

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN

A. Kajian Pustaka

1. E- Ensiklopedia sebagai Media Pembelajaran Biologi

E-Ensiklopedia adalah salah satu jenis media pembelajaran berbasis elektronik yang menyajikan informasi yang disusun secara alfabetis, dilengkapi dengan gambar menarik sesuai dengan topik yang dibahas (Tiara et al., 2025). Lewat penyajian informasi yang dinamis ini, keterlibatan kognitif siswa dapat diperkuat, sehingga pengalaman belajar menjadi lebih bermakna (Abdurrahman & Lestari, 2025). Kemudahan akses melalui berbagai perangkat mulai dari komputer hingga ponsel pintar menjadikan e-ensiklopedia lebih unggul dalam hal kepraktisan dan kecepatan pencarian informasi dibandingkan versi cetaknya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Purnamasari (2024) hasil uji keterbacaan e-ensiklopedia yang dikembangkan memperoleh nilai rata-rata sebesar 92% dengan kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-ensiklopedia memiliki tingkat keterbacaan yang tinggi sehingga mudah dipahami oleh pengguna dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran.

Konteks pendidikan modern, peran e-ensiklopedia sangat krusial dalam mengasah literasi digital. Literasi digital membekali siswa dengan keterampilan yang diperlukan untuk mengevaluasi keandalan sumber daya online, memilah informasi yang relevan, dan menggunakan teknik pencarian yang efektif (Jannah, 2024). Keunggulan inilah yang membuatnya sangat relevan untuk diterapkan baik di sekolah maupun

pendidikan luar sekolah guna menjawab tantangan era teknologi. Menurut (Safitri, 2019) pada dasarnya ensiklopedia memiliki 3 tujuan utama yaitu sebagai sumber jawaban atas pertanyaan yang memerlukan fakta, data, dan kenyataan yang dapat dipercaya (*source of answer to fact question*). Selain itu, ensiklopedia berperan sebagai sumber informasi latar belakang yang memuat pengetahuan dasar terkait suatu topik dan berguna untuk penelusuran lebih lanjut (*source of background information*). Ensiklopedia juga menyediakan layanan pengarahan (*direction service*) dengan menyajikan daftar bacaan, bibliografi, atau referensi yang direkomendasikan bagi pembaca untuk memperdalam pemahaman terhadap topik yang dibahas.

Media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran harus efektif dan memiliki keterpaduan dalam pembelajaran (Yunike Andi, 2022). E-ensiklopedia dipilih sebagai media pengembangan karena memiliki beberapa kelebihan seperti fleksibilitas penggunaan dan juga kekomplitan media (Retawidyaningrum, 2022).

2. Bioindikator Kualitas Perairan dalam Ekosistem Sungai

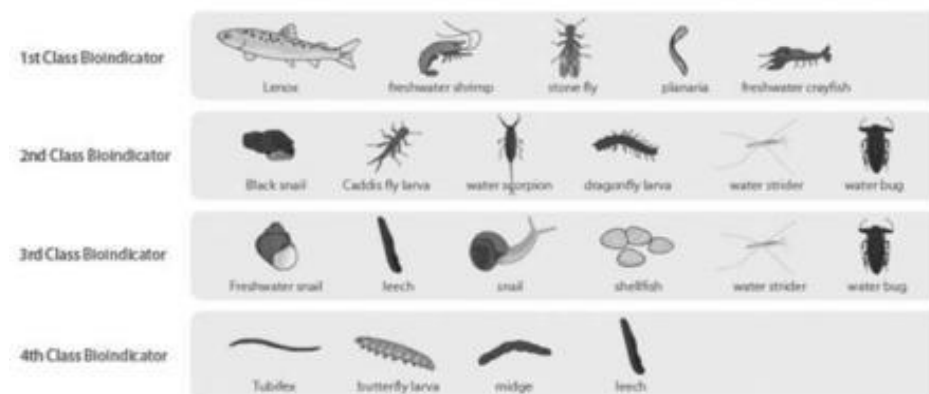
Ekosistem sungai merupakan lingkungan perairan tawar yang sangat dinamis, di mana aliran air dari hulu ke hilir terus menyebabkan fluktuasi pada kondisi fisik, kimia, hingga biologisnya. Lebih dari sekadar aliran air, sungai berperan vital dalam ekosistem yang berfungsi sebagai sumber kehidupan bagi berbagai makhluk (Ramadhani et al., 2025). Dalam memantau kesehatan lingkungan ini, peran bioindikator yakni makhluk hidup yang respon biologisnya mencerminkan kondisi habitatnya menjadi

