

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Waduk Jatigede Sebagai Ekosistem Perairan



Gambar 2.1 Waduk Jatigede
(Sumber : Dokumentasi Pribadi. 2026)

Waduk Jatigede merupakan waduk terbesar kedua di Indonesia yang terletak di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat yang dibangun untuk mengontrol banjir, memberikan air baku, menghasilkan listrik tenaga air dan mendukung pertumbuhan perikanan darat. Secara ekologis, waduk ini menerima aliran air dari DAS Cimanuk, yang merupakan area yang dipengaruhi oleh banyak aktivitas manusia, seperti permukiman, pertanian, dan aktivitas masyarakat lainnya. Berbagai aktivitas di wilayah DAS tersebut berkontribusi terhadap masuknya bahan pencemar ke badan air waduk melalui aliran sungai dan limpasan permukaan, terutama pada musim hujan. Hasil penelitian terbaru menunjukkan bahwa limpasan dan limbah yang berasal dari aktivitas manusia di daerah tangkapan air berpotensi membawa logam berat, termasuk timbal (Pb), ke dalam ekosistem perairan tawar (Oroian et al., 2025 hlm. 4).

Kondisi tersebut menjadikan Waduk Jatigede sebagai lokasi yang penting dan memiliki urgensi untuk diteliti. Sebagai ekosistem perairan buatan yang bersifat lentik (perairan tenang), waduk memiliki potensi akumulasi pencemar

yang lebih tinggi dibandingkan perairan lotik (perairan mengalir) (Ciesla & Gruca-Rokosz, 2024 hlm. 1), karena pergerakan massa air yang relatif lambat menyebabkan proses pengenceran dan pemulihan alami berlangsung tidak optimal. Kondisi hidrodinamika tersebut memungkinkan terjadinya penumpukan berbagai kontaminan, baik pada kolom air maupun sedimen dasar waduk, termasuk logam berat yang cenderung persisten dalam sistem perairan (Mahdzir et al., 2024 hlm. 1).

Keberadaan logam berat seperti timbal (Pb) dalam badan air tidak hanya berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, tetapi juga dapat terakumulasi secara bertahap dalam jaringan organisme akuatik melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi di sepanjang rantai makanan (Zhang et al., 2023 hlm. 1). Proses tersebut mengakibatkan peningkatan konsentrasi logam berat pada tingkat trofik yang lebih tinggi, yang pada akhirnya berpotensi menimbulkan risiko toksikologis bagi manusia yang mengonsumsi organisme perairan dari ekosistem tersebut (Zhang et al., 2023; Verstijnen et al., 2024). Risiko ini semakin signifikan mengingat berbagai fungsi Waduk Jatigede sebagai sumber air baku untuk kebutuhan domestik dan irigasi pertanian, sehingga kontaminasi logam berat dapat berdampak langsung pada kualitas air yang dikonsumsi masyarakat. Oleh karena itu, analisis terhadap status pencemaran logam berat di Waduk Jatigede menjadi sangat penting sebagai landasan ilmiah dalam perumusan kebijakan pengelolaan kualitas perairan yang berkelanjutan.

B. Logam Berat Timbal (Pb) dalam Ekosistem Perairan

Timbal (Pb) merupakan logam berat non-esensial yang banyak dijumpai di ekosistem perairan tawar maupun payau sebagai akibat dari aktivitas antropogenik, seperti kegiatan industri, pertanian, dan limpasan dari kawasan pemukiman. Logam ini bersifat persisten, sulit terdegradasi secara biologis, dan memiliki tingkat toksisitas yang tinggi meskipun dalam konsentrasi rendah, sehingga berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi organisme akuatik dan kesehatan manusia (Oroian et al., 2025 hlm. 4).

Dalam lingkungan perairan, timbal dapat berada dalam bentuk terlarut di kolom air atau berikatan dengan partikel tersuspensi dan sedimen melalui

proses fisika-kimia, seperti adsorpsi dan pengendapan. Kondisi tersebut menyebabkan sedimen berfungsi sebagai tempat akumulasi utama logam berat dalam jangka panjang. Timbal yang terakumulasi di air dan sedimen selanjutnya dapat diserap oleh organisme akuatik melalui proses bioakumulasi dan mengalami peningkatan konsentrasi pada tingkat trofik yang lebih tinggi melalui proses biomagnifikasi, sehingga organisme predator cenderung memiliki kandungan Pb yang lebih besar (Naz et al., 2025 hlm. 5).

