penelitian serta artikel ini.

REFERENSI

Chapman, D. (1996). *Water quality assessments – A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. WHO/UNESCO/UNEP.

Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Yogyakarta: Kanisius.

Firmansyah, D., Yulianto, B., & Sedjati, S. (2013). Kandungan besi (Fe) dalam air, sedimen, dan jaringan lunak kerang dara (*Anadara granosa Linn*) di Sungai Morosari dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 2(2), 45–54.

Herndon, E. M., Havig, J. R., Singer, D. M., & McCormick, M. L. (2018). Manganese and iron geochemistry in sediments underlying the redox-stratified Fayetteville Green Lake. *ScienceDirect*, 231, 50–63.

Hikmah, L. (2017). *Analisis kandungan logam berat tembaga (Cu) pada akar dan daun mangrove Sonneratia caseolaris dan Avicennia alba di muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur* (Thesis, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya).

Jurczynski, Y., Passos, R., & Campos, L. C. (2024). A review of the most concerning chemical contaminants in drinking water for human health. *Sustainability*, 16(16), 7107. https://doi.org/10.3390/su16167107

Lutfihani, A., & Purnomo, A. (2015). Analisis penurunan kadar besi (Fe) dengan menggunakan tray aerator dan diffuser aerator. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 2337-9271.

Moriarty, F. (1988). *Ecotoxicology: The study of pollutants in ecosystems* (2nd ed.). Academic Press.

Sembiring, R., & Santoso, B. (2018). Analisis kandungan logam berat pada lumpur panas di Sidoarjo. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 35–42.

Sutriono, E., Wahyudi, A., & Fitriani, E. (2017). Studi kualitas air dan kandungan logam berat pada lumpur Lapindo. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 4(2), 71–78.

Sutriono, E., Wahyudi, A., & Fitriani, E. (2018). Analisis logam berat dalam lumpur Lapindo dan dampaknya terhadap lingkungan air. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(2), 89–95.