TEKNOSAINS
MEDIA INFORMASI DAN TEKNOLOGI
Journal homepage: https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/teknosains/

Analisis kadar timbal (Pb), COD, dan BOD pada air, kangkung air, dan udang di Ekosistem Danau Tempe Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan

Nurfaizah RM[1], Aswar Rustam[1*], Selis Meriem[1], Rusmadi Rukmana[1]
[1]Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Jl. H. M. Yasin Limpo No. 36, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia. 92118
*E-mail: aswar.rustam@uin-alauddin.ac.id

Abstrak: Danau Tempe merupakan ekosistem perairan penting di Kabupaten Wajo yang rentan terhadap pencemaran logam berat timbal (Pb) akibat aktivitas domestik, pertanian, dan perikanan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kadar Pb pada air, udang, dan kangkung air, serta mengevaluasi kualitas air melalui parameter COD dan BOD. Sampel diambil dari tiga stasiun, dengan analisis Pb menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), sedangkan COD dan BOD sesuai PP No. 22 Tahun 2021. Hasil menunjukkan kadar Pb pada air masih aman (0,0026–<0,0001 mg/L), namun pada kangkung air (0,3877 µg/g) dan udang (0,3768 µg/g) mendekati batas konsumsi BPOM No. 5/2018. Nilai COD 14,42–26,27 mg/L dan BOD 5,85–10,95 mg/L masih memenuhi baku mutu, dengan rasio BOD/COD 0,4 yang menandakan pencemar mudah terurai biologis. Secara keseluruhan, kualitas air Danau Tempe masih tergolong aman, tetapi akumulasi Pb pada biota menunjukkan indikasi masuknya logam berat ke rantai makanan akuatik. Temuan ini menegaskan perlunya pengendalian sumber pencemar dan monitoring berkala sebagai dasar konservasi ekosistem Danau Tempe.

Kata Kunci: BOD, COD, Danau Tempe, logam berat, timbal

Abstract: Tempe Lake is an important aquatic ecosystem in Wajo Regency that is vulnerable to heavy metal lead (Pb) contamination from domestic, agricultural, and fisheries activities. This study aimed to analyze Pb levels in water, shrimp, and water spinach, as well as to evaluate water quality through COD and BOD parameters. Samples were collected from three stations, with Pb analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), while COD and BOD were measured according to Government Regulation No. 22 of 2021. Results showed that Pb levels in water remained safe (0.0026–<0.0001 mg/L), whereas in water spinach (0.3877 µg/g) and shrimp (0.3768 µg/g) they approached the consumption limit set by BPOM No. 5 of 2018. COD values ranged from 14.42–26.27 mg/L and BOD from 5.85–10.95 mg/L, both within quality standards, with a BOD/COD ratio of 0.4 indicating that pollutants are still biologically degradable. Overall, Tempe Lake water quality is considered safe, but Pb accumulation in aquatic biota suggests the entry of heavy metals into the food chain. These findings highlight the need for pollution source control and regular monitoring as a basis for conserving the Tempe Lake ecosystem.

Keywords: BOD, COD, Danau Tempe, heavy metal, lead

PENDAHULUAN

Danau merupakan sumber daya alam yang berperan penting sebagai pengendali suhu mikroklimat perkotaan, sarana pariwisata olahraga air, media budidaya perikanan, serta penunjang estetika kota, sekaligus berfungsi sebagai sumber air yang memiliki nilai ekonomi dan sosial bagi masyarakat sekitarnya (Soesanto et al., 2011). Danau Tempe menerima aliran dari sembilan sungai di berbagai wilayah sekitarnya, sehingga luapan air kerap terjadi akibat tingginya curah hujan di daerah hulu (Tirtana et al., 2014). Danau ini bahkan tercatat sebagai salah satu dari 15 danau berstatus kritis di Indonesia, sehingga pemerintah menempuh upaya revitalisasi berupa pengerukan

Cara Sitasi:
RM, N., Rustam, A., Meriem, S., Rukmana, R. (2026). Analisis kadar timbal (Pb), COD, dan BOD pada air, kangkung air, dan udang di ekosistem Danau Tempe Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 20(2), 244-255. https://doi.org/10.24252/teknosains.v20i2.71025

Diajukan 1 Juli 2026; Ditinjau 15 Juli 2026; Diterima 9 Agustus 2026; Diterbitkan 12 Agustus 2026
Copyright © 2026. The authors. This is an open access article under the CC BY-SA license

sedimen dan pembasmian eceng gondok, meskipun kebijakan tersebut memperoleh tanggapan yang beragam dari masyarakat setempat (Brraich & Jassal, 2021).

Aktivitas penangkapan ikan menggunakan kapal bermotor di Danau Tempe diduga turut berkontribusi terhadap pencemaran logam berat melalui pembuangan sisa bahan bakar maupun residu cat kapal. Timbal (Pb) tergolong salah satu dari empat jenis logam yang berbahaya bagi kesehatan manusia karena dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan menimbulkan efek toksik jangka panjang (Brraich & Jassal, 2021). Logam berat yang mengendap di dasar perairan cenderung membentuk senyawa kompleks dengan bahan organik maupun anorganik melalui proses adsorpsi dan kompleksasi, sehingga mudah memasuki rantai makanan dan mengganggu keseimbangan biota di dalamnya (Al-Taee et al., 2020).

Keracunan timbal dapat menimbulkan dampak serius bagi kesehatan, termasuk peningkatan risiko hipertensi, gangguan sintesis darah, hiperaktivitas, hingga kerusakan jaringan otak, karena timbal berikatan kuat dengan molekul-molekul penting seperti hemoglobin, enzim, RNA, dan DNA (Hanafiah et al., 2021). Penelitian terdahulu di Danau Tempe melaporkan akumulasi Pb pada ikan bungo (*Glossogobius giuris*) yang masih berada di bawah ambang batas SNI 7389:2009 (Dash & Kalamdhad, 2021), sedangkan penelitian lain melaporkan kadar Pb pada beberapa jenis ikan telah melampaui ambang batas yang ditetapkan (Bhat et al., 2018). Kajian pada tanaman kangkung air di lokasi lain juga menunjukkan kadar Pb yang bervariasi, namun umumnya masih berada di bawah batas aman konsumsi (Jolaosho et al., 2024).

