

MENGATASI MISKONSEPSI DALAM PRAKTIKUM PENCEMARAN AIR MELALUI INTEGRASI *CITIZEN SCIENCE PROJECT*: STUDI LITERATUR

Via Aini¹, Topik Hidayat^{2*}, Kusnadi³, Mubiar Agustin⁴

¹Program Studi Magister Pendidikan IPA, FPMIPA UPI

²Program Studi Biologi, FPMIPA UPI

³Program Studi Pendidikan Biologi, FPMIPA UPI

⁴Program Studi Magister Pendidikan Dasar, FPMIPA UPI

*Corresponding Author: topikhidayat@upi.edu

DOI: 10.24929/lensa.v16i1.520

Received: 30 Agustus 2024

Revised: 4 Maret 2026

Accepted: 2 Mei 2026

ABSTRAK

Mengatasi miskonsepsi dalam praktikum pencemaran air melalui integrasi *Citizen Science Project*: studi literatur. Pencemaran air merupakan isu lingkungan yang mendesak dan sering dijadikan topik praktikum dalam pembelajaran IPA dan biologi. Namun, mayoritas desain praktikum bersifat simulasi misalnya penggunaan konsentrasi pencemar yang tidak realistis dan prosedur yang berisiko secara etis berpotensi memunculkan miskonsepsi pada peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk menelaah pengembangan praktikum pencemaran air yang telah dilaporkan dalam literatur nasional maupun internasional serta merumuskan rekomendasi pengembangan praktikum yang lebih kontekstual dan bertanggung jawab melalui integrasi *Citizen Science Project* (CSP). Metode yang digunakan adalah studi literatur terhadap artikel nasional dan internasional yang dipublikasikan pada rentang tahun 2010–2023, yang diperoleh melalui Google Scholar dan Scopus. Hasil telaah menunjukkan bahwa mayoritas praktikum pencemaran air dikembangkan menggunakan model inkuiri atau Problem Based Learning (PBL), namun belum mengintegrasikan pendekatan *Citizen Science Project* (CSP) dan cenderung berfokus pada simulasi laboratorium. Selain itu, ditemukan potensi miskonsepsi akibat desain praktikum yang kurang merepresentasikan kondisi lingkungan nyata. Berdasarkan temuan tersebut, artikel ini merekomendasikan integrasi CSP melalui pengamatan berbasis lingkungan lokal, pengukuran multi-parameter, serta pengambilan data multi-titik dan/atau multi-waktu yang disertai refleksi dan verifikasi konsep, sehingga praktikum menjadi lebih kontekstual, bertanggung jawab, dan berpotensi meminimalkan miskonsepsi sekaligus meningkatkan literasi sains serta kepedulian lingkungan peserta didik.

Kata kunci: *Citizen science project*, miskonsepsi, praktikum, pencemaran air, studi literatur

ABSTRACT

Addressing Misconceptions in Water Pollution Practicums through the Integration of *Citizen Science Projects*: A Literature Review. Water pollution is an urgent environmental issue and is frequently used as a practicum topic in science and biology education. However, most practicum designs remain largely simulation based, for example through the use of unrealistic pollutant concentrations and procedures that raise ethical concerns, which may lead to misconceptions among students. This study aims to examine the development of water pollution practicum activities reported in national and international literature and to formulate recommendations for more contextual and responsible practicum designs through the integration of *Citizen Science Projects* (CSP). The method employed in this study is a literature review of national and international articles published between 2010 and 2023, retrieved from Google Scholar and Scopus. The results of the review indicate that most water pollution practicum activities are developed using inquiry based or Problem Based Learning (PBL) models. However, these practicum activities have not yet integrated the *Citizen Science*

Project (CSP) approach and tend to focus primarily on laboratory simulations. In addition, potential misconceptions were identified due to practicum designs that do not adequately represent real environmental conditions. Based on these findings, this article recommends the integration of CSP through locally based environmental observations, multi parameter measurements, and data collection across multiple locations and times accompanied by reflection and conceptual verification. This approach can make practicum activities more contextual and responsible while minimizing misconceptions and enhancing students' scientific literacy and environmental awareness.

Keywords: Citizen science project, misconceptions, practicum, water pollution, literature review

PENDAHULUAN

Air merupakan unsur esensial yang mendukung kehidupan di bumi dan memiliki peran penting dalam memelihara keseimbangan ekosistem. Sumber air permukaan seperti sungai dan danau banyak digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia seperti media transportasi, pengairan lahan pertanian, tempat penampungan air, pengendali banjir, penyimpanan air, pembangkit listrik tenaga air, dan lain-lain. Jika air digunakan untuk menopang seluruh kehidupan manusia, kegagalan dalam mengambil tindakan pengelolaan air yang bijaksana akan menyebabkan pencemaran air (Hendrawan, 2005).

Pencemaran air didefinisikan sebagai masuknya organisme, zat, energi, atau komponen lain ke dalam badan air akibat aktivitas manusia, yang menyebabkan penurunan kualitas air hingga tidak dapat berfungsi sebagaimana peruntukannya. Kondisi pencemaran air dapat diidentifikasi melalui parameter fisik (seperti suhu, residu terlarut dan tersuspensi), kimia (pH, *dissolved oxygen/DO*, *biological oxygen demand/BOD*, dan *chemical oxygen demand/COD*), serta biologis (misalnya *total coliform*), yang masing-masing memiliki standar baku mutu tertentu (Fahtomiaji et al., 2013).

Secara global, pencemaran air menjadi tantangan serius karena berdampak pada keseimbangan ekosistem perairan, kesehatan manusia, dan keberlanjutan lingkungan. Di Indonesia, laporan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa Indeks Kualitas Air (IKA) pada tahun 2022 mencapai 53,88 poin, masih berada di bawah target nasional sebesar 55,03 poin (Widi & Cakti, 2023). Selain itu, sekitar 76% sungai utama di Indonesia dilaporkan berada dalam kondisi tercemar, dengan lebih dari 80% sumber pencemaran berasal dari aktivitas manusia (Kementerian PUPR, 2023).

Penurunan kualitas air dapat diamati secara kasat mata melalui perubahan bau, rasa, dan warna air. Aktivitas manusia sehari-hari, seperti penggunaan deterjen dan pupuk sintetis, berkontribusi terhadap peningkatan zat pencemar di perairan. Limpasan pupuk ke badan air, misalnya, dapat memicu eutrofikasi yang ditandai dengan pertumbuhan berlebih alga dan tanaman air seperti eceng gondok. Kondisi ini menyebabkan tertutupnya permukaan air, terhambatnya penetrasi cahaya matahari, penurunan laju fotosintesis, serta berkurangnya kadar oksigen terlarut yang penting bagi organisme akuatik (Hadi, 2023).

Dalam konteks pendidikan, khususnya pendidikan lingkungan, praktikum pencemaran air merupakan sarana penting untuk membantu peserta didik memahami dampak pencemaran secara langsung dan kontekstual. Melalui praktikum, siswa dapat mengaitkan konsep teoritis yang diperoleh dari buku ajar, media, maupun penjelasan guru dengan fenomena nyata di lingkungan. Berbagai panduan praktikum pencemaran air tersedia dalam buku teks, buku elektronik, artikel ilmiah, serta platform digital seperti YouTube.

Namun, hasil wawancara dengan guru di tingkat SMA di Provinsi Lampung menunjukkan adanya keterbatasan dalam pelaksanaan praktikum pencemaran air. Pembelajaran umumnya menggunakan model *Problem Based Learning (PBL)* atau inkuiri, dengan praktikum sederhana seperti memasukkan ikan ke dalam air sabun karena mudah dilakukan. Di sisi lain, keterbatasan alat untuk mengukur parameter fisika, kimia, dan biologi air menyebabkan sebagian guru tidak melaksanakan praktikum pencemaran air sama sekali. Kondisi ini mendorong penggunaan pendekatan praktikum yang sederhana, tetapi berpotensi kurang representatif terhadap kondisi lingkungan nyata.

Penelitian di SMPN 1 Brondong menunjukkan bahwa banyak guru masih menggunakan panduan praktikum yang bersumber dari buku-buku yang tersedia. Namun, dari segi kelengkapan, panduan tersebut cenderung sederhana karena umumnya hanya memuat judul, tujuan, alat, bahan, dan prosedur kerja. Pendekatan pelaksanaannya pun masih konvensional, yakni guru menyampaikan materi kemudian memberikan masalah/pertanyaan serta langkah-langkah praktikum kepada siswa (Mufidah & Wulandari, 2018). Padahal, pembelajaran yang lebih interaktif dapat mendorong keaktifan siswa dan menciptakan situasi belajar yang lebih optimal (Nuraisah et al., 2016). Kondisi ini mengindikasikan bahwa desain praktikum di sekolah belum selalu disertai penguatan konseptual yang memadai, sehingga berpotensi menimbulkan pemahaman yang kurang tepat terhadap konsep pencemaran air. Meski demikian, belum banyak kajian literatur yang secara khusus menelaah bagaimana karakteristik desain praktikum pencemaran air yang digunakan di sekolah berkontribusi terhadap munculnya miskonsepsi pada peserta didik.