Keberadaan dan tingkat akumulasi timbal dalam ekosistem perairan dipengaruhi oleh kondisi fisika dan kimia perairan, seperti derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), dan suhu air, yang berperan dalam menentukan kelarutan serta bioavailabilitas Pb bagi organisme akuatik. Berbagai kajian di perairan Indonesia menunjukkan bahwa akumulasi timbal dalam jaringan biota perairan, khususnya ikan, dapat mencapai tingkat yang berpotensi menimbulkan efek toksik, sehingga timbal digunakan sebagai salah satu indikator penting dalam penilaian pencemaran logam berat dan kualitas ekosistem perairan (Nur Kharisma et al., 2023 hlm. 6). Mengacu pada kondisi tersebut, Waduk Jatigede yang juga berfungsi sebagai kawasan perikanan darat dan sumber air baku memiliki urgensi tinggi untuk diteliti kadar timbalnya, mengingat dampak bioakumulasi pada biota perairan waduk berdampak langsung terhadap keamanan pangan dan kesehatan masyarakat yang bergantung pada sumber daya perairan tersebut.

C. Bioakumulasi dan Biomagnifikasi Logam Berat Timbal (Pb)

1. Bioakumulasi Timbal (Pb)

Bioakumulasi adalah proses penimbunan zat kimia di dalam tubuh organisme karena laju penyerapan yang lebih cepat daripada laju ekskresinya. Pb yang berasal dari aktivitas manusia dapat masuk ke dalam tubuh organisme akuatik dalam ekosistem perairan melalui berbagai jalur, seperti penyerapan langsung dari air melalui insang dan kulit, serta melalui rantai makanan. Timbal cenderung terakumulasi dalam jaringan organisme karena sifatnya yang tahan lama dan tidak dapat dipecahkan secara biologis (Hastuti & Alfifah, 2024 hlm. 46-47).

Sifat akumulatif Pb menyebabkan konsentrasinya dalam tubuh organisme air dapat meningkat seiring waktu, meskipun kadar logam di perairan relatif rendah. Hal ini menjadikan biota perairan, khususnya ikan, sangat sensitif terhadap keberadaan logam berat dan mampu mencerminkan tingkat pencemaran lingkungan tempat hidupnya. Oleh karena itu, kandungan Pb dalam jaringan ikan sering kali lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Pb di kolom air, sehingga organisme akuatik dapat digunakan sebagai indikator biologis pencemaran logam berat (Soegianto et al., 2022).

2. Biomagnifikasi dalam Rantai Makanan Perairan

Selain terakumulasi dalam satu organisme, timbal juga dapat mengalami biomagnifikasi, yang berarti konsentrasi logam berat meningkat pada tingkat trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan perairan. Biomagnifikasi terjadi ketika organisme tingkat trofik rendah yang terkontaminasi Pb dikonsumsi oleh organisme tingkat trofik yang lebih tinggi, yang menyebabkan logam berpindah dan terakumulasi dalam jumlah yang lebih besar (Widyawati et al., 2021 hlm. 78-79).

Biomagnifikasi menyebabkan organisme predator, terutama ikan yang berada pada tingkat trofik atas, memiliki konsentrasi Pb yang lebih tinggi dibandingkan organisme pada tingkat trofik bawah. Fenomena ini berpotensi menimbulkan risiko ekologis dan kesehatan, mengingat ikan pada tingkat trofik tinggi sering dimanfaatkan sebagai ikan konsumsi. Oleh karena itu, keberadaan Pb dalam rantai makanan perairan tidak hanya berdampak pada keseimbangan ekosistem, tetapi juga berimplikasi langsung terhadap kesehatan manusia melalui konsumsi biota yang terkontaminasi (Naz et al., 2025 hlm. 5).