sangat krusial. Sungai yang memiliki kualitas air baik, akan memiliki keanekaragaman jenis Makrozoobenthos yang tinggi, dan sungai dengan kualitas air tercemar akan memiliki keanekaragaman jenis Makrozoobenthos yang rendah (Khusni et al., 2024). Inilah alasan mengapa munculnya atau hilangnya spesies tertentu sering dijadikan parameter utama dalam mengevaluasi kondisi perairan. Salah satu kelompok yang paling diandalkan adalah makroinvertebrata benthik, khususnya larva insekta akuatik seperti kelompok Ephemeroptera, Plecoptera, dan Trichoptera atau yang sering disebut EPT. Setiap kelompok larva ini memiliki ambang batas sensitivitas yang berbeda terhadap polusi. Sebagai contoh, keberadaan larva Plecoptera biasanya menjadi sinyal bahwa air masih sangat murni dan kaya oksigen. Sebaliknya, jika suatu perairan didominasi oleh Chironomidae, hal itu sering kali mengindikasikan adanya pencemaran bahan organik yang cukup tinggi. Pola distribusi yang spesifik inilah yang menempatkan larva insekta akuatik sebagai instrumen biologis yang sangat efektif untuk mendeteksi tekanan ekologis di sungai.

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu organisme sebagai bioindikator perairan

No	Judul	Metode	Hasil
1	Biomonitoring Kualitas Air Sung Madiun Dengan Bioindikator Makroinvertebrat Widiyanto & Sulistyarsi, 2014)	<i>Purposive sampling</i> pada 4 stasiun selama 2 bulan	Ditemukan 12 spesies makroinvertebrata, di antaranya Caenidae, Ephemerellidae, Gomphidae, Simuliidae, Thiaridae, dan Cordulegastridae.
2	Penyusunan Buku Pengayaan Berbasis	<i>Purposive sampling</i> pada 3	Ditemukan 571 individu dari 8 famili. Sungai Catur

No	Judul	Metode	Hasil
	Identifikasi Makroinvertebrata sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Catur Madiun (Kurniawati et al., 2020)	stasiun selama 2 pekan.	tergolong tercemar, kecuali bagian hulu.
3	Fitoplankton sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Waduk Bening Kabupaten Madiun (Prisanthia et al., 2019)	<i>Random sampling</i> pada 4 stasiun menggunakan <i>plankton net</i> .	Ditemukan 29 genus dari 5 divisi fitoplankton. Kualitas air waduk tergolong sedang hingga rendah.
4	Biomonitoring Kualitas Air Sungai Gandong dengan Bioindikator Makroinvertebrata (Dwitawati et al., 2015).	<i>Purposive sampling</i> pada 3 stasiun selama 2 minggu.	Ditemukan 13 famili makroinvertebrata. Kualitas air stasiun I agak buruk, sedangkan stasiun II dan III tergolong buruk



Gambar 2. 1 Klasifikasi Kelas air dan bioindikatornya
Sumber : Newman, 2016

Gambar 2.1 menunjukkan kelas air dan bioindikatornya yang menjadi standar dalam mengevaluasi kualitas perairan. Menurut pernyataan (Husamah, 2019) Kualitas perairan dibedakan menjadi lima kelas berdasarkan kondisi air dan organisme bioindikatornya. Air kelas satu

merupakan perairan bersih yang dapat dimanfaatkan sebagai air minum setelah pemurnian sederhana, ditandai oleh keberadaan ikan lenox, udang, stone fly, dan planaria. Air kelas dua masih dapat digunakan untuk keperluan tertentu seperti mandi dan berenang setelah pengolahan, dengan bioindikator seperti keong hitam, larva caddisfly, dan larva capung. Air kelas tiga bersifat keruh dan berlumpur dengan bioindikator berupa keong, lintah, dan *freshwater snail*. Air kelas empat menunjukkan pencemaran tinggi dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan, ditandai oleh organisme toleran seperti *Tubifex* dan midge, sedangkan air kelas lima merupakan perairan sangat tercemar yang tidak mendukung kehidupan organisme akuatik.

Secara ekologis, sungai memiliki berbagai subhabitat yang memengaruhi distribusi organisme bioindikator. Menurut Octasari, (2020) secara ekologis organisme di perairan sungai dapat dibedakan menjadi dua zone atau subhabitat, yaitu :

- a. Subhabitat riam : adalah dari bagian sungai yang arusnya cukup kuat dan airnya dangkal. Pada daerah ini hidup organisme yang disebut dengan bentik atau perifiton yang dapat melekat dan berpegang erat pada substrat padat.
- b. Subhabitat arus lambat : adalah sungai yang arusnya lebih lemah dan mempunyai kedalaman yang cukup dalam dibandingkan dengan subhabitat riam dan pada daerah ini organisme yang hidup seperti nekton dan bentos.