Pencemaran danau dapat bersumber dari limbah terpusat seperti industri dan fasilitas kesehatan, maupun limbah tersebar yang berasal dari aktivitas domestik dan pertanian (Liu et al., 2022). Sejumlah kajian pada berbagai danau di Indonesia menunjukkan variasi kualitas air berdasarkan parameter fisikokimia seperti COD, BOD, dan fosfat total yang dipengaruhi oleh aktivitas domestik, pertanian, dan perikanan di sekitarnya (Ali et al., 2023), sementara tinjauan literatur pada beberapa sungai di Pulau Jawa menemukan kontaminasi logam berat Pb dan Cd pada tanaman kangkung air (Nazmul et al., 2025).

Penelitian terdahulu di Danau Tempe umumnya berfokus pada pengukuran kandungan logam berat Pb pada ikan sebagai bioindikator pencemaran, sementara kajian terhadap kompartemen ekosistem lainnya, seperti tumbuhan air dan krustasea, masih terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian hanya menilai kandungan logam berat atau kualitas air secara terpisah, sehingga belum memberikan gambaran menyeluruh mengenai hubungan antara kondisi kualitas perairan dengan potensi bioakumulasi logam berat pada organisme akuatik. Hingga saat ini, kajian yang mengintegrasikan analisis kadar Pb pada air, kangkung air, dan udang serta mengaitkannya dengan parameter kualitas air berupa *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) di Danau Tempe masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pendekatan yang lebih terpadu untuk mengevaluasi distribusi Pb pada berbagai komponen ekosistem dan hubungannya dengan kondisi kualitas perairan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat bagi pengelolaan Danau Tempe, pemantauan pencemaran secara berkelanjutan, serta upaya konservasi ekosistem perairan di Kabupaten Wajo. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Pb pada air, udang, dan kangkung air, serta mengevaluasi kualitas air Danau Tempe berdasarkan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan observasional yang menganalisis kadar cemaran logam berat timbal (Pb) pada air, kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk.), dan udang putih (*Litopenaeus vannamei*) di Danau Tempe, Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan, dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), serta menguji kualitas air melalui parameter COD dan BOD. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 3-4 Januari 2025 di Danau Tempe, dengan pengujian sampel dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar. Variabel penelitian ini adalah kandungan logam berat timbal pada ekosistem Danau Tempe, yang diukur bersamaan dengan suhu, COD, dan BOD air danau menggunakan AAS (Purwantisari et al., 2016).



Gambar1. Lokasi pengambilan sampel

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi botol *Winkler*, lemari inkubasi, pipet volumetrik, labu ukur, aerator, pH meter, oven, tabung kultur borosilikat bertutup ulir, heating block, statif, mikroburet, pipet skala, erlenmeyer, mortar, gelas kimia, neraca analitik, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), *hotplate*, serta peralatan gelas kimia lainnya. Bahan yang digunakan terdiri atas sampel air, kangkung air, dan udang putih yang diperoleh dari Danau Tempe, asam nitrat (HNO_3) pekat, larutan mangan sulfat ($MnSO_4$), larutan alkali iodida azida, larutan asam sulfat (H_2SO_4), larutan glukosa-asam-glutamat, indikator amilum, larutan baku kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), larutan indikator feroin, larutan air pengencer, larutan ferro ammonium sulfat (FAS), dan larutan baku kalium hidrogen ftalat (KHP).

Sampel air, kangkung air, dan udang diambil pada tiga stasiun pengamatan yang ditentukan secara *purposive sampling* berdasarkan karakteristik aktivitas dominan di sekitar Danau Tempe. Stasiun 1 berada di kawasan padat penduduk yang merepresentasikan pengaruh limbah domestik, Stasiun 2 berada di kawasan wisata yang merepresentasikan area dengan aktivitas rekreasi dan pemeliharaan lingkungan yang relatif intensif, sedangkan Stasiun 3 berada di kawasan dengan aktivitas pertanian yang dominan dan berpotensi menerima limpasan pupuk serta pestisida. Pemilihan ketiga lokasi tersebut bertujuan untuk membandingkan tingkat pencemaran logam berat dan kualitas air pada kawasan dengan tekanan antropogenik yang berbeda. Pada setiap stasiun dilakukan pengambilan sampel air, kangkung air, dan udang secara langsung, serta

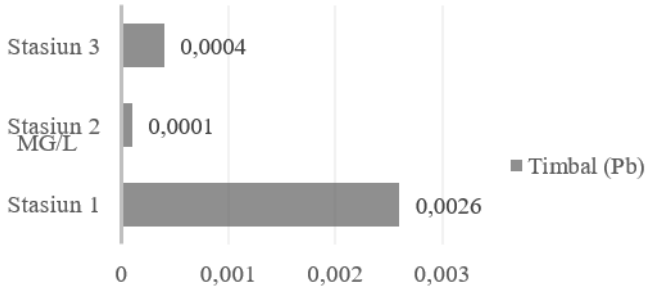
pengukuran parameter fisik-kimia perairan berupa suhu dan derajat keasaman (pH) menggunakan water checker dan pH meter.

Sebanyak 500 mL sampel air diasamkan dengan 5 mL HNO_3 pekat, kemudian dipanaskan hingga volumenya berkurang menjadi 15-20 mL. Sampel selanjutnya diencerkan menggunakan labu ukur 50 mL dan dianalisis kandungan Pb-nya menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA/AAS) pada panjang gelombang 217,0 nm. Sampel kangkung air dipotong menjadi bagian-bagian kecil, didestruksi menggunakan HNO_3 pekat, kemudian diencerkan dengan akuades sebelum dianalisis menggunakan metode yang sama. Sampel udang putih diambil secara acak sebanyak lima ekor pada setiap stasiun, didestruksi menggunakan metode pengabuan basah dengan HNO_3, disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 52, kemudian dianalisis kadar Pb-nya menggunakan SSA/AAS pada panjang gelombang 217,0 nm (Irma et al., 2013; Soesanto, 2023).