D. Akumulasi Timbal (Pb) pada Ikan

1. Mekanisme Akumulasi Pb pada Jaringan Ikan

Biota perairan, khususnya ikan sungai memerlukan sejumlah unsur logam dalam kadar sangat kecil untuk mendukung proses metabolisme, pertumbuhan, dan perkembangan tubuh. Namun, keberadaan logam berat non-esensial seperti timbal (Pb) dalam konsentrasi yang melebihi kebutuhan fisiologis dapat menimbulkan dampak merugikan. Timbal bersifat toksik dan mudah

terakumulasi dalam jaringan ikan apabila terpapar secara terus-menerus di lingkungan perairan tercemar (Adegbola et al., 2021 hlm. 1458).

Akumulasi timbal pada ikan berlangsung melalui proses yang kompleks dan dipengaruhi oleh faktor endogen serta eksogen. Faktor endogen meliputi kebiasaan makan ikan, luas kontak permukaan tubuh dengan air, posisi ikan dalam rantai makanan, serta proses respirasi melalui insang. Sementara itu, faktor eksogen mencakup kondisi lingkungan perairan seperti bioavailabilitas Pb, alkalinitas, dan suhu air yang memengaruhi kelarutan serta tingkat penyerapan logam oleh organisme akuatik. Interaksi faktor-faktor tersebut menyebabkan variasi tingkat akumulasi Pb antarspesies ikan maupun antarhabitat perairan (Adegbola et al., 2021; Gwimbi et al., 2020).

Secara umum, akumulasi Pb pada ikan berlangsung melalui mekanisme fisik dan biologis. Penyerapan secara fisik terjadi ketika Pb terlarut masuk ke dalam tubuh ikan melalui organ eksternal, terutama insang, yang memiliki luas permukaan besar dan berfungsi sebagai media pertukaran zat dengan lingkungan. Di sisi lain, organisme tingkat trofik rendah seperti fitoplankton memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap logam berat karena rasio luas permukaan terhadap volumenya yang besar. Fitoplankton yang telah mengakumulasi Pb selanjutnya menjadi sumber paparan logam berat bagi ikan melalui jalur biologis, yaitu sistem pencernaan saat ikan mengonsumsi organisme tersebut. Proses ini menyebabkan Pb terdistribusi dan terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan secara bertahap, terutama pada perairan yang menerima masukan pencemar logam berat secara berkelanjutan (Andriyono et al., 2024 hlm. 95-96).

2. Ikan sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat

Ikan banyak digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam berat karena kemampuannya mengakumulasi logam dalam jaringan tubuh serta posisinya yang beragam dalam struktur trofik ekosistem perairan. Interaksi ikan secara langsung dengan kolom air dan sedimen menyebabkan kandungan timbal (Pb) dalam jaringan ikan mencerminkan kondisi pencemaran lingkungan perairan secara lebih menyeluruh dibandingkan pengukuran kualitas air yang bersifat temporal. Oleh karena itu, ikan dinilai efektif dalam

menggambarkan tingkat dan dinamika pencemaran logam berat di suatu perairan (Oros, 2025 hlm. 3).

Proses biomagnifikasi dan bioakumulasi yang terjadi di rantai makanan perairan juga mendukung ikan sebagai bioindikator. Logam berat dapat berpindah dan meningkat pada ikan predator karena terakumulasi pada organisme tingkat trofik rendah. Akibatnya, ikan pada tingkat trofik lebih tinggi memiliki kandungan Pb yang lebih tinggi, yang membuat mereka lebih rentan terhadap perubahan kualitas lingkungan dan tekanan pencemaran logam berat (Saidon et al., 2024 hlm. 2-3).

Berbagai kajian menunjukkan bahwa tingkat kandungan logam berat dalam jaringan ikan dipengaruhi oleh perbedaan spesies, umur, serta kondisi dan karakteristik habitat perairannya. Keberadaan timbal (Pb) yang terakumulasi pada organ tertentu, seperti hati, insang, dan otot, menunjukkan bahwa ikan dapat berfungsi sebagai indikator biologis yang efektif dalam pemantauan pencemaran logam berat. Selain itu, informasi mengenai akumulasi Pb pada jaringan ikan juga dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi risiko ekologis serta potensi dampak kesehatan bagi manusia akibat konsumsi ikan yang berasal dari perairan tercemar (Brazova et al., 2025 hlm. 4).