Dalam era digital saat ini, platform pendidikan daring, khususnya *YouTube*, telah menjadi salah satu sumber utama informasi dan panduan belajar. Namun, keberlimpahan informasi tidak selalu diiringi dengan keakuratan dan kecocokan dengan realitas lingkungan. Melalui observasi peneliti terhadap beberapa video di YouTube ditemukan setidaknya 3 video yang menggunakan detergen secara berlebihan misalnya perbandingan ikan yang dimasukkan ke dalam 3 perlakuan yaitu 200 ml air sumur, 200 ml air yang berisi 1 sendok makan detergen (konsentrasi 7,5%) dan 200 ml air yang berisi 2 sendok makan detergen (konsentrasi 15%). Hal tersebut tidak sesuai dengan kondisi lingkungan alaminya di mana konsentrasinya terlalu pekat sehingga menyebabkan ikan tidak bertahan lama. Miskonsepsi ini tidak hanya menyiratkan potensi kesalahan pemahaman siswa dan menyiksa hewan, tetapi juga menggoyahkan esensi edukasi praktikum dalam menyajikan situasi nyata. Video praktikum selanjutnya yaitu merendam bawang merah (*Allium cepa*) ke dalam 4 jenis air yaitu air biasa, air detergen, air sunlight dan air cuka dengan takaran 2 sendok makan di dalam gelas yang berisi 200 mL air yang mana konsentrasinya masih terlalu tinggi sekitar 7,5%. Kemudian dibiarkan selama 5 hari yang menghasilkan bawang merah yang tumbuh akar pada air biasa, dan membusuk pada perlakuan air detergen, air sunlight dan air cuka. Potensi miskonsepsi dalam praktikum pencemaran air umumnya muncul ketika perlakuan praktikum menggunakan konsentrasi pencemar yang tidak realistis atau skenario ekstrem yang jauh dari kondisi perairan alami. Praktikum semacam ini berisiko membentuk pemahaman bahwa pencemaran air selalu berdampak instan dan bersifat fatal, serta mengabaikan karakter pencemaran air yang sering kali bersifat bertahap dan kronis.

Dalam konteks tersebut, *Citizen Science Project* (CSP) memiliki potensi strategis untuk mereduksi miskonsepsi dalam praktikum pencemaran air. CSP memungkinkan peserta didik terlibat dalam pengumpulan dan analisis data kualitas air berbasis lingkungan lokal dengan pendekatan yang lebih autentik dan bertanggung jawab. Melalui keterlibatan langsung dalam pengamatan kondisi perairan nyata, peserta didik dapat memahami variasi tingkat pencemaran, dampaknya yang bertahap, serta keterkaitan antara aktivitas manusia dan kualitas lingkungan, sehingga miskonsepsi yang muncul akibat simulasi ekstrem dapat diminimalkan.

Sejalan dengan potensi tersebut, hingga saat ini belum terdapat kajian yang secara komprehensif menelaah potensi miskonsepsi dalam praktikum pencemaran air di sekolah sekaligus mengkaji integrasi *Citizen Science Project* (CSP) sebagai pendekatan alternatif untuk mereduksinya. Karena itu, tujuan artikel ini adalah mereview pengembangan praktikum pencemaran air dalam literatur untuk merumuskan rekomendasi integrasi CSP yang lebih kontekstual dan bertanggung jawab. Kontribusi penelitian ini terletak pada pemetaan aspek desain praktikum yang rentan menimbulkan miskonsepsi serta penyusunan kerangka konseptual integrasi CSP sebagai acuan pengembangan praktikum yang lebih autentik, etis, dan berorientasi pada literasi sains serta kepedulian lingkungan.

METODE

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur terhadap jurnal nasional dan internasional yang diterbitkan dalam rentang tahun 2013–2023. Sumber data nasional diperoleh melalui Google Scholar dengan kata kunci "praktikum pencemaran air" untuk

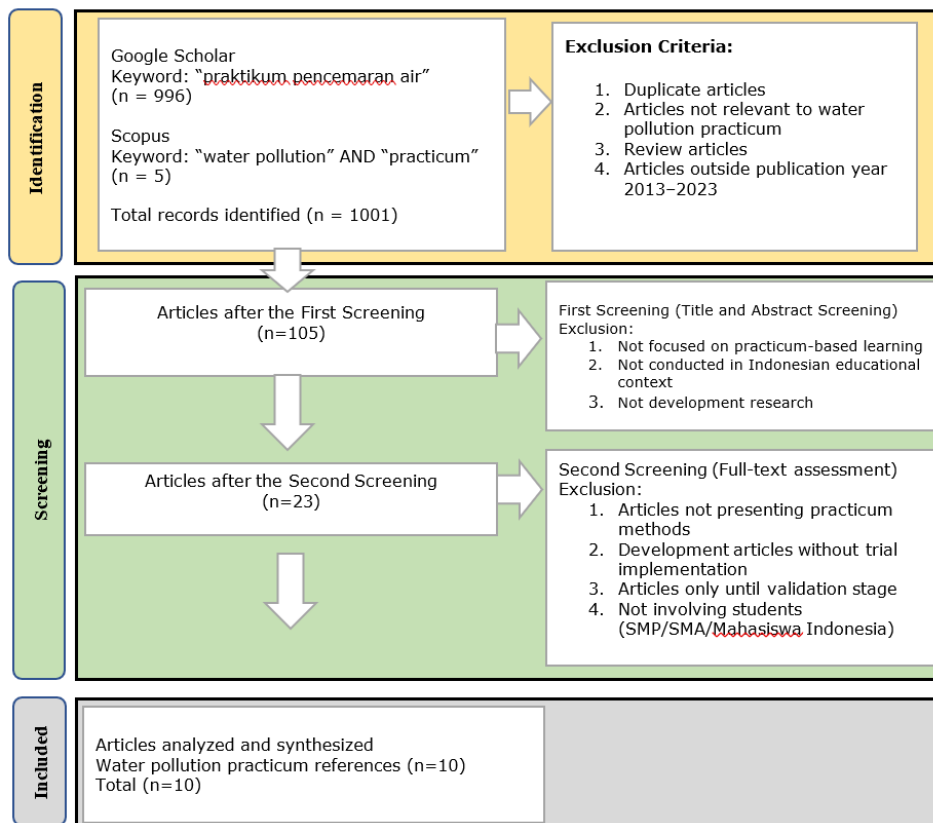
menelaah pengembangan praktikum pencemaran air yang diterapkan pada peserta didik di Indonesia. Dari 996 artikel yang ditemukan, dilakukan penghapusan artikel duplikat dan penyaringan awal berdasarkan kesesuaian topik. Selanjutnya dilakukan *screening* pertama melalui penelaahan judul dan abstrak (*First Screening: Title and Abstract Screening*) dengan kriteria eksklusi: (1) artikel tidak berfokus pada pembelajaran berbasis praktikum, (2) penelitian tidak dilakukan dalam konteks pendidikan di Indonesia, dan (3) bukan penelitian pengembangan. Pada tahap ini diperoleh 105 artikel yang memenuhi kriteria untuk ditelaah lebih lanjut. Berikutnya dilakukan *screening* kedua melalui penilaian teks lengkap (*Second Screening: Full-text assessment*) dengan kriteria eksklusi: (1) artikel tidak menyajikan metode/prosedur praktikum, (2) artikel pengembangan tanpa tahapan uji coba implementasi, (3) artikel hanya sampai tahap validasi tanpa uji coba, serta (4) penelitian tidak melibatkan peserta didik (SMP/SMA/mahasiswa Indonesia). Pada tahap ini diperoleh 23 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Pencarian literatur internasional juga dilakukan melalui Scopus dengan kata kunci "water pollution" and "practicum" yang menghasilkan 5 artikel, namun hanya 1 artikel yang relevan dengan topik *water pollution practicum*. Proses seleksi artikel dilakukan secara bertahap dan sistematis melalui tahap identifikasi, penghapusan duplikasi, penyaringan judul dan abstrak, serta penilaian kelayakan teks lengkap sesuai kriteria inklusi dan eksklusi; tahapan ini disajikan dalam diagram alur seleksi untuk memastikan transparansi dan keterlacakan pemilihan artikel. Hasil akhir kemudian diklasifikasikan menjadi 10 artikel yang memuat referensi praktikum pencemaran air serta 11 artikel yang membahas pengembangan praktikum, LKPD, dan model pembelajaran pada materi pencemaran air. Berdasarkan proses seleksi tersebut, ditemukan 10 artikel yang secara spesifik memuat metode dan prosedur praktikum pencemaran air, sehingga dapat digunakan sebagai sumber referensi dalam pelaksanaan praktikum pencemaran air di sekolah maupun perguruan tinggi.