Pengujian COD dilakukan dengan menambahkan larutan pencerna dan reagen asam sulfat (H_2SO_4) ke dalam sampel, kemudian dipanaskan dalam reaktor COD pada suhu 150°C selama 2 jam sebelum dianalisis menggunakan spektrofotometer. Pengujian BOD dilakukan dengan metode Winkler melalui pengukuran oksigen terlarut awal (DO0) dan setelah inkubasi selama lima hari pada suhu 20 °C ± 1 °C (DO5), yang selanjutnya dititrasi menggunakan larutan natrium tiosulfat (Na2S2O3) dengan indikator amilum secara duplo (Ali et al., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan logam berat timbal pada air, udang, dan kangkung air di tiga stasiun. Kadar timbal tertinggi ditemukan pada Stasiun 1 (kawasan padat penduduk) sebesar 0,0026 mg/L, sedangkan kadar terendah ditemukan pada Stasiun 2 (kawasan wisata) sebesar 0,0001 mg/L.

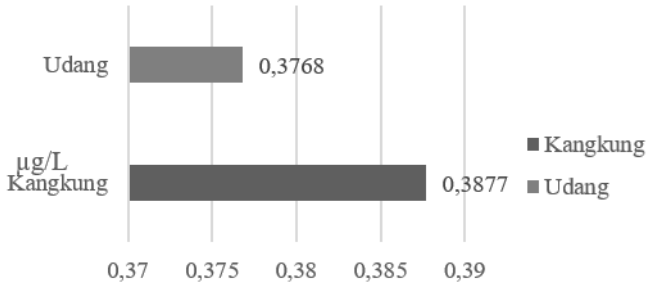


Gambar 1. Kadar timbal (Pb) pada air Danau Tempe di tiga stasiun pengambilan sampel

Gambar 1 menunjukkan bahwa sampel air, kangkung air, dan udang mengandung timbal, namun kadarnya tidak melebihi ambang batas baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 sebesar 0,03-0,05 mg/L untuk air danau maupun BPOM No. 5 Tahun 2018 untuk bahan pangan (Ratnasari et al., 2014). Kadar timbal yang relatif lebih tinggi pada kawasan padat penduduk (Stasiun 1) diduga bersumber dari limbah rumah tangga yang belum diolah secara memadai, sementara kawasan wisata (Stasiun 2) menunjukkan kadar timbal yang sangat rendah sebagai akibat upaya pembersihan dan pemeliharaan lingkungan yang dilakukan secara berkala. Sebaliknya, kawasan kurang penduduk (Stasiun 3) yang

menunjukkan kadar sedikit lebih tinggi dibandingkan Stasiun 2 diduga dipengaruhi oleh limbah pertanian berupa residu pestisida yang masuk ke perairan danau, mengingat aktivitas pertanian dapat menjadi sumber pencemaran timbal tersendiri.

Kadar timbal pada kangkung air sebesar 0,3877 µg/g yang ditampilkan pada Gambar 2 masih berada di bawah baku mutu BPOM No. 5 Tahun 2018 untuk kategori sayur sebesar 0,20 mg/L (Juharna et al., 2022), sehingga tergolong aman untuk dikonsumsi. Kadar timbal pada udang putih sebesar 0,3768 µg/g juga masih di bawah batas maksimum cemaran logam Pb pada krustasea sebesar 0,5 mg/kg menurut standar Badan Standardisasi Nasional (BSN) dan BPOM, sehingga tetap dikategorikan aman untuk dikonsumsi (Sarah et al., 2018). Meskipun demikian, pemantauan secara berkala tetap diperlukan mengingat karakteristik logam berat yang terakumulasi secara progresif dalam jaringan organisme melalui rantai makanan, guna memastikan konsumen tidak terpapar kadar logam berat yang berlebihan (Syahrian et al., 2023).



Gambar 2. Kadar timbal (Pb) pada akumulator (kangkung air dan udang) di Danau Tempe

Aktivitas harian penduduk di area permukiman, seperti konsumsi makanan dan minuman, pencucian pakaian, mandi, serta penggunaan fasilitas sanitasi, menghasilkan limbah cair domestik yang umumnya dialirkan melalui sistem pembuangan rumah tangga dan pada akhirnya bermuara ke danau. Apabila tidak dikelola secara memadai, pembuangan limbah domestik tersebut dapat mencemari sumber air dan tanah, sehingga berpotensi mengganggu keseimbangan lingkungan, kesehatan masyarakat, serta sektor pertanian (Fitria et al., 2023). Pencemaran danau akibat aktivitas pertanian juga dapat terjadi melalui residu penggunaan pestisida dan pupuk berlebih yang terbawa aliran air, di mana residu pestisida yang bersifat stabil dan sukar larut dalam air cenderung terikat pada partikel tersuspensi sehingga terakumulasi dan mencemari ekosistem perairan (Syukriah et al., 2024).

Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian pada tambak ikan di Kecamatan Remboken, Kabupaten Minahasa, yang menunjukkan kadar Pb dalam air dan ikan pada tiga lokasi pengambilan sampel telah melampaui batas yang diperbolehkan (Afifudin et al., 2024), serta penelitian di Danau Tempe yang melaporkan konsentrasi timbal tertinggi di Kabupaten Soppeng sebesar 0,055 ppm, diikuti Kabupaten Wajo sebesar 0,042 ppm, dan terendah di Kabupaten Sidrap sebesar 0,035 ppm, dengan seluruh lokasi masih berada di bawah ambang batas SNI sebesar 0,3 ppm (Indrawati et al., 2025). Penelitian tersebut juga menemukan korelasi antara kualitas air dan ukuran ikan terhadap akumulasi timbal, yaitu sebesar 65,89% pada ukuran ikan, 53,09% pada pH, dan 9,08% pada suhu, yang mengindikasikan bahwa ukuran organisme merupakan faktor dominan dalam peningkatan kandungan timbal (Aminati et al., 2023). Kajian tinjauan literatur pada

beberapa sungai di Pulau Jawa turut menemukan kadar logam berat tertinggi dalam air di Sungai Cipeles, Jawa Barat, serta kontaminasi Pb dan Cd pada tanaman kangkung air, ikan mas, ikan nila, ikan lele, dan kerang batu, yang memperkuat pola bahwa organisme akuatik dapat berfungsi sebagai indikator pencemaran logam berat pada ekosistem perairan (Tahir et al., 2025).