E. Faktor Fisika dan Kimia yang Mempengaruhi Timbal (Pb)

1. Suhu Perairan

Suhu perairan memainkan peran penting dalam perilaku logam berat di badan air karena dapat mempengaruhi mobilitas, spesiasi dan pelepasan logam dari sedimen ke kolom air. Studi terbaru menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan reaktivitas kimia dan meningkatkan mobilitas logam berat yang teradsorpsi yang berarti logam seperti Pb lebih mudah berpindah dari sedimen ke air, membuatnya lebih tersedia secara biologis bagi organisme akuatik (Fang et al., 2025 hlm. 3).

2. Kecerahan Perairan

Kecerahan atau Tingkat kekeruhan perairan berkaitan dengan jumlah partikel tersuspensi, yang dapat menjadi pengangkut utama logam berat. Melalui proses adsorpsi, partikel ini dapat mengikat ion timbal dan membawa

logam ke sedimen. Mobilitas dan akumulasi logam dalam ekosistem perairan dapat dipengaruhi oleh perubahan kecerahan yang disebabkan oleh aktivitas fisik atau faktor lingkungan (Salman, 2020 hlm 122).

3. Derajat Keasaman Perairan

Derajat keasaman air sangat berpengaruh terhadap kelarutan, spesiasi kimia, dan bioavailabilitas logam berat seperti Pb. Jika pH air lebih rendah, logam berat cenderung terlarut dalam bentuk ionik yang lebih bioavailable, yang meningkatkan kemungkinan akumulasi dan toksisitasnya dalam organisme. Sebaliknya, logam dapat lebih terikat pada sedimen dan membentuk kompleks yang kurang larut pada pH yang lebih tinggi. Studi terbaru menunjukkan bahwa fraksi logam dalam sedimen dan kemungkinan pelepasannya ke air dipengaruhi oleh variasi pH (Piwowska et al., 2024 hlm. 1441).

4. Oksigen Terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO) merupakan salah satu parameter fisika–kimia penting yang memengaruhi perilaku logam berat di lingkungan perairan. Konsentrasi DO berperan dalam mengendalikan kondisi kimia perairan, khususnya pada antarmuka sedimen–air, yang menentukan stabilitas dan mobilitas logam berat. Pada kondisi DO rendah, perubahan kondisi kimia perairan dapat memicu pelepasan logam berat dari sedimen ke kolom air sehingga meningkatkan ketersediaannya bagi organisme akuatik. Sebaliknya, kondisi DO yang lebih tinggi cenderung mempertahankan logam berat dalam bentuk yang lebih stabil di sedimen. Selain itu, fluktuasi DO juga berkaitan dengan proses biogeokimia lain, seperti produksi dan degradasi bahan organik, yang secara tidak langsung memengaruhi distribusi dan siklus timbal (Pb) dalam ekosistem perairan (Zeng et al., 2023 hlm. 2).

5. Derajat Keasaman Perairan

Derajat keasaman air sangat berpengaruh terhadap kelarutan, spesiasi kimia, dan bioavailabilitas logam berat seperti Pb. Jika pH air lebih rendah, logam berat cenderung terlarut dalam bentuk ionik yang lebih bioavailable, yang meningkatkan kemungkinan akumulasi dan toksisitasnya dalam organisme. Sebaliknya, logam dapat lebih terikat pada sedimen dan

membentuk kompleks yang kurang larut pada pH yang lebih tinggi. Studi terbaru menunjukkan bahwa fraksi logam dalam sedimen dan kemungkinan pelepasannya ke air dipengaruhi oleh variasi pH (Piwowarska et al., 2024 hlm. 1441).

6. Derajat Keasaman Perairan

Derajat keasaman air sangat berpengaruh terhadap kelarutan, spesiasi kimia, dan bioavailabilitas logam berat seperti Pb. Jika pH air lebih rendah, logam berat cenderung terlarut dalam bentuk ionik yang lebih bioavailable, yang meningkatkan kemungkinan akumulasi dan toksisitasnya dalam organisme. Sebaliknya, logam dapat lebih terikat pada sedimen dan membentuk kompleks yang kurang larut pada pH yang lebih tinggi. Studi terbaru menunjukkan bahwa fraksi logam dalam sedimen dan kemungkinan pelepasannya ke air dipengaruhi oleh variasi pH (Piwowarska et al., 2024 hlm. 1441).