Kriteria Evaluasi Jurnal

Artikel yang dievaluasi harus memenuhi kriteria inklusi berikut:

- a. sesuai dengan kata kunci penelitian
- b. periode publikasi antara tahun 2013–2023
- c. menggunakan subjek penelitian peserta didik Indonesia (siswa atau mahasiswa)
- d. bertujuan mengembangkan praktikum untuk konteks pendidikan
- e. menyajikan metode/pelaksanaan praktikum secara jelas
- f. merupakan artikel penelitian (empiris), bukan artikel literatur review
- g. untuk artikel pengembangan, minimal mencapai tahap uji coba, meskipun uji coba terbatas

Artikel yang hanya sampai pada tahap validasi tanpa uji coba tidak dimasukkan karena belum memenuhi karakteristik penelitian pengembangan yang lengkap untuk menilai implementasi praktikum dalam pembelajaran. Proses secara lengkap dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur seleksi artikel dalam studi literatur praktikum pencemaran air

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif-kualitatif melalui tahapan reduksi data, kategorisasi, dan sintesis dari artikel yang terpilih. Setiap artikel dikaji untuk mengidentifikasi karakteristik praktikum pencemaran air yang dikembangkan, meliputi tujuan, alat dan bahan, prosedur kerja, indikator/parameter yang digunakan, serta pendekatan/model pembelajaran yang diterapkan (misalnya inkuiri atau *Problem Based Learning*). Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif untuk menemukan pola kesamaan dan perbedaan antar artikel, termasuk aspek desain praktikum yang berpotensi menimbulkan miskonsepsi, seperti perlakuan yang terlalu ekstrem, kurang merepresentasikan kondisi lingkungan nyata, atau adanya isu etika pada penggunaan organisme uji. Hasil sintesis tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi metode praktikum dan dampak pengembangannya terhadap pembelajaran pencemaran air, sekaligus merumuskan rekomendasi konseptual pengembangan praktikum yang lebih kontekstual dan bertanggung jawab melalui integrasi *Citizen Science Project* (CSP).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil proses *screening* literatur, diperoleh 10 artikel yang relevan sebagai sumber referensi praktikum pencemaran air pada tingkat sekolah maupun perguruan tinggi. Ringkasan jenis praktikum, partisipan penelitian, serta referensi dari masing-masing artikel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Literature review praktikum pencemaran air

No.	Jenis Praktikum Pencemaran Air	Partisipan	Referensi
1.	Mengamati pergerakan operkulum ikan pada 3 toples yang diisi air biasa, 0,5 gr detergen dan 1 gr detergen pada 100 mL air	VII SMP	Laelandi <i>et al.</i> , 2023
2.	Memfaatkan eceng gondok sebagai fitoremediasi untuk mengurangi pencemaran air. Eceng gondok memiliki kemampuan untuk menurunkan tingkat pH air yang tercemar.	Mahasiswa S1 Pendidikan IPA	Andrini <i>et al.</i> , 2021
3.	Menggunakan bawang merah (<i>Allium cepa</i>) untuk mengidentifikasi potensi pencemaran air. Sampel air yang paling tercemar (limbah industri) menyebabkan penghambatan	Sekolah Menengah dan Perguruan	Radić <i>et al.</i> , 2010

	pertumbuhan akar lebih dari 50%	Tinggi	
4.	Mengkaji struktur komunitas gastropoda sebagai penanda bioindikator pencemaran air di Sungai Gorong, Kabupaten Lombok Tengah.	Mahasiswa mata kuliah ekologi	Hadi, 2023
5.	Melakukan pengujian parameter fisik (TDS, TSS, dan suhu), parameter kimia (DO, BOD, COD, dan pH), dan parameter biologi (Total Coliform bacteria) pada air Sungai Kapuas.	X SMA	Fahtomiaji <i>et al.</i> , 2013
6.	Menilai kualitas air Sungai Gandong dengan menggunakan makroinvertebrata sebagai bioindikator.	VII SMP	Dwitawati <i>et al.</i> , 2015
7.	Mengidentifikasi keanekaragaman zooplankton sebagai penanda kualitas air di Danau Sipin, Kota Jambi, dimana semakin banyak jenis dan jumlah zooplankton menandakan kualitas air yang lebih baik, sedangkan jumlah yang sedikit menunjukkan bahwa danau tersebut tercemar.	Mahasiswa	Pangestu <i>et al.</i> , 2020
8.	Mengidentifikasi alga sebagai bioindikator tingkat pencemaran di sungai	Mahasiswa	Awal <i>et al.</i> , 2014
9.	Menganalisis keberadaan pencemaran logam berat timbal (Pb) di perairan sungai Citarum Hulu dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) serta memeriksa parameter fisik seperti DO, pH, TTS, dan kekeruhan.	Mahasiswa	Desriyan, 2015
10.	Menyelidiki keanekaragaman plankton sebagai penanda bioindikator pencemaran air di Sungai tersebut.	Mahasiswa	Aini & KA, 2022

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa praktikum pencemaran air dikembangkan dengan pendekatan yang beragam, mulai dari penggunaan organisme uji, bioindikator perairan, hingga analisis parameter fisik-kimia air. Pendekatan tersebut tidak hanya bertujuan mengenalkan konsep pencemaran air, tetapi juga memberikan pengalaman empiris kepada peserta didik dalam mengamati respons organisme maupun perubahan kualitas air akibat aktivitas manusia.

Beberapa penelitian mengembangkan praktikum pencemaran air dengan memanfaatkan organisme sebagai indikator respons terhadap bahan pencemar. Laelandi *et al.*, 2023, mengembangkan praktikum pada siswa SMP dengan menggunakan ikan sebagai organisme uji dan deterjen sebagai sumber pencemar. Percobaan dilakukan dengan membandingkan kontrol dan dua variasi konsentrasi deterjen (0,5 g/100 mL dan 1 g/100 mL air). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi deterjen menyebabkan penurunan frekuensi buka-tutup operkulum serta motilitas ikan hingga akhirnya menyebabkan kematian. Temuan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi bahan pencemar dapat memengaruhi aktivitas fisiologis organisme air, sehingga dapat digunakan sebagai ilustrasi dampak pencemaran terhadap organisme hidup.

Pendekatan lain menggunakan tanaman air sebagai agen pemulihan kualitas perairan. Andrini *et al.*, 2021, menerapkan praktikum fitoremediasi dengan memanfaatkan eceng gondok untuk mengurangi pencemaran air sungai. Penambahan biomassa eceng gondok pada sampel air tercemar selama beberapa hari menunjukkan penurunan nilai pH yang sebelumnya bersifat basa. Hasil ini menunjukkan bahwa tanaman air memiliki potensi dalam menyerap nutrisi dan zat pencemar, sekaligus memberikan pengalaman pembelajaran kontekstual mengenai upaya pemulihan lingkungan.

Selain organisme makro, beberapa penelitian memanfaatkan organisme sederhana sebagai indikator toksisitas air. Salah satu metode yang sering digunakan adalah *Allium* test, yaitu uji toksisitas menggunakan bawang merah (*Allium cepa*) untuk mendeteksi potensi pencemaran air. Organisme ini dikenal sensitif terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat menunjukkan respons biologis terhadap kontaminan (Fiskesjo, 1985; Kendler & Koritz, 1990). Radić *et al.*, 2010, menunjukkan bahwa sampel air yang tercemar menyebabkan penghambatan pertumbuhan akar lebih dari 50%, penurunan indeks mitosis, serta peningkatan penyimpangan kromosom dibandingkan kontrol. Temuan tersebut menunjukkan bahwa perubahan pertumbuhan dan struktur sel dapat menjadi indikator awal adanya kontaminan dalam perairan.