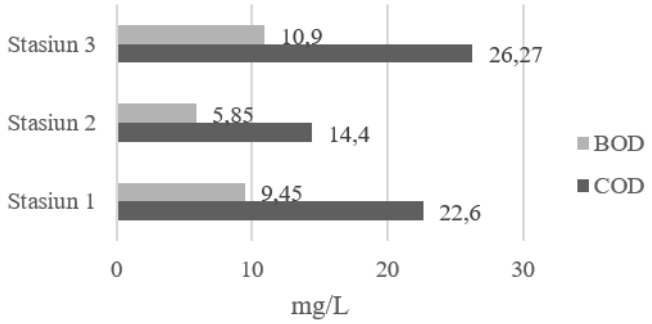
Logam berat merupakan unsur alami dalam tanah yang tidak dapat terurai atau dihancurkan, dan paparannya terhadap tubuh manusia dapat terjadi melalui konsumsi makanan, air minum, maupun inhalasi udara. Risiko bahaya logam berat dipicu oleh proses bioakumulasi, yaitu peningkatan kadar unsur kimia dalam organisme hidup secara progresif seiring waktu, yang selanjutnya menyebabkan biomagnifikasi berupa peningkatan konsentrasi logam berat pada tingkat trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan (Musdalifah et al., 2022). Kangkung air (*Ipomoea aquatica* F.) merupakan tumbuhan hiperakumulator yang menyerap logam berat bersama unsur hara melalui jalur transportasi yang sama, kemudian menetralkan dan mengekskresikan logam tersebut ke bagian tanaman yang lebih tua, seperti daun tua dan batang kering, sebagai mekanisme adaptasi terhadap toksisitas logam berat (Royani et al., 2022). Ciri khas kangkung air terletak pada jaringan parenkim di batang dan akar yang berperan dalam transportasi oksigen serta mempercepat penyerapan unsur hara, sehingga tumbuhan ini juga berfungsi sebagai biofilter alami yang mampu mengikat zat organik maupun anorganik di perairan (Meilana & Dagsy, 2025).

Pada udang, konsentrasi timbal dalam daging cenderung lebih rendah dibandingkan bagian karapaks dan kepala, dengan urutan akumulasi dari tertinggi ke terendah yaitu kepala, karapaks, kemudian daging, sehingga kadar Pb dalam daging udang yang dikonsumsi umumnya lebih rendah dibandingkan total akumulasi pada tubuh udang secara keseluruhan (Hermanus et al., 2015). Udang dapat mengandung timbal akibat hidup pada lingkungan yang telah terkontaminasi oleh logam tersebut, dan apabila kadar Pb melebihi batas maksimum 0,5 mg/kg, udang tersebut dinyatakan tidak memenuhi standar SNI 7387:2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan (Kurnianti, 2020). Sebagai pembanding, penelitian pada udang putih di tambak Biringkassi, Kabupaten Pangkep, menemukan bahwa logam Pb dan Cd tidak terdeteksi, namun kandungan kromium (Cr) justru melampaui batas GB 2762 dengan nilai *Risk Quotient Lifetime* sebesar 235,94 yang mengindikasikan tingkat risiko tidak aman bagi petani tambak, sehingga menegaskan pentingnya pemantauan menyeluruh terhadap berbagai jenis logam berat, tidak terbatas pada Pb saja (Royani et al., 2021).

Hasil pemeriksaan yang ditampilkan pada Gambar 3 dan Tabel 1 menunjukkan kadar COD yang tidak melampaui batas maksimum PP No. 22 Tahun 2021 pada seluruh stasiun. Stasiun 1 (kawasan padat penduduk) menunjukkan COD sebesar 22,63 mg/L dan BOD sebesar 9,45 mg/L, yang diduga bersumber dari limbah rumah tangga di sekitar permukiman berupa sampah organik dan anorganik serta deterjen; sampah organik menurunkan kadar oksigen terlarut karena dimanfaatkan oleh bakteri dalam proses dekomposisi, sedangkan sampah anorganik menghambat penetrasi cahaya matahari sehingga mengganggu fotosintesis tumbuhan air dan alga penghasil oksigen.

Stasiun 2 (kawasan wisata) menunjukkan nilai COD dan BOD terendah, yaitu 14,42 mg/L dan 5,85 mg/L, dikarenakan kawasan wisata cenderung lebih bersih dibandingkan permukiman padat maupun kawasan industri, dengan limbah organik dari kegiatan wisata seperti sisa makanan yang umumnya dikelola secara lebih baik guna menjaga daya tarik lokasi tersebut, didukung sistem sanitasi yang lebih tertata. Sebaliknya, Stasiun 3 (kawasan kurang penduduk) menunjukkan nilai tertinggi, yaitu COD sebesar 26,27 mg/L

dan BOD sebesar 10,95 mg/L, yang disebabkan oleh pengaplikasian pupuk kimia mengandung nitrat dan fosfat serta penggunaan pestisida dalam aktivitas pertanian yang mencemari perairan melalui limpasan permukaan akibat curah hujan atau sistem irigasi; residu biomassa tanaman yang mengalami dekomposisi turut memperkaya kandungan bahan organik dan meningkatkan kebutuhan oksigen biologis.