7. Oksigen Terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO) merupakan salah satu parameter fisika–kimia penting yang memengaruhi perilaku logam berat di lingkungan perairan. Konsentrasi DO berperan dalam mengendalikan kondisi kimia perairan, khususnya pada antarmuka sedimen–air, yang menentukan stabilitas dan mobilitas logam berat. Pada kondisi DO rendah, perubahan kondisi kimia perairan dapat memicu pelepasan logam berat dari sedimen ke kolom air sehingga meningkatkan ketersediaannya bagi organisme akuatik. Sebaliknya, kondisi DO yang lebih tinggi cenderung mempertahankan logam berat dalam bentuk yang lebih stabil di sedimen. Selain itu, fluktuasi DO juga berkaitan dengan proses biogeokimia lain, seperti produksi dan degradasi bahan organik, yang secara tidak langsung memengaruhi distribusi dan siklus timbal (Pb) dalam ekosistem perairan (Zeng et al., 2023 hlm. 2).

F. Metode Analisis Logam Berat Timbal (Pb)

Instrumen yang digunakan untuk mengukur konsentrasi unsur logam berat dalam sejumlah sampel lingkungan seperti biota laut, sedimen dan air adalah *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) yang bekerja berdasarkan kemampuan atom logam dalam bentuk gas untuk menyerap radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu yang spesifik untuk setiap unsur. Metode ini memiliki sensitivitas dan selektivitas yang tinggi terhadap logam berat sehingga dapat mendeteksi konsentrasi dalam level rendah hingga jejak, serta memberikan data yang akurat dan presisi untuk pemantauan kualitas lingkungan dan isu pencemaran logam berat. AAS bekerja melalui proses atomisasi sampel yang telah dipreparasi sehingga atom bebas berbicara dengan energi cahaya yang dipancarkan oleh sumber radiasi yang sesuai untuk logam tertentu (Putri et al., 2024 hlm. 20).

Sebelum menganalisis dengan AAS langkah pertama adalah persiapan sampel yang didestruksi basah menggunakan asam kuat untuk mengubah logam yang terikat dalam matriks sampel menjadi larutan. AAS terbukti efektif digunakan dalam analisis logam berat untuk berbagai matriks dan kondisi, termasuk dalam pemantauan kandungan logam seperti Pb, Cd, dan lainnya, serta dapat divalidasi melalui uji linearitas, akurasi, dan presisi untuk memastikan keandalan data analitik sebelum interpretasi lebih lanjut (Setianingrum et al., 2025 hlm. 171).

G. Baku Mutu Logam Berat Timbal (Pb)

Baku mutu timbal (Pb) dalam air perairan ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yang menyebutkan bahwa konsentrasi Pb tidak boleh melebihi 0,03 mg/L agar fungsi ekologis perairan dan kegiatan budidaya ikan tetap terjaga. Hingga saat ini, ketentuan nasional mengenai baku mutu Pb pada sedimen belum ditetapkan secara khusus, sehingga penilaian kualitas sedimen umumnya mengacu pada pedoman internasional seperti ANZECC/ARMCANZ dengan kisaran nilai sekitar 25–50 mg/kg. Sementara itu, untuk jaringan ikan yang dikonsumsi oleh manusia, FAO/WHO merekomendasikan batas maksimum kandungan Pb

sebesar 0,3 mg/kg berat kering sebagai upaya perlindungan kesehatan (Masykury & Syandri, 2020 hlm. 392).

Adapun baku mutu yang berlaku pada air, sedimen dan ikan berkaitan dengan konsentrasi logam berat timbal (Pb) sebagai berikut :

Tabel 2.1 Baku Mutu Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air

Jenis Sampel	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Air	Timbal (Pb)	mg/L	$\leq 0,03$

Sumber :

Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021

Tabel 2.2 Baku Mutu Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen

Jenis Sampel	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Sedimen	Timbal (Pb)	mg/kg	50

Sumber :

Baku mutu sedimen dengan Standar *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZEC) Tahun 2000.

Tabel 2.3 Baku Mutu Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan

Jenis Sampel	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Ikan	Timbal (Pb)	mg/kg	$\leq 0,3$

Sumber :

1. Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) 7387 : 2009 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan.
2. Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) No.9 Tahun 2022 Tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan.
3. *Codex Alimentarius Commission* (FAO/WHO) 329-2017 Tentang Standar dan Kualitas Batas Cemaran, dan Produk Perikanan Diamandemen Terakhir Tahun 2024.