Pendekatan biomonitoring juga banyak digunakan dalam praktikum pencemaran air dengan memanfaatkan organisme perairan sebagai bioindikator. Hadi, 2023, mengidentifikasi struktur komunitas gastropoda di Sungai Gorong, Lombok Tengah, dan menemukan beberapa

spesies seperti *Melanoides granifera*, *Pilla ampullacea*, dan *Thiara scabra* yang dapat digunakan sebagai indikator kondisi kualitas air. Pendekatan serupa juga diterapkan oleh Dwitawati *et al.*, 2015, melalui penggunaan makroinvertebrata sebagai bioindikator kualitas air Sungai Gandong. Berdasarkan nilai Family Biotic Index (FBI), lokasi penelitian menunjukkan tingkat pencemaran yang bervariasi dari kategori agak buruk hingga buruk, dengan beberapa famili gastropoda diketahui memiliki toleransi yang tinggi terhadap kondisi perairan tercemar.

Selain menggunakan organisme indikator, beberapa penelitian menilai kualitas air melalui analisis parameter fisik, kimia, dan biologi perairan. Fahtomiaji *et al.*, 2013, mengembangkan panduan praktikum pencemaran air di lingkungan untuk siswa SMA dengan menganalisis parameter fisika (TDS, TSS, suhu), kimia (DO, BOD, COD, pH), serta biologi (total coliform) pada air Sungai Kapuas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa meskipun parameter fisika masih berada dalam kisaran layak, beberapa parameter kimia dan biologi menunjukkan kondisi yang tidak memenuhi standar kualitas air.

Pendekatan biomonitoring lainnya memanfaatkan plankton dan alga sebagai indikator biologis kualitas air. Pangestu *et al.*, 2020, menunjukkan bahwa keanekaragaman zooplankton di Danau Sipin, Kota Jambi, berada pada tingkat sedang yang mengindikasikan kondisi kualitas air yang tidak sepenuhnya baik. Awal *et al.*, 2014, juga menunjukkan bahwa keberadaan beberapa genus alga seperti *Spirogyra*, *Euglena*, dan *Oscillatoria* dapat menjadi indikator pencemaran perairan. Keberlimpahan organisme tersebut sering berkaitan dengan peningkatan kandungan bahan organik di perairan.

Selain indikator biologis, pencemaran air juga dapat diidentifikasi melalui analisis kandungan logam berat. Desriyan, 2015, mengkaji konsentrasi logam berat timbal (Pb) di Sungai Citarum Hulu menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) serta mengukur parameter fisika seperti DO, pH, TSS, dan kekeruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Pb masih berada di bawah batas baku mutu, namun faktor lingkungan seperti pH rendah dan suhu tinggi dapat meningkatkan kelarutan serta toksisitas logam berat di perairan.

Penelitian lain oleh Aini dan KA, 2022, menunjukkan bahwa keanekaragaman plankton juga dapat digunakan sebagai indikator kondisi perairan di Sungai Brantas, Jawa Timur. Nilai indeks keanekaragaman plankton yang berkisar antara 1–3 menunjukkan tingkat pencemaran sedang. Secara ekologis, plankton berperan penting dalam ekosistem perairan sebagai produsen primer yang mengubah nutrisi anorganik menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis (Usman *et al.*, 2013). Penurunan jumlah dan variasi spesies plankton sering kali berkaitan dengan menurunnya kualitas lingkungan perairan.

Secara umum, berbagai pendekatan praktikum tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran pencemaran air dapat dilakukan melalui beragam metode, mulai dari penggunaan organisme uji, bioindikator, hingga analisis parameter kualitas air. Variasi pendekatan tersebut menunjukkan karakteristik dan kompleksitas yang berbeda dalam mengidentifikasi kondisi pencemaran perairan. Meskipun berbagai penelitian menunjukkan beragam pendekatan praktikum pencemaran air, setiap metode memiliki karakteristik, indikator pengamatan, serta tingkat autentisitas yang berbeda. Perbandingan pendekatan praktikum tersebut disajikan secara ringkas pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis komparatif praktikum pencemaran air pada literatur

No	Referensi	Tipe Praktikum	Alat dan Instrumen	Tingkat Autentisitas Konteks Lingkungan*	Fokus Hasil Belajar
1	Laelandi <i>et al.</i> , 2023	Hewan uji (ikan) + deterjen; observasi operkulum & perilaku	Toples, ikan, deterjen, stopwatch/lembar observasi	Sedang (simulasi; perlu kontrol konsentrasi agar realistis)	Pemahaman dampak pencemar terhadap organisme; keterampilan observasi
2	Andrini <i>et al.</i> , 2021	Fitoremediasi (eceng gondok) pada air tercemar	Wadah 1 L, eceng gondok, pH meter/kertas pH	Tinggi (menggunakan air sungai tercemar;	Berpikir kritis; pemahaman konsep fitoremediasi dan kualitas air (pH)

				berbasis masalah lokal)	
3	Radić <i>et al.</i> , 2010	Uji toksisitas <i>Allium cepa</i> (pertumbuhan akar, mitosis, kromosom)	Bawang merah, gelas/wadah, penggaris; (mikroskop untuk tahap lanjut)	Tinggi (sampel air nyata; indikator biologis responsif)	Pemahaman toksisitas; keterampilan proses sains; interpretasi indikator biologis
4	Hadi, 2023	Bioindikator gastropoda (struktur komunitas)	Alat sampling sederhana, identifikasi gastropoda	Tinggi (lapangan; ekologi perairan nyata)	Pemahaman bioindikator; keterampilan identifikasi; ekologi perairan
5	Fahtomiaji <i>et al.</i> , 2013	Uji kualitas air lengkap (fisik-kimia-biologi: TDS/TSS/suhu; DO/BOD/COD/pH; coliform)	Alat ukur fisik-kimia; uji coliform	Tinggi (berbasis sampel Sungai Kapuas)	Pemahaman multi-parameter kualitas air; literasi data/analisis kualitas air
6	Dwitawati <i>et al.</i> , 2015	Bioindikator makroinvertebrata (FBI)	Alat sampling; identifikasi famili; indeks FBI	Tinggi (lapangan; variasi stasiun)	Pemahaman kualitas air berbasis biota; interpretasi indeks
7	Pangestu <i>et al.</i> , 2020	Zooplankton sebagai penanda kualitas air	Plankton net/mikroskop; identifikasi zooplankton	Tinggi (danau nyata; data ekologi)	Pemahaman indikator biologi; taksonomi; interpretasi kualitas air
8	Awal <i>et al.</i> , 2014	Alga sebagai bioindikator (indeks keanekaragaman)	Sampling, mikroskop; identifikasi genus	Tinggi (sungai nyata; indikator pencemaran)	Pemahaman indikator pencemaran; analisis indeks keanekaragaman
9	Desriyan, 2015	Logam berat Pb + fisika-kimia (AAS; DO, pH, TSS, kekeruhan)	AAS, alat ukur kualitas air	Tinggi (sampel sungai nyata)	Pemahaman toksikologi logam; hubungan pH/suhu dengan toksisitas
10	Aini & KA, 2022	Plankton sebagai bioindikator (indeks 1-3; parameter fisik-kimia)	Sampling plankton; identifikasi; alat ukur sederhana	Tinggi (sungai nyata; multi-parameter)	Pemahaman relasi parameter kualitas air-biota; interpretasi data ekologi
11	Dwitawati <i>et al.</i> , 2015	Bioindikator makroinvertebrata (FBI)	Alat sampling; identifikasi famili; indeks FBI	Tinggi (lapangan; variasi stasiun)	Pemahaman kualitas air berbasis biota; interpretasi indeks

*Catatan tingkat autentisitas:

"Tinggi" = menggunakan sampel/setting lapangan nyata dan menekankan variasi kondisi;

"Sedang" = simulasi laboratorium yang perlu kontrol agar mendekati kondisi lingkungan.