Gambar 3. Nilai COD dan BOD pada tiga stasiun pengambilan sampel air Danau Tempe

Rasio BOD/COD yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan nilai sebesar 0,4 pada seluruh stasiun, yang menurut referensi berada dalam kisaran 0,2-0,5 sehingga mengindikasikan bahwa bahan pencemar di perairan Danau Tempe masih dapat terurai melalui proses biologis (Karouw & Soeryanto, 2024). Meskipun demikian, proses dekomposisi berlangsung relatif lambat karena mikroorganisme pengurai memerlukan waktu adaptasi terhadap limbah tersebut, dan proses biodegradasi umumnya mencapai titik optimal pada awal musim hujan seiring peningkatan ketersediaan oksigen (Kurnianti, 2020). Rasio BOD/COD berfungsi sebagai indikator dampak zat organik dalam berbagai lingkungan dan dapat dikategorikan ke dalam zona stabil, zona *biodegradable*, dan zona toksik, dengan rentang 0,2-0,5 menunjukkan tingkat biodegradabilitas yang baik untuk mendukung kegiatan budidaya perairan (Ciptadi et al., 2022).

Tabel 1. Nilai COD, BOD, dan rasio BOD/COD pada sampel air Danau Tempe

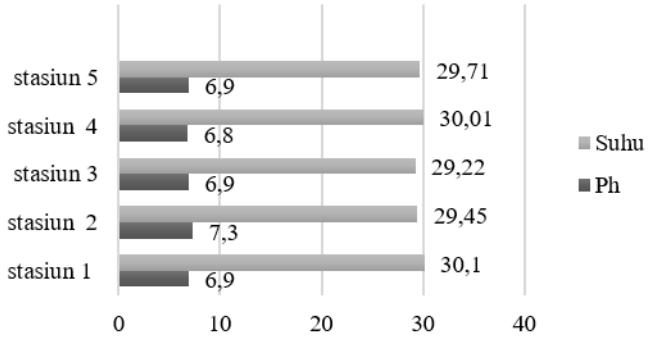
Lokasi	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Rasio BOD/COD
Stasiun 1 (Padat Penduduk)	22,63	9,45	0,417
Stasiun 2 (Wisata)	14,42	5,85	0,405
Stasiun 3 (Kurang Penduduk)	26,27	10,95	0,416

Kadar COD yang tinggi mengindikasikan bahwa bahan buangan organik yang tidak dapat terurai secara biologis dengan cepat akan terakumulasi dalam jumlah lebih besar, sehingga membutuhkan oksigen yang lebih tinggi untuk terurai secara kimiawi dan berpotensi merusak ekosistem perairan (Kumuru, 2002). Apabila dikaitkan dengan akumulator biologis di Danau Tempe seperti udang dan kangkung air, kadar COD yang tinggi menandakan keberadaan polutan yang sukar terurai secara biologis, sehingga organisme tersebut berisiko mengalami bioakumulasi logam berat atau senyawa beracun lainnya, sedangkan kadar COD yang rendah menunjukkan perairan dengan kandungan bahan organik dan zat kimia teroksidasi yang relatif minim. Apabila kadar COD tinggi pada perairan tempat udang dibudidayakan, kondisi ini dapat menurunkan oksigen terlarut serta meningkatkan risiko stres, gangguan pertumbuhan, dan penyakit seperti vibriosis pada udang (Djatmiko et al., 2025), sedangkan pada kangkung air, kadar COD

yang berlebihan dapat menurunkan kualitas tanaman meskipun ketersediaan nutrien tergolong melimpah (Royani et al., 2021).

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter yang merepresentasikan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerobik untuk mendekomposisi bahan organik, sehingga dapat digunakan sebagai indikator kualitas air (Tamanampo et al., 2017). Perbedaan antara nilai COD dan BOD umumnya teramati pada perairan tercemar, karena bahan organik yang dapat diuraikan secara kimiawi jumlahnya lebih banyak dibandingkan yang dapat diuraikan secara biologis (Lasut, 2020). Kadar BOD yang tinggi dapat menyebabkan kondisi stres pada udang akibat kekurangan oksigen terlarut, meskipun dalam jumlah wajar dapat mendukung pertumbuhan plankton sebagai pakan alami Dewi (2022), sementara pada kangkung air, kadar BOD yang berlebihan berisiko menurunkan kadar oksigen dan memicu akumulasi zat berbahaya yang dapat mengurangi keamanan konsumsi tanaman tersebut (Juharna et al., 2022).

Hasil pengamatan yang ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan nilai pH air danau berkisar antara 6,8 hingga 7,3, dengan nilai terendah pada kawasan padat penduduk dan tertinggi pada kawasan wisata. Rentang tersebut masih berada dalam kisaran optimal bagi kehidupan biota air tawar, yaitu 6,8-8,5, sementara penurunan pH secara signifikan dapat meningkatkan kelarutan logam dalam air sehingga berpotensi bersifat toksik bagi organisme akuatik (Nuraini et al., 2017). Pengukuran pH pada siang hari cenderung menunjukkan nilai yang lebih tinggi karena fitoplankton memanfaatkan karbon dioksida (CO_2) dalam air untuk proses fotosintesis, yang dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis tumbuhan air dan menghasilkan peningkatan kadar oksigen di perairan (Dewi et al., 2017). Perubahan nilai pH juga dipengaruhi oleh aktivitas penyerapan nutrien oleh tumbuhan, di mana penyerapan ion positif oleh akar akan diikuti pelepasan ion H^+ yang menurunkan pH, sementara penyerapan ion negatif akan meningkatkan pH melalui pelepasan ion OH^-.



Gambar 4. Nilai pH dan suhu pada lima stasiun pengamatan di Danau Tempe

Suhu perairan Danau Tempe berkisar antara 29 hingga 30°C, dengan nilai terendah pada kawasan padat penduduk yang memiliki tutupan pepohonan lebih rapat sehingga intensitas cahaya yang masuk ke perairan relatif terbatas, sedangkan suhu tertinggi berada pada kawasan kurang penduduk karena minimnya tutupan pepohonan sehingga cahaya matahari dapat menembus perairan secara lebih langsung. Rentang suhu ini masih berada dalam batas optimal untuk kegiatan budidaya perikanan, yaitu 27-32°C, dan berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran

Air, deviasi suhu yang diperbolehkan untuk kelas III adalah 3°C, sehingga suhu air Danau Tempe masih mampu menunjang kehidupan biota perairan (Tamanampo et al., 2017).