3. Keragaman Larva Insekta Akuatik

Larva insekta akuatik / serangga air adalah kelompok organisme serangga yang sebagian atau seluruh hidupnya berada di perairan. Serangga air memiliki sifat bentik, perifitik, atau berenang bebas (Salam, 2021). Dalam ekosistem perairan, kelompok ini berperan penting sebagai komponen rantai makanan, penyusun komunitas biotik, serta bioindikator kualitas perairan karena kepekaannya terhadap perubahan kondisi lingkungan (Harahap, 2022). Larva insekta akuatik banyak ditemukan di perairan tawar seperti sungai, danau, kolam, dan rawa, dengan variasi adaptasi fisiologis dan morfologis yang memungkinkan mereka bertahan pada kondisi lingkungan yang beragam. Adaptasi tersebut meliputi variasi sistem pernapasan, seperti insang trakea, spirakel, atau difusi melalui integumen, serta bentuk tubuh dan struktur khusus seperti kaki berselaput, rambut renang, dan cakar untuk menempel pada substrat.

Morfologi larva insekta akuatik menampilkan keragaman bentuk tubuh sesuai dengan habitat dan fungsi ekologisnya. Bentuk tubuh dapat menyerupai cacing (vermiform) atau memanjang seperti kapsul (elongated form). Mereka dilengkapi dengan struktur pernafasan khusus, antara lain insang trakea, spirakel dorsal, atau sistem difusi langsung melalui integumen tubuh. Selain itu, adaptasi morfologis seperti kaki berselaput, rambut panjang sebagai alat renang, hingga cakar atau pengait untuk menempel pada substrat sering ditemukan pada berbagai jenis larva. Adaptasi ini memungkinkan larva bertahan dari arus kuat, predator, maupun fluktuasi kondisi lingkungan.

Beberapa ordo insekta yang larvanya umum dijumpai di perairan antara lain Odonata (capung dan capung jarum), Ephemeroptera (lalat mayang), Trichoptera (serangga berselubung atau caddisfly), Diptera (lalat dan nyamuk), Coleoptera (kumbang air), serta Plecoptera (lalat batu) (S.M.Mandape, 2022). Setiap kelompok memiliki karakteristik ekologis dan morfologis yang berbeda sehingga sering dimanfaatkan dalam kajian biologi perairan, terutama sebagai bioindikator untuk menilai kualitas suatu habitat akuatik. Keberadaan dan kelimpahan larva dari masing-masing ordo dapat memberikan informasi penting mengenai tingkat pencemaran, oksigen terlarut, substrat dasar, dan parameter lingkungan lainnya.

Tabel 2.2 Ordo Larva Insekta

Ordo	Metamorfosis	Karakteristik Utama	Peran sebagai Bioindikator	Referensi
Ephemeroptera (Lalat mayang)	Hemimetabol	Nimfa akuatik, umumnya herbivora (detritus/alga)	Indikator perairan jernih, beroksigen tinggi, rendah pencemaran	(Midwest, 2004), (Sartori & Brittain, 2015)
Trichoptera (Lalat kumba)	Holometabola	Larva beragam perilaku makan (herbi–detriti–predator)	Peka terhadap perubahan habitat, indikator kualitas air	(Holzenth al et al., 2015)
Diptera	Holometabola	Sayap belakang menjadi halteres, adaptasi habitat luas	Beberapa famili toleran pencemaran, indikator kondisi tertentu	(Gregory et al., 2017)

Coleoptera (Kumbang air)	Holometabola	Elytra keras, membawa cadangan udara	Indikator kondisi habitat perairan beragam	(Bouchard et al., 2017)
Plecoptera (Lalat batu)	Hemimetabola	Perairan mengalir	Larva sensitif, butuh air dingin & <u>kaya oksigen</u>	(Dewalt & Sandberg, 2015)

Ephemeroptera, atau yang casering disebut lalat mayang, merupakan kelompok serangga hemimetabola dengan metamorfosis tidak sempurna. Menurut Amateur Entomologists' Society, keberadaan kelompok ini di suatu perairan sering dikaitkan dengan kondisi lingkungan yang jernih, beroksigen tinggi, dan relatif bebas pencemaran, sehingga menjadikan mereka indikator yang efektif dalam penilaian kualitas air. Trichoptera, dikenal luas sebagai lalat kumba atau caddisfly, merupakan serangga holometabola yang menjalani fase larva hingga pupa dalam lingkungan akuatik, sementara fase dewasa hidup di kawasan terrestrial (Putu et al., 2017). Diptera, yang mencakup kelompok lalat dan nyamuk, merupakan ordo dengan keragaman spesies yang tinggi.

Menurut Animal Corner, Coleoptera dicirikan oleh elytra, yaitu sepasang sayap depan yang mengeras dan melindungi sayap belakang yang lebih sensitif. Plecoptera atau lalat batu merupakan ordo serangga air yang dikenal memiliki toleransi sangat rendah terhadap kondisi lingkungan yang tercemar. Larva Plecoptera umumnya ditemukan pada perairan jernih, dingin, dan kaya oksigen, seperti sungai yang mengalir deras (Y. F. Saleh & Suwadji, 2025). Berdasarkan penjelasan Amateur Entomologists' Society,