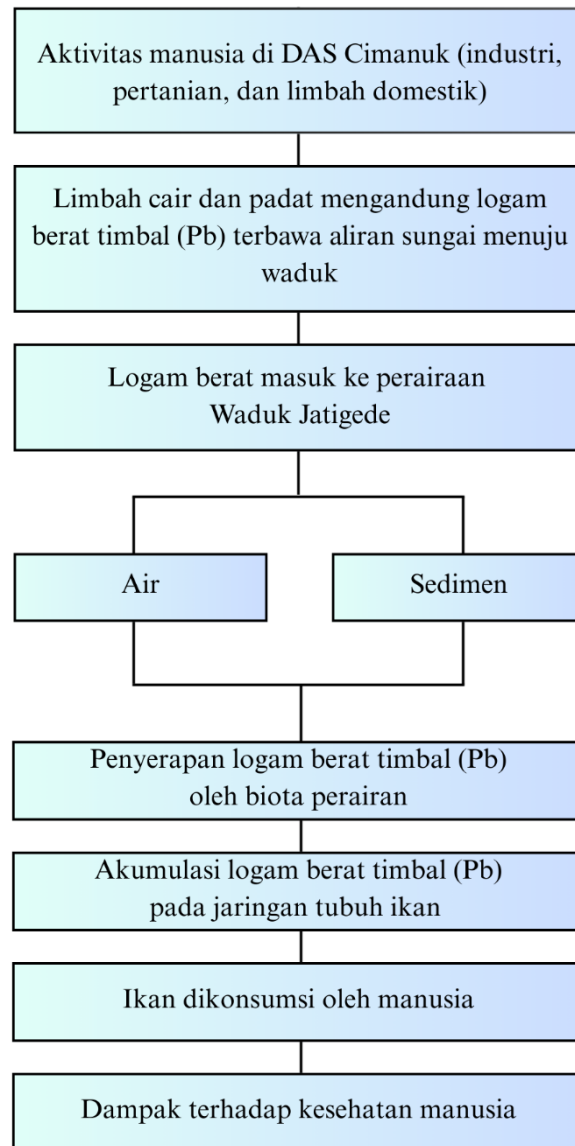
H. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Gurnita, Ahmad Mulyadi, Yusuf Ibrahim (2022)	Uji Kandungan Beberapa Unsur Logam Berat pada Air Irigasi, Tanah, dan Sayuran Kangkung (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) di Kawasan Industri Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat pada air dan tanah berbeda-beda di setiap lokasi. Namun, kandungan Pb pada tanaman kangkung melebihi ambang batas aman pangan, menunjukkan bahwa aktivitas industri di sekitar lokasi menyebabkan bioakumulasi.	Menganalisis logam berat timbal (Pb) dan menggunakan metode AAS. Desain Penelitian/pengambilan sampel terdiri atas beberapa stasiun	Penelitian sebelumnya dilakukan di lahan kebun sayuran dan objek penelitian berupa air irigasi, tanah, dan tanaman
2	Fathimah Retno Widhyastuti Silalahi, Muhammad Zainuri dan Sri Yulina Wulandari (2023)	Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) di Perairan Muara Sungai Cisadane Kabupaten Tangerang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Pb terlarut di perairan muara Sungai Cisadane berkisar antara 0,025 dan 0,051 mg/L. Aktivitas manusia dan aktivitas perkapalan yang memengaruhi penyebaran konsentrasi logam berat.	Menganalisis kandungan Pb pada media air dan menggunakan instrumen <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS).	Penelitian dilakukan di perairan muara dan hanya pada air, sedangkan penelitian ini dilakukan di waduk air tawar dengan mengambil sampel air, sedimen dan ikan.
3	Eny Hastuti, Yutika Alfifah (2023)	Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (<i>Chanos chanos</i>) di Tambak Kota Semarang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Pb pada daging ikan bandeng bervariasi tergantung pada lokasi tambak, dan beberapa sampel melebihi ambang batas keamanan pangan. Ini	Menganalisis Pb pada ikan dan membahas bioakumulasi logam berat pada organisme perairan.	Penelitian ini hanya berfokus pada ikan bandeng (<i>Chanos chanos</i>) di tambak, sedangkan penelitian kamu mengkaji ikan air tawar waduk serta menghubungkannya dengan air dan sedimen.