Fluktuasi suhu dapat memengaruhi proses biologis dan kimiawi dalam air secara signifikan, di mana peningkatan suhu dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, mempercepat laju reaksi kimia, serta mengganggu kehidupan ikan dan organisme perairan lainnya, sehingga berpotensi mengancam kelangsungan ekosistem (Kumuru, 2002). Sebagai pembanding, kisaran suhu ideal untuk kegiatan budidaya tambak udang berada pada rentang 26-30°C dengan pH optimal 7,39-8,27 (Fitria et al., 2023), sementara baku mutu kualitas air kelas III menurut PP No. 82 Tahun 2001 menetapkan rentang pH 6,01-7,2 yang masih sesuai untuk kegiatan budidaya, mengingat ikan air tawar umumnya dapat hidup dengan baik pada pH sedikit asam hingga netral, yaitu 6,5-8 (Dewi et al., 2017).

Jika dianalisis berdasarkan hubungan antarparameter, kadar Pb pada air menunjukkan kecenderungan berkaitan dengan tingkat beban pencemar organik yang tercermin dari nilai COD dan BOD. Stasiun dengan nilai COD dan BOD lebih tinggi, khususnya Stasiun 1 dan Stasiun 3, juga menunjukkan adanya kandungan Pb yang terdeteksi, sehingga mengindikasikan bahwa aktivitas antropogenik yang menghasilkan limbah organik, domestik, pertanian, maupun residu bahan kimia berpotensi menjadi jalur masuk logam berat ke perairan. Nilai COD yang lebih tinggi dapat menggambarkan keberadaan bahan organik maupun senyawa kimia yang membutuhkan oksigen untuk proses oksidasi, sedangkan nilai BOD yang meningkat menunjukkan tingginya aktivitas penguraian bahan organik oleh mikroorganisme. Kondisi tersebut dapat memengaruhi dinamika Pb karena bahan organik tersuspensi mampu mengikat logam berat, mengendapkannya dalam sedimen, atau menjadi media perpindahan logam ke organisme akuatik seperti kangkung air dan udang.

Hubungan Pb dengan pH menunjukkan bahwa pH perairan Danau Tempe yang berada pada kisaran 6,8-7,3 masih tergolong netral dan relatif mendukung kestabilan logam di kolom air. Pada kondisi pH yang lebih rendah, logam berat umumnya lebih mudah larut sehingga mobilitas dan ketersediaannya bagi organisme meningkat. Sebaliknya, pH yang mendekati netral dapat menekan kelarutan logam tertentu dan mendorong proses pengendapan atau pengikatan logam pada partikel tersuspensi. Oleh karena itu, kadar Pb yang masih rendah pada sampel air diduga berkaitan dengan kondisi pH yang masih stabil, meskipun keberadaan Pb pada kangkung air dan udang tetap menunjukkan potensi bioakumulasi melalui sedimen, partikel organik, atau rantai makanan.

Suhu perairan yang berkisar antara 29-30°C juga dapat memengaruhi hubungan antara Pb, COD, dan BOD melalui perubahan proses kimiawi dan biologis di dalam air. Peningkatan suhu dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik, meningkatkan laju metabolisme organisme, serta menurunkan kelarutan oksigen terlarut, sehingga berpotensi memengaruhi nilai BOD dan kondisi fisiologis biota akuatik. Meskipun variasi suhu antarstasiun relatif kecil, suhu tetap berperan dalam mengatur kecepatan reaksi kimia, proses penguraian bahan organik, dan kemungkinan penyerapan logam oleh organisme. Dengan demikian, hubungan antara Pb, COD, BOD, pH, dan suhu menunjukkan bahwa kualitas perairan Danau Tempe tidak hanya ditentukan oleh satu parameter, tetapi oleh interaksi antara beban pencemar organik, kondisi fisik-kimia air, dan kemampuan organisme dalam mengakumulasi logam berat. Namun, karena penelitian ini belum melakukan uji korelasi atau regresi secara statistik, hubungan

antarparameter tersebut masih bersifat deskriptif dan perlu dikaji lebih lanjut pada penelitian berikutnya.

Secara keseluruhan, kondisi pH dan suhu Danau Tempe yang masih berada dalam rentang optimal menunjukkan bahwa kualitas fisik-kimia perairan masih mampu menunjang kehidupan biota akuatik di dalamnya. Namun demikian, variasi COD, BOD, dan kadar Pb antarstasiun mengindikasikan bahwa aktivitas manusia berupa limbah domestik dan pertanian di sekitar danau tetap memberikan pengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan, sejalan dengan kajian pada beberapa danau lain di Indonesia yang menunjukkan bahwa parameter fisikokimia yang tergolong baik tidak selalu menjamin bebasnya perairan dari pencemaran ringan akibat aktivitas di sekitarnya (Syukriah et al., 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air, udang, dan kangkung air di Danau Tempe masih berada dalam batas aman untuk dikonsumsi, dengan kadar Pb dalam air tetap berada di bawah ambang batas kualitas air kelas I serta kadar pada udang dan kangkung air masih sesuai dengan standar konsumsi yang berlaku. Analisis parameter kualitas air berupa COD dan BOD juga menunjukkan bahwa kondisi air Danau Tempe masih memenuhi baku mutu, meskipun terdapat perbedaan nilai antarstasiun yang mengindikasikan adanya pengaruh aktivitas manusia terhadap keseimbangan ekosistem danau. Temuan ini dapat menjadi landasan bagi pemerintah daerah dan instansi terkait dalam merumuskan strategi pengelolaan lingkungan perairan Danau Tempe, khususnya dalam upaya mengurangi risiko pencemaran logam berat timbal melalui pemantauan yang berkelanjutan serta pengelolaan limbah domestik maupun pertanian yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Afifudin, A. F. M., Wulandari, A., & Irawanto, R. (2024). Pencemaran logam berat di air, sedimen, dan organisme pada beberapa sungai di Pulau Jawa, Indonesia: Tinjauan literatur. *Environmental Pollution Journal*, 4(1), 959–971. https://doi.org/10.58954/epj.v4i1.183.