Berdasarkan analisis komparatif pada Tabel 2, setiap jenis praktikum memiliki keterbatasan yang berpotensi menimbulkan miskonsepsi dalam pemahaman konsep pencemaran air. Analisis mengenai keterbatasan praktikum dan potensi miskonsepsi tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Keterbatasan praktikum, potensi miskonsepsi, dan mitigasi

Jenis Praktikum	Keterbatasan yang Muncul	Potensi Miskonsepsi	Mitigasi yang Disarankan
Hewan uji + deterjen (Laelandi <i>et al.</i> , 2023)	Risiko etika hewan dan penggunaan konsentrasi pencemar yang	Pencemaran dianggap selalu instan dan fatal.	Gunakan konsentrasi realistis dan indikator non-lethal serta jelaskan bahwa pencemaran

	terlalu ekstrem.		sering bersifat kronis.
Fitoremediasi eceng gondok (Andrini <i>et al.</i> , 2021)	Evaluasi hanya menggunakan parameter terbatas seperti pH.	Penurunan pH dianggap langsung menunjukkan pemulihan kualitas air.	Tambahkan parameter sederhana seperti kekeruhan, bau, atau TDS serta diskusi keterbatasan indikator.
Allium test (Radić <i>et al.</i> , 2010)	Memerlukan ketelitian tinggi dan dipengaruhi banyak faktor lingkungan.	Hambatan pertumbuhan akar dianggap selalu disebabkan satu jenis pencemar.	Gunakan kontrol dan replikasi serta beberapa sumber air sebagai perbandingan.
Bioindikator gastropoda (Hadi, 2023)	Hasil dipengaruhi musim, habitat, dan kemampuan identifikasi organisme.	Keberadaan atau ketiadaan gastropoda dianggap langsung menunjukkan tingkat pencemaran.	Lakukan sampling pada beberapa titik dan kombinasikan dengan parameter fisik-kimia.
Makroinvertebrata indikator (Dwitawati <i>et al.</i> , 2015)	Risiko bias sampling dan keterbatasan identifikasi takson.	Indeks biotik dianggap berlaku universal tanpa mempertimbangkan konteks habitat.	Gunakan panduan identifikasi yang jelas dan jelaskan konteks ekologis lokasi sampling.
Zooplankton indikator (Pangestu <i>et al.</i> , 2020)	Dipengaruhi musim dan memerlukan pengamatan mikroskopis.	Jumlah zooplankton sedikit dianggap selalu menandakan pencemaran.	Kombinasikan analisis zooplankton dengan parameter kualitas air lain.
Alga indikator (Awal <i>et al.</i> , 2014)	Variasi alga dipengaruhi banyak faktor lingkungan.	Keberlimpahan alga dianggap hanya disebabkan oleh pencemaran.	Jelaskan faktor lingkungan lain seperti nutrisi dan cahaya yang memengaruhi alga.
Uji parameter fisik-kimia-biologi (Fahtomiaji <i>et al.</i> , 2013)	Mebutuhkan alat dan biaya relatif besar serta interpretasi data kompleks.	Satu parameter dianggap cukup untuk menentukan kualitas air.	Gunakan kit sederhana dan tekankan keterkaitan antarparameter kualitas air.
Analisis logam berat Pb dengan AAS (Desriyan, 2015)	Memerlukan instrumen laboratorium yang tidak tersedia di sekolah.	Semua pencemaran logam berat dianggap mudah diuji secara langsung.	Gunakan data sekunder atau simulasi hasil analisis laboratorium.
Praktikum satu lokasi / satu kali sampling	Representasi kondisi perairan terbatas dan sulit digeneralisasi.	Kondisi satu lokasi dianggap mewakili seluruh perairan.	Lakukan sampling pada beberapa lokasi dan waktu untuk perbandingan.

Berdasarkan identifikasi keterbatasan praktikum dan potensi miskonsepsi sebagaimana disajikan pada Tabel 3, diperlukan penguatan desain pembelajaran agar praktikum tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga mampu membangun pemahaman konsep yang benar.

Hasil Penelitian Pengembangan Praktikum Pencemaran Air dalam Pembelajaran

Sejumlah penelitian telah mengembangkan perangkat dan model pembelajaran berbasis praktikum pencemaran air untuk meningkatkan hasil belajar serta keterampilan berpikir peserta didik. Mufidah dan Wulandari, 2018, menggunakan panduan praktikum berbasis inkuiri terbimbing dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Panduan praktikum pencemaran air untuk siswa SMP yang dikembangkan, menunjukkan tingkat kevalidan media sebesar 82,45% dan kepraktisan penggunaan mencapai 93%. Implementasi panduan tersebut juga menunjukkan efektivitas yang baik dengan nilai gain sebesar 0,65 serta tingkat ketuntasan belajar siswa mencapai 90%. Temuan ini menunjukkan bahwa model inkuiri dapat mendukung pemahaman konsep pencemaran air secara lebih aktif melalui kegiatan praktikum.

Pendekatan inkuiri juga dikombinasikan dengan berbagai media pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Nugroho dan Puspitasari, 2019, mengembangkan modul praktikum berbasis inkuiri terbimbing yang dipadukan dengan video pembelajaran. Hasil penerapan modul tersebut menunjukkan peningkatan sikap peduli lingkungan dan prestasi

belajar mahasiswa, sehingga penggunaan media pembelajaran yang variatif dapat memperkaya pengalaman belajar melalui praktikum.

Selain model inkuiri, pengembangan bahan ajar berbasis praktikum juga dilakukan melalui penggunaan Lembar Kerja Siswa (LKS) dan LKPD. Maulidy, 2013, mengembangkan LKS IPA terpadu tipe webbed dengan tema pencemaran air yang mampu meningkatkan hasil belajar siswa dari aspek kognitif, afektif, dan psikomotor. Pengembangan LKPD berbasis inkuiri terbimbing juga menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, dengan tingkat ketuntasan belajar mencapai 77% (Muafiro & Sudibyo, 2022). Hasil serupa juga ditunjukkan oleh Lestari, 2022, yang mengembangkan LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dengan metode praktikum menggunakan alat ukur TDS meter, yang dinilai sangat layak dan praktis digunakan dalam pembelajaran.

Beberapa penelitian juga menekankan pentingnya integrasi model pembelajaran yang mendorong kemampuan berpikir tingkat tinggi. Devi *et al.*, 2020, menunjukkan bahwa penerapan model inquiry training berbasis learning cycle 5E efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan tingkat ketuntasan belajar sebesar 78%. Penerapan model pembelajaran serupa juga dilaporkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa melalui kombinasi guided inquiry dan brainstorming pada materi pencemaran air (Amtiningsih *et al.*, 2016).

Pendekatan pembelajaran berbasis masalah juga banyak digunakan dalam pembelajaran pencemaran air. Tapilouw, 2023, mengembangkan pembelajaran berbasis *Sustainable Development Goals* (SDGs) menggunakan model Problem Based Learning yang menunjukkan peningkatan hasil belajar siswa dengan nilai N-Gain sebesar 0,508. Selain itu, pemahaman siswa terhadap konsep SDGs, khususnya tujuan clean water and sanitation, juga meningkat secara signifikan.

Model pembelajaran berbasis praktikum juga dapat melatih keterampilan komunikasi dan penguasaan konsep siswa. Kumaiyah *et al.*, 2019, menunjukkan bahwa penerapan model learning cycle 5E pada materi pencemaran air mampu melatih keterampilan komunikasi siswa dengan nilai rata-rata laporan praktikum sebesar 89,5 yang termasuk dalam kategori sangat baik. Temuan ini sejalan dengan penelitian Karlina, 2021, yang menunjukkan bahwa penggunaan metode pembelajaran inkuiri berbasis laboratorium mampu meningkatkan penguasaan konsep siswa secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional. Selain itu, pembelajaran berbasis masalah juga terbukti efektif dalam meningkatkan ketuntasan belajar siswa. Penelitian Anandaru *et al.*, 2013, menunjukkan bahwa penerapan model problem based instruction pada materi pencemaran air menghasilkan ketuntasan belajar klasikal sebesar 90% serta peningkatan hasil belajar pada aspek kognitif dan afektif siswa.

Secara umum, berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi praktikum dengan model pembelajaran aktif seperti inkuiri, problem based learning, dan learning cycle mampu meningkatkan hasil belajar, keterampilan berpikir, serta kepedulian lingkungan peserta didik pada materi pencemaran air. Namun demikian, sebagian besar praktikum yang dikembangkan masih dilaksanakan dalam konteks laboratorium atau simulasi kelas dengan sumber data yang terbatas. Kondisi tersebut berpotensi membatasi keterhubungan pembelajaran dengan kondisi lingkungan nyata serta belum sepenuhnya mendorong peserta didik untuk terlibat dalam proses pengamatan lingkungan secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih kontekstual dan berbasis lingkungan nyata, salah satunya melalui pendekatan *Citizen Science Project* (CSP).

Integrasi *Citizen Science Project* dalam Praktikum Pencemaran Air

Citizen Science Project (CSP) merupakan pendekatan pembelajaran yang kolaboratif melibatkan masyarakat atau peserta didik dalam proses pengumpulan, analisis, dan interpretasi data ilmiah untuk memajukan pengetahuan ilmiah dan mengatasi masalah sosial. Dalam konteks pembelajaran pencemaran air, pendekatan ini memungkinkan peserta didik melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi perairan di lingkungan sekitar sehingga proses pembelajaran menjadi lebih autentik dan kontekstual (Wiggins & Crowston, 2011). Pendekatan citizen science telah banyak digunakan dalam penelitian lingkungan untuk melibatkan masyarakat dalam pemantauan kualitas air, seperti pengamatan parameter fisik, kimia, maupun biologis perairan (Bonney *et al.*, 2015; Dickinson *et al.*, 2012). Melalui kegiatan tersebut, peserta didik tidak hanya mempelajari konsep pencemaran air secara teoritis, tetapi

juga terlibat dalam proses pengumpulan data lingkungan nyata, sehingga pemahaman terhadap konsep ekologi dan kualitas air menjadi lebih kontekstual.