No.	Nama Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
			menunjukkan bahwa aktivitas manusia di sekitar tambak dapat menyebabkan akumulasi logam berat pada biota perairan.		
4	Muhammad Azizi Dirgantara Buana Nata, Muslim, Lilik Maslukah (2024)	Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Sedimen Di Perairan Kabupaten Batang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Pb dan Zn pada sedimen berbeda di berbagai lokasi dan dipengaruhi oleh aktivitas industri serta aliran limbah darat. Di beberapa lokasi, logam berat terakumulasi pada sedimen, yang menunjukkan kemungkinan bahwa ini dapat menjadi sumber pencemar sekunder bagi perairan.	Meneliti Pb pada sedimen dan menggunakan pendekatan laboratorium <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS).	Penelitian ini hanya menganalisis sedimen, sedangkan penelitian kamu mengintegrasikan air, sedimen, dan ikan dalam satu ekosistem waduk.
5	Deo Ambarita, Mardame Sinaga, Ria Retno (2025)	Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Cadmium (Cd) di Sungai Rampah	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Pb di seluruh stasiun berada di bawah baku mutu, sementara Fe terdeteksi melebihi ambang batas. Kondisi perairan menunjukkan kondisi perairan masih memenuhi standar mutu air kelas II, meskipun terdapat potensi pencemaran dari aktivitas domestik dan perkapalan.	Menganalisis Pb pada perairan dan menggunakan acuan baku mutu PP No. 22 Tahun 2021.	Penelitian dilakukan di sungai dan hanya pada media air, sedangkan penelitian ini dilakukan di waduk dengan tambahan analisis sedimen dan ikan.

I. Kerangka Pemikiran



Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran
(Sumber : Dokumentasi Pribadi. 2025)

Kerangka pemikiran ini menjelaskan aktivitas manusia khususnya industri dan pertanian di daerah aliran sungai (DAS), berpotensi menghasilkan limbah cair dan padat mengandung logam berat timbal (Pb) yang terbawa melalui limpasan aliran sungai menuju Waduk Jatigede. Setelah memasuki ekosistem waduk, logam berat timbal (Pb) terdistribusi ke dalam air dan sedimen didasar waduk. Pada air, Pb dalam bentuk terlarut dapat diserap langsung oleh biota perairan, pada sedimen Pb terikat pada partikel tersuspensi dan mengendap kemudian akan terakumulasi. Kondisi perairan Waduk Jatigede yang memiliki

pergerakan terbatas memperlambat proses pengenceran alami, sehingga memperkuat potensi akumulasi Pb pada air dan sedimen serta memengaruhi kualitas perairan waduk secara keseluruhan.

Pb yang terdapat di kolom air maupun sedimen selanjutnya diserap oleh biota perairan melalui proses bioakumulasi, baik secara langsung melalui insang maupun secara tidak langsung melalui rantai makanan. Dalam konteks penelitian ini, ikan mas (*Cyprinus carpio*) sebagai spesies yang aktif mencari makan di dekat dasar perairan memiliki potensi paparan Pb yang tinggi, baik dari air maupun dari sedimen yang teraduk saat aktivitas makan berlangsung. Pb yang terserap kemudian terakumulasi seiring waktu pada jaringan tubuh ikan, termasuk jaringan otot (daging), dan berpotensi meningkatkan konsentrasinya pada tingkat trofik yang lebih tinggi melalui proses biomagnifikasi.

Pada tahap akhir, ikan mas yang telah mengakumulasi Pb di jaringan ototnya dikonsumsi oleh manusia. Konsumsi ikan yang terkontaminasi Pb secara berkelanjutan dapat menyebabkan paparan toksik yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia, mencakup gangguan sistem saraf, fungsi ginjal, serta berbagai efek toksikologis lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengukuran kadar Pb pada jaringan otot ikan mas yang diperoleh dari berbagai zona perairan Waduk Jatigede meliputi zona *inlet*, *midlet* dan *outlet* sebagai upaya untuk menilai tingkat pencemaran, keamanan pangan, dan risiko kesehatan masyarakat yang bergantung pada sumber daya perairan waduk tersebut.