Ali, B., Khan, A., Ali, S. S., Khan, H., Alam, M., Ali, A., Alrefaei, A. F., Almutairi, M. H., & Kim, K. I. (2023). Heavy metals and microbial diversity: A comparative analysis of rivers Swat and Kabul. *Water (Switzerland)*, 15(18). https://doi.org/10.3390/w15183297.

Ali, M. M., Ali, M. L., Jahan Rakib, M. R., Islam, M. S., Bhuyan, M. S., Senapathi, V., Chung, S. Y., Roy, P. D., Sekar, S., Md Towfiqul Islam, A. R., & Rahman, M. Z. (2022). Seasonal behavior and accumulation of some toxic metals in commercial fishes from Kirtankhola tidal river of Bangladesh – A health risk taxation. *Chemosphere*, 301. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134660.

Al-Taee, S. K., Al-Mallah, K. H., & Ismail, H. K. (2020). Review on Some heavy metals toxicity on freshwater fishes. *Journal of Applied Veterinary Sciences*, 5(3), 78–86. https://doi.org/10.21608/JAVS.2020.100157.

Aminati, E. R., Budiono, Z., Lukmitarani, R. (2023). Pengaruh variasi pengolahan kangkung air (Ipomea aquatica Forsk) terhadap penurunan kadar logam timbal (Pb). *BULETIN KESLINGMAS: Buletin Kesehatan Lingkungan Masyarakat*, 42(2), 158-162. https://doi.org/10.31983/keslingmas.v42i4.10716.

Bhat, B. N., Parveen, S., & Hassan, T. (2018). Seasonal assessment of physicochemical parameters and evaluation of water quality of river Yamuna, India. *Advances in Environmental Technology*, 4(1), 41–49. https://doi.org/10.22104/aet.2018.2415.1121.

Brraich, O. S., & Jassal, R. (2021). Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring in surface water of Sutlej River (India). *Toxicology International*, 28(4), 327–335. https://doi.org/10.18311/ti/2021/v28i4/27421.

Ciptadi, G., Koderi, Rahmawati, E., Rosa, Y., Sulistiono, E., Setyaningtyas, R., Dian P.S., V., Noer F. Y., C., Artiyani, A., Wilda A., G., Tibangon, M. Y., & Didit A. I. (2022). *Filosofi lingkungan hidup*. Media Nusa Creative.

Dash, S., & Kalamdhad, A. S. (2021). Understanding the dynamics of heavy metals in a freshwater ecosystem through their toxicity and bioavailability assay. *Environment, Development and Sustainability*, 23(11), 16381–16409. https://doi.org/10.1007/s10668-021-01349-5.

Dewi, E. R. (2022). Analisis cemaran logam berat arsen, timbal, dan merkuri pada mkanandi wilayah Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *IKESMA*, 18(1), 1. https://doi.org/10.19184/ikesma.v18i1.20529.

Dewi, M. A., Suprapto, D., & Rudyanti, S. (2017). Kadar logam berat tembaga (Cu), kromium (Cr) pada sedimen dan jaringan lunak *Anadara granosa* di perairan tambak Lorok Semarang. *Journal of Maquares*, 6(3), 197–04.

Djatmiko, A., Syarifudin, D., Mulyani, D., Ramdani, A., & Gumilar, F. R. (2025). *Pengendalian pemanfaatan ruang kawasan Danau Tondano di Sulawesi Utara sebagai danau strategis nasional*. Indonesia Emas Group.

Fitria, P., Gafur, Abd., Hidayat, Baharuddin, A., & Syam, N. (2023). Analisis risiko logam berat pada udang putih yang dikonsumsi petani tambak di Biringkassi Kabupaten Pangkep. *Window of Public Health Journal*, 690–700. https://doi.org/10.33096/woph.v4i4.448.

Hanafiah, M. M., Hasan, R. M., Nizam, N. U. M., & Aziz, N. H. A. (2021). Water quality of the klang river, selangor, malaysia and heavy metal removal using phytoremediation. *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(5), 3655–3677. https://doi.org/10.15666/aeer/1905_36553677.

Hermanus, M. B., Polii, B., & Mandey, L. C. (2015). Pengaruh perlakuan aerob dan anaerob terhadap variabel BOD, COD, pH, dan bakteri dominan limbah industri *desiccated coconut* PT. Global Coconut Radey, Minahasa Selatan. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan*, 3(2), 48-58.

Indrawati, I., Syam, N., Hidayat, H., & Gafur, Abd. (2025). Evaluasi trofik-logam merkuri (Hg) dalam ekosistem sungai tropis perkotaan: Studi bioakumulasi pada DAS Tallo, Makassar. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(4), 14668–14677. https://doi.org/10.31004/jkt.v6i4.46858.

Irma, A., Pinem, M. I., & Zahara, F. (2013). Uji efektivitas jamur antagonis *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. untuk mengendalikan penyakit lanas (*Phytophthora nicotianae*) pada tanaman tembakau deli (*Nicotiana tabaccum* L.). *Jurnal Online Agreekoteknologi*, 1(4). https://doi.org/10.32734/jaet.v1i4.4390.

Jolaosho, T. L., Elegbede, I. O., Ndimele, P. E., Falebita, T. E., Abolaji, O. Y., Oladipupo, I. O., Ademuyiwa, F. E., Mustapha, A. A., Oresanya, Z. O., & Isaac, O. O. (2024). Occurrence, distribution, source apportionment, ecological and health risk assessment of heavy metals in water, sediment, fish and prawn from Ojo River in Lagos, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(2), 1-30. https://doi.org/10.1007/s10661-023-12148-y.