Penelitian yang dilakukan oleh Baalbaki *et al.*, 2019, menerapkan pendekatan citizen science untuk memantau kualitas air tanah melalui keterlibatan masyarakat lokal dalam proses pengambilan sampel dan analisis data. Dalam program ini, masyarakat dilatih untuk melakukan pengambilan sampel air dari sumur dan sumber air lokal menggunakan prosedur standar yang disediakan oleh peneliti. Sampel kemudian dianalisis menggunakan laboratorium mobile untuk mengukur berbagai parameter kualitas air seperti pH, konduktivitas listrik, kandungan nitrat, dan parameter kimia lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data yang dikumpulkan oleh partisipan masyarakat memiliki tingkat kesesuaian yang cukup baik dengan hasil pengukuran oleh peneliti profesional. Selain menghasilkan data lingkungan yang bermanfaat, program ini juga meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap kondisi kualitas air di lingkungan mereka serta memperkuat literasi sains masyarakat dalam memahami isu pencemaran air (Baalbaki *et al.*, 2019).

Penelitian Jakositz *et al.*, 2022, menerapkan citizen science untuk memantau kandungan timbal (Pb) pada air keran rumah tangga dengan melibatkan warga sebagai pengumpul data utama. Peneliti mendistribusikan paket pengambilan sampel melalui titik/kios informasi, yang berisi botol sampel (± 50 mL), instruksi pengambilan sampel, formulir identitas sampel, serta kuesioner awal (pre-survey); peserta kemudian mengambil sampel air keran di rumah sesuai prosedur, lalu mengembalikan sampel melalui amplop prabayar/pos atau drop-off ke titik pengumpulan, untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium menggunakan ICP-MS guna menentukan konsentrasi Pb. Setelah analisis, hasil uji dikirim kembali kepada peserta disertai materi edukasi mengenai risiko kesehatan timbal, kemungkinan sumber kontaminasi (misalnya korosi pipa), serta langkah mitigasi yang dapat dilakukan; peserta juga diminta mengisi post-survey untuk menilai perubahan pengetahuan dan respons setelah menerima hasil. Studi ini menunjukkan kontribusi ganda: (1) menghasilkan pemetaan data kualitas air yang lebih luas melalui partisipasi publik, dan (2) meningkatkan literasi serta kesadaran peserta terkait isu timbal dalam air minum, termasuk mendorong niat/perilaku mitigasi di tingkat rumah tangga (Jakositz *et al.*, 2022).

Penelitian oleh Dantas *et al.*, 2026, menerapkan pendekatan citizen science dalam pemantauan mikroplastik di wilayah pesisir dengan melibatkan komunitas olahraga air sebagai partisipan penelitian. Dalam kegiatan ini, para relawan yang merupakan praktisi olahraga kano VA'A dilibatkan dalam proses pengambilan sampel mikroplastik di permukaan laut menggunakan alat penyaring sederhana yang dipasang pada kano. Sampel air permukaan disaring menggunakan jaring berukuran mesh tertentu untuk menangkap partikel mikroplastik selama kegiatan mendayung berlangsung. Metode ini memungkinkan pengumpulan data secara berkala di dua lokasi pesisir dengan tingkat urbanisasi yang berbeda sehingga dapat dibandingkan distribusi dan kepadatan mikroplastik di masing-masing lokasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah dengan tingkat urbanisasi tinggi memiliki kepadatan mikroplastik yang lebih besar dibandingkan wilayah yang lebih alami. Pendekatan partisipatif ini terbukti efektif dalam memperluas cakupan pemantauan pencemaran laut sekaligus meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap masalah polusi plastik di lingkungan pesisir (Dantas *et al.*, 2026).

Penelitian Collins *et al.*, 2023, menggambarkan implementasi berbagai program citizen science dalam pemantauan kualitas air sungai di Inggris melalui jaringan organisasi Rivers Trust. Dalam program ini, relawan masyarakat dilatih untuk melakukan pengukuran parameter kualitas air menggunakan kit pemantauan sederhana, seperti pengukuran nutrisi, padatan terlarut, serta indikator pencemaran lainnya. Pemantauan dilakukan secara berkala, misalnya setiap bulan, di berbagai titik sungai yang telah ditentukan. Data hasil pengukuran kemudian diunggah ke platform digital sehingga dapat dianalisis secara kolektif oleh peneliti dan pemangku kepentingan. Selain pemantauan kualitas air, relawan juga dilibatkan dalam kegiatan identifikasi sumber pencemar, survei outfall drainase, serta pelaporan kondisi ekosistem sungai menggunakan aplikasi berbasis lokasi. Data yang dihasilkan dari kegiatan ini tidak hanya berfungsi sebagai basis informasi ilmiah, tetapi juga digunakan untuk mendorong tindakan nyata dalam penanganan pencemaran sungai, termasuk perbaikan sistem drainase dan pengendalian sumber polusi oleh otoritas setempat (Collins *et al.*, 2023).

Penelitian Gupta *et al.*, 2025, mengkaji peran infrastruktur kolaborasi digital dalam mendukung kegiatan citizen science untuk pemantauan kualitas air yang dilakukan oleh berbagai kelompok masyarakat di Amerika Utara. Dalam penelitian ini, peneliti mengembangkan platform kolaboratif yang disebut Water Data Collaborative (WDC) yang berfungsi sebagai sarana berbagi data, sumber daya, serta praktik pemantauan kualitas air antar kelompok pemantau air berbasis masyarakat. Melalui sesi desain partisipatif dengan para pengguna platform, peneliti mengevaluasi bagaimana sistem tersebut dapat mendukung kolaborasi antar kelompok pemantau air di berbagai wilayah. Platform ini memungkinkan relawan mengunggah data kualitas air yang dikumpulkan dari lapangan, berbagi metode pengambilan sampel, serta berkolaborasi dalam analisis data lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi data dan kolaborasi antar kelompok dapat meningkatkan efisiensi pemantauan kualitas air serta memperluas cakupan pengumpulan data lingkungan yang sebelumnya terbatas oleh sumber daya pemerintah (Gupta *et al.*, 2025).

Sementara itu, kajian oleh Gonsilou *et al.*, 2025, meninjau berbagai penelitian mengenai pencemaran mikroplastik pada ekosistem lamun (seagrass ecosystems) di berbagai wilayah dunia. Dalam kajian ini, peneliti menganalisis puluhan penelitian yang meneliti keberadaan mikroplastik pada komponen ekosistem lamun seperti air, sedimen, flora, dan fauna laut. Hasil kajian menunjukkan bahwa mikroplastik dapat terakumulasi pada daun lamun maupun sedimen di sekitarnya, yang berpotensi memengaruhi proses fotosintesis, respirasi, serta kesehatan ekosistem secara keseluruhan. Penelitian ini menekankan pentingnya pemantauan pencemaran mikroplastik secara berkelanjutan, termasuk melalui pendekatan partisipatif seperti citizen science, untuk memperluas cakupan pengumpulan data lingkungan dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap dampak pencemaran plastik pada ekosistem pesisir (Gonsilou *et al.*, 2025).

Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa citizen science efektif untuk pemantauan kualitas lingkungan melalui pelibatan masyarakat dalam pengumpulan dan analisis data. Pola kegiatan yang sama pada prinsipnya dapat diadaptasi dalam konteks pendidikan sekolah dengan menjadikan siswa sebagai partisipan utama, serta melibatkan masyarakat (misalnya orang tua, warga sekitar, komunitas lingkungan, atau pihak kelurahan) sebagai mitra pengamatan. Adaptasi ini relevan untuk pembelajaran pencemaran air karena praktikum konvensional di sekolah sering kali bersifat simulatif, menggunakan perlakuan ekstrem, dan terbatas pada satu parameter, sehingga berpotensi menimbulkan miskonsepsi misalnya anggapan bahwa pencemaran selalu instan dan fatal, atau bahwa satu indikator saja cukup untuk menyimpulkan kualitas air. Melalui integrasi *Citizen Science Project* (CSP), siswa dapat melakukan pengambilan sampel pada berbagai sumber air di lingkungan sekitar, mengukur beberapa parameter sederhana secara berulang (multi-titik dan multi-waktu), mendokumentasikan konteks lokasi, serta membandingkan hasil antar kelompok. Proses pengamatan berbasis data nyata ini membantu siswa memahami bahwa pencemaran air bersifat bertahap dan dipengaruhi banyak faktor, sehingga miskonsepsi yang muncul dari praktikum laboratorium yang terlalu disederhanakan dapat diminimalkan. Dengan demikian, CSP berpotensi memperkuat praktikum pencemaran air menjadi lebih autentik, kontekstual, dan kolaboratif, sekaligus meningkatkan literasi sains dan kepedulian lingkungan siswa.