Juharna, F. M., Widowati, I., & Endrawati, H. (2022). Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kromium (Cr) pada Kerang Hijau (Perna viridis) di Perairan Morosari, Sayung, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 139–148. https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.41617.

Karouw, C. J. V., & Soeryanto, S. (2024). Perubahan pemanfaatan ruang dan dampaknya terhadap penurunan lingkungan Danau Tondano di Kabupaten Minahasa. *Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 9(4), 2514–2527. https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i4.15156.

Kumuru, V. A. (2002). Aspek strategis pengelolaan Danau Tondano secara terpadu. *Ekoton*, 2(1), 73–80.

Kurnianti, L. Y. (2020). Analisis beban dan status pencemaran BOD dan COD di Kali Asin, Semarang. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 379–388. https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.10.

Lasut, M. T. (2020). *Limbah Cair: suatu kajian akademis untuk pengelolaannya di Kota Pesisir Manado.* Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT).

Liu, X., Zhang, J., Huang, X., Zhang, L., Yang, C., Li, E., & Wang, Z. (2022). Heavy metal distribution and bioaccumulation combined with ecological and human health risk evaluation in a typical urban plateau lake, Southwest China. *Frontiers in Environmental Science*, 10(814678), 1-13. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.814678.

Meilana, Y. K., & Dagsy, I. R. D. (2025). Studi kualitas air Sungai Kalilo, Banyuwangi: Analisis *biological oxygenn demand* (BOD) dan implikasinya terhadap ekosistem. *Jurnal Biosense: Jurnal Penelitian Biologi Dan Terapannya*, 8(3), 428–437. https://doi.org/10.36526/biosense.v8i3.5257.

Musdalifah, M., Daud, A., & Birawida, A. B. (2022). Analisis kualitas air dan beban pencemaran di Danau Universitas Hasanuddin. *Hasanuddin Journal of Public Health*, 3(1), 99–114. https://doi.org/10.30597/hjph.v3i1.21084.

Nazmul, M. H. M., Devaraj, S., Farzana, Y., Vasu, N., Gupalo, S., Doustjalali, S. R., & Sabet, N. S. (2025). Bioaccumulation of heavy metals in aquatic organisms and its effects on human consumption.

International Journal of Aquatic Research and Environmental Studies, 5(1), 262–288. https://doi.org/10.70102/IJARES/V5I1/5-1-29.

Nuraini, R. A. T., Endrawati, H., & Maulana, I. R. (2017). Analisis kandungan logam berat kromium (Cr) pada air, sedimen dan kerang hijau (Perna viridis) di perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), 48-55. https://doi.org/10.14710/jkt.v20i1.1104.

Purwantisari, S., Priyatmojo, A., Sancayaningsih, R. P., & Kasiamdari, R. S. (2016). Penapisan cendawan Trichoderma spp. untuk pengendalian *Phytophthora infestans* secara in vitro. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 12(3), 96–103. https://doi.org/10.14692/jf.12.3.96.

Ratnasari, J. D., Isnawati, & Ratnasari, E. (2014). Uji antagonis cendawan agens hayati terhadap cendawan *Cercospora musae* penyebab penyakit sigatoka secara in vitro. *Lenterabio*, 3(2), 129–135.

Royani, S., Fitriana, A. S., Enarga, A. B. P., & Bagaskara, H. Z. (2021). Kajian COD dan BOD dalam air di lingkungan tempat pemprosesan akhir (TPA) sampah kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains &Teknologi Lingkungan*, 13(1), 40-49. https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art4.

Royani, S., Fitriana, A. S., Enarga, A. B. P., & Bagaskara, H. Z. (2022). Daya degradasi air Sungai Cilemahabang terhadap cemaran limbah. *Infomatek*, 24(2), 125–132. https://doi.org/10.23969/infomatek.v24i2.6888.

Sarah, S., Asrul, A., & Lakani, I. (2018). Uji antagonis jamur *Aspergillus niger* terhadap perkembangan jamur patogenik *Fusarium oxysporum* pada bawang merah (*Allium cepa* Aggregatum Group) secara in vitro. *Agrotekbis*, 6(2), 266–273.

Soesanto, L., Mugiastuti, E., & Rahayuniati, R. F. (2011). Inventarisasi dan identifikasi patogen tular-tanah pada pertanaman kentang di Kabupaten Purbalingga. *Jurnal Hortikultura Indinesia*, 21(3), 254–264. https://doi.org/10.21082/jhort.v21n3.2011.p254-264.

Syahrian, M., Hidayati, N. V., Fitrani, M., Rahardja, B. S., & Andriyono, S. (2023). Studi akumulasi logam berat Pb, Cd, As pada udang jerbung (*Fenneropenaeus merguiensis*) dari tambak tradisional. *Jurnal Perikanan*, 13(2), 367–375. https://doi.org/10.29303/jp.v13i2.500.

Syukriah, S., Fauziansyah, H., & Amira, S. (2024). Studi kandungan logam berat besi (Fe) pada air dan ikan di Tambak Medan Belawan Sumatera Utara. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 26(1), 16-26. https://doi.org/10.14710/bioma.2024.58929.

Tahir, R. A., Susanto, I., & Meilani, S. S. (2025). Analisis kualitas air danau dan tingkat pencemaran air danau di Grand Kamala Lagoon Kota Bekasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik UBJ*, 1(2), 1-7.

Tamanampo, J. W. F. S., Kaligis, G. J. F., & Lumingas, L. J. L. (2017). Cumulatif valuation of physic-chemical water quality from Tondano Lake, North Sulawesi. *Jurnal Ilmiah Platax*, 5(2), 135-144. https://doi.org/10.35800/jip.5.2.2017.15533.

Tirtana, Z. Y. G., Sulistyowati, L., & Cholil, A. (2014). Eksplorasi jamur endofit pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) serta potensi antagonismenya terhadap *Phytophthora infestans* (Mont.) De Barry penyebab. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 2(1), 91-101.