Dalam konteks pendidikan sains, CSP merupakan pendekatan pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep ilmiah, keterampilan penelitian, serta kesadaran lingkungan siswa. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan CSP mampu meningkatkan keterampilan penelitian dan kemampuan berpikir kritis siswa. Misalnya, Damayanti *et al.*, 2021, melaporkan peningkatan keterampilan penelitian siswa SMA melalui penerapan CSP, sementara implementasi *Citizen Science Project* Weather-It pada siswa SMP menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis dengan N-Gain sebesar 57,1% (Muaziyah *et al.*, 2023). Hasil serupa juga ditemukan pada penggunaan lembar kerja berbasis citizen science pada materi keanekaragaman tumbuhan berbunga yang meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan N-Gain sebesar 56% (Rachmawati *et al.*, 2022). Selain meningkatkan kemampuan akademik, pendekatan citizen science juga berkontribusi pada peningkatan literasi sains serta kesadaran lingkungan masyarakat melalui keterlibatan langsung dalam penelitian lingkungan (Williams *et al.*, 2021).

Dalam pembelajaran pencemaran air, CSP berpotensi mengurangi miskonsepsi siswa karena pembelajaran didasarkan pada data lingkungan nyata, bukan sekadar simulasi

laboratorium. Melalui kegiatan pengambilan sampel air di berbagai sumber perairan, siswa dapat mengamati bahwa kondisi pencemaran bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Pengukuran beberapa parameter kualitas air seperti pH, suhu, kekeruhan, atau zat terlarut membantu siswa memahami bahwa kualitas air tidak ditentukan oleh satu indikator saja, melainkan oleh kombinasi berbagai parameter yang saling berkaitan. Selain itu, perbandingan data antar lokasi dan waktu mendorong siswa merefleksikan hasil pengamatan dan merekonstruksi pemahaman konseptual secara lebih akurat. Kolaborasi antara siswa dan masyarakat dalam kegiatan pemantauan lingkungan juga memperkuat konteks pembelajaran serta menghubungkan konsep ilmiah dengan kondisi nyata di lingkungan sekitar.

Integrasi CSP dalam praktikum pencemaran air juga mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pengumpulan data ilmiah sekaligus memberikan pengalaman ilmiah yang autentik bagi siswa. Kegiatan ini dapat diawali dengan pengenalan permasalahan pencemaran air oleh ahli, dilanjutkan dengan diskusi dan pelaksanaan mini project berupa identifikasi kondisi pencemaran air di lingkungan sekitar. Siswa kemudian melakukan praktikum untuk menganalisis kualitas air, menyusun laporan hasil pengamatan, serta mempresentasikan temuan mereka untuk memperoleh verifikasi ilmiah. Hasil kegiatan juga dapat dipublikasikan melalui berbagai media sebagai bentuk diseminasi pengetahuan dan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap isu pencemaran air. Dengan demikian, integrasi *Citizen Science Project* dalam praktikum pencemaran air tidak hanya memperkaya pengalaman praktikum siswa, tetapi juga memperkuat pemahaman konseptual, mengurangi miskonsepsi, serta meningkatkan literasi sains dan kesadaran lingkungan secara berkelanjutan melalui kolaborasi antara siswa, ilmuwan, dan masyarakat.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, hasil telaah menunjukkan bahwa praktikum pencemaran air yang digunakan dalam berbagai literatur umumnya masih didominasi pendekatan inkuiri, PBL, atau praktikum laboratorium sederhana, namun tetap menyisakan keterbatasan yang berpotensi memunculkan miskonsepsi terutama ketika desain praktikum terlalu simulatif, menggunakan perlakuan ekstrem, atau hanya mengandalkan satu indikator kualitas air. Untuk memperkuat pembelajaran yang lebih autentik dan bertanggung jawab, integrasi *Citizen Science Project* (CSP) dapat menjadi alternatif yang relevan karena memungkinkan siswa melakukan pemantauan kualitas air berbasis lingkungan nyata, mengumpulkan data multi-parameter, serta membandingkan hasil antar lokasi dan waktu melalui kolaborasi dengan masyarakat. Dengan demikian, CSP tidak hanya berpotensi mereduksi miskonsepsi, tetapi juga memperkaya pengalaman praktikum menjadi lebih kontekstual, meningkatkan literasi sains, serta mendorong kepedulian dan partisipasi siswa terhadap isu pencemaran air di lingkungannya. Penelitian selanjutnya dapat mencoba menerapkan CSP dalam praktikum uji kualitas air di sekolah dengan parameter yang mudah dan terjangkau seperti pH, suhu, kekeruhan/kejernihan, warna-bau, serta indikator biologis sederhana untuk menghasilkan data yang lebih autentik dan mengurangi potensi miskonsepsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. I. N., & KA, S. M. (2022). Identifikasi Keanekaragaman Plankton Sebagai Bioindikator Pencemaran Air di Kali Brantas. *Environmental Pollution Journal*, 2(2). <https://doi.org/10.58954/epj.v2i2.45>
- Amtiningsih, S., Dwiastuti, S., & Sari, D. P. (2016). Improving creative thinking ability through guided inquiry combined brainstorming application in material of water pollution. *Proceeding Biology Education Conference*, 13 (1), 868-872. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/download/5944/5330>
- Anandaru, D., Haryono, T., & Susantini, E. (2013). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Instruction (Pbi) Dengan Tema Pencemaran Air Pada Siswa Kelas VII. *BioEdu Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(3), 162-166. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu/article/download/4210/6672>
- Andrini, V.S., Dewi, I.S., & Pratama, H. (2021). Solusi Pencemaran Air Menggunakan Teknik Fitoremediasi Sebagai Bentuk Penerapan Model Project Based Learning di Masa Pandemi Covid-19. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 5(1), 158-166. <https://doi.org/10.20961/jdc.v5i1.53580>

- Awal, J., Tantu, H., & Tenriawaru, E. P. (2014). Identifikasi Alga (Algae) Sebagai Bioindikator Tingkat Pencemaran Di Sungai Lamasi Kabupaten Luwu. *Dinamika*, 5(2), 21-34. <https://journal.uncp.ac.id/index.php/dinamika/article/view/36/32>
- Baalbaki, R., Ahmad, S. H., Kays, W., Talhouk, S. N., Saliba, N. A., Al-hindi, M., & Al-hindi, M. (2019). Citizen science in Lebanon — a case study for groundwater quality monitoring. *Royal Society Open Science: Chemistry*, 6(2), 181871. <https://doi.org/10.1098/rsos.181871>
- Bonney, R., Shirk, J., & Phillips, T.B. (2015). Citizen Science. *Gunstone, R. (eds) Encyclopedia of Science Education*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_291
- Collins, R., France, A., Walker, M., & Browning, S. (2023). The potential for freshwater citizen science to engage and empower: a case study of the Rivers Trusts, United Kingdom. *Frontiers Environment Science*, 11, 1218055, 1-6. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1218055>
- Damayanti, D. F., Solihat, R., & Hidayat, T. (2021). Upaya Meningkatkan Research Skill Siswa Melalui *Citizen Science Project* Pada Pembelajaran Biologi SMA. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 12(2), 133. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v12i2.4438>
- Dantas, A. D., Brabo, L., Garcia, T. M., Keppeler, F. W., Andrades, R., Pegado, T., Franklin-jr, W., Bessa, F., De Carvalho, L. A. E. B., Soares, M. D., & Giarrizzo, T. (2026). Participatory monitoring with VA ' A canoes identifies key environmental factors driving microplastic distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.119030>
- Dickinson, J. L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R. L., Martin, J., Phillips, T., & Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 291-297. <https://doi.org/10.1890/110236>
- Desriyan, R. (2015). Identifikasi pencemaran logam berat timbal (Pb) pada perairan Sungai Citarum Hulu segmen Dayeuhkolot sampai Nanjung. *Jurnal Reka Lingkungan*, 3(1), 41-52. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v3i1.%25p>
- Devi, A., Arfiani, Y., & Kusuma, M. (2020). Implementasi Model Inquiry Training Berbasis Learning Cycle 5E dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Konsep Pencemaran Air. *JPMP (Jurnal Pendidikan MIPA Pancasakti)*, 4(2), 1-7. <https://doi.org/10.24905/jpmp.v4i2.1666>
- Dwitawati, D. A., Sulistyarsi, A., & Widiyanto, J. (2015). Biomonitoring Kualitas Air Sungai Gandong Dengan Bioindikator Makroinvertebrata Sebagai Bahan Petunjuk Praktikum Pada Pokok Bahasan Pencemaran Lingkungan SMP Kelas VII. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 2 (1), 41-46. <http://doi.org/10.25273/florea.v2i1.405>
- Fahomiaji, N., Syamswisna, S., & Ariyati, E. (2013). Penyusunan Penuntun Praktikum pada Materi Pencemaran di SMA Berdasarkan Uji Kualitas Air Sungai Kapuas. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, 2(9), 1-16. <http://dx.doi.org/10.26418/jppk.v2i9.3317>
- Fiskesjo, G. (1985). The Allium Test As A Standard In Environmental Monitoring. *Hereditas*, 102, 99-112. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x>
- Gonsilou, A. P., Hadibarata, T., & Jusoh, M. N. H. B. (2025). Microplastic, an Emerging Threat to the Global Seagrass Ecosystems: A Review. *Environmental Quality Management* 35, 1, e70122. <https://doi.org/10.1002/tqem.70122>
- Gupta, S., Carroll, J. M., & Tsai, C. (2025). Distance Matters in Citizen-Based Water Quality Monitoring. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 9(7), 1-25. <https://doi.org/10.1145/3757470>
- Hadi, I. (2023). Struktur Komunitas Gastropoda sebagai Bioindikator Pencemaran Air Sungai Gorong Kabupaten Lombok Tengah dalam Upaya Penyusunan Petunjuk Praktikum Ekologi. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, 3 (2), 86-101. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v3i2.175>
- Hendrawan, D. (2005). Kualitas Air Sungai dan Situ di DKI Jakarta. *Makara Journal of Technology*, 9 (1), 13-19. <https://doi.org/10.7454/mst.v9i1.315>
- Jakositz, S., Ghasemi, R., McGreavy, B., Wang, H., Greenwood, S., & Mo, W. (2022). Tap-Water Lead Monitoring through Citizen Science: Influence of Socioeconomics and

- Participation on Environmental Literacy, Behavior, and Communication. *Journal of Environmental Engineering (United States)*, 148(10).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0002055](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0002055)
- Karlina, E. (2021). Pengaruh Penggunaan Metode Pembelajaran Inkuiri Berbasis Laboratorium Terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Pada Konsep Pencemaran Air. *Jurnal Life Science: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(2), 44-52.
<https://doi.org/10.31980/lsciences.v3i2.1715>
- Kementerian PUPR. (2023). *Pencemaran Terhadap Sumber Air Mengkhawatirkan*.
<https://pu.go.id/berita/pencemaran-terhadap-sumber-air-mengkhawatirkan>
- Kendler, B. S., & Koritz, H. G. (1990). Using the Allium test to detect environmental pollutants. *The American Biology Teacher*, 52 (6), 372-375. <https://doi.org/10.2307/4449136>
- Kumaiyah, S., Rosdiana, L., & Purnomo, A.R. (2019). Penerapan Model Pembelajaran Siklus Belajar 5E (Learning Cycle) pada Materi Pencemaran Air dan Dampaknya Bagi Lingkungan untuk Melatihkan Keterampilan Komunikasi. *Pensa: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 7(2), 253-261. <https://doi.org/10.26740/pensa.v7i2.28669>
- Lelandi, R., Sriyati, S., & Prima, E. C. (2023). Science Practicum Activities Through Water And Air Pollution Experiments On Environmental Pollution Materials In Junior High Schools. *JSEP (Journal of Science Education and Practice)*, 7(2), 1-15. [10.33751/jsep.v7i2.8266](https://doi.org/10.33751/jsep.v7i2.8266)
- Lestari, R. S. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Problem Based Learning (PBL) Dengan Metode Praktikum Untuk Mengetahui Kepedulian Lingkungan Siswa Kelas VII SMP Negeri 03 Suruh Pada Materi Pencemaran Lingkungan. Skripsi. IAIN Salatiga.
- Maulidy, K. S. (2013). Penerapan Lembar Kerja Siswa (Lks) IPA Terpadu Tipe Webbed Dengan Tema Pencemaran Air Pada Siswa Kelas VII SMP Negeri 1 Labang Bangkalan. *PENSA: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 1 (03), <https://doi.org/10.26740/pensa.v1i03.4159>
- Muafiro, A., & Sudiby, E. (2022). Implementasi LKPD Berbasis Inkuiri Terbimbing Pada Materi Pencemaran Air Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Pensa: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 214-220. <https://doi.org/10.26740/pensa.v10i2.44768>
- Muaziyah, S. E. S., Hidayat, T., Sriyati, S., & Lutianasari, L. (2023). Implementation of the Merdeka Curriculum Using *Citizen Science Project* Weather-it to Improve Critical Thinking Skills of Junior High School Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1470-1479. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.2277>
- Mufidah, S. F., & Wulandari, T. S. H. (2018). Pengembangan Petunjuk Praktikum Pencemaran Air Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMP. *Proceeding Biology Education Conference*, 15 (1), 606-613.
<https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/download/32634/21622>
- Nugroho, P. A., & Puspitasari, Y. D. (2019). Pengembangan Modul Praktikum Pencemaran Lingkungan Berbasis Inkuiri Terbimbing Berkolaborasi Video Untuk Meningkatkan Sikap Peduli Lingkungan Dan Hasil Belajar Mahasiswa. *JUPI: Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 3 (2), 42-61. <https://doi.org/10.24815/jupi.v3i2.14549>
- Nuraisah, E., Irawati, R., & Hanifah, N. (2016). Perbedaan pengaruh penggunaan pembelajaran konvensional dan pendekatan kontekstual terhadap kemampuan berpikir kritis matematis dan motivasi belajar siswa pada materi pecahan. *Jurnal Pena Ilmiah*, 1 (1), 291-300. <https://doi.org/10.23819/pi.v1i1.3033>
- Pangestu, R., Sukmono, T., dan Harlis, H. (2020). Zooplankton Keanekaragaman Zooplankton Sebagai Indikator Kualitas Danau Sipin Kota Jambi Sebagai Pengayaan Praktikum Taksonomi Monera Dan Protista. *Biospecies*, 13(2), 40-45. <https://online-journal.unja.ac.id/biospecies/article/view/8374/10504>
- Rachmawati, N., Hidayat, T., & Supriatno, B. (2022). Analysis of Citizen Science-Based Flowering Plant Diversity Worksheet Development to Improve Students' Critical Thinking Ability. *BIOEDUKASI*, 20(2), 38. <https://doi.org/10.19184/bioedu.v20i2.34613>
- Radić, S., Stipaničev, D., Vujčić, V., Rajčić, M. M., Širac, S., & Pevalek-Kozlina, B. (2010). The evaluation of surface and wastewater genotoxicity using the *Allium cepa* test. *Science of the Total Environment*, 408(5), 1228-1233. [10.1016/j.scitotenv.2009.11.055](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.11.055)
- Tapilouw, M. C. (2023). Inovasi Pembelajaran Biologi pada sub Materi Pencemaran Air berbasis Sustainable Development Goals (SDGs) menggunakan Model Problem Based Learning di Kelas X SMA N 1 Ampel. Doctoral dissertation, Universitas Kristen Satya Wacana

- Usman, S., La Nafie, N., & Ramang, M. (2013). Distribusi kuantitatif logam berat Pb dalam air, sedimen dan ikan merah (*Lutjanus erythropterus*) di sekitar perairan pelabuhan Parepare. *Marina Chimica Acta*, 14(2).
<https://journal.unhas.ac.id/index.php/mca/article/view/1189/713>
- Widi, Shilvina & Cakti, Gita Arwana. (2023, January 23). *Indeks Kualitas Air RI Naik pada 2022, Tertinggi dalam 8 Tahun*. DataIndonesia.id. <https://dataindonesia.id/energi-sda/detail/indeks-kualitas-air-ri-naik-pada-2022-tertinggi-dalam-8-tahun>
- Wiggins, A., & Crowston, K. (2011). From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2011.207>
- Williams, C. R., Burnell, S. M., Rogers, M., Flies, E. J., & Baldock, K. L. (2021). Nature-based citizen science as a mechanism to improve human health in urban areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 68. 10.3390/ijerph19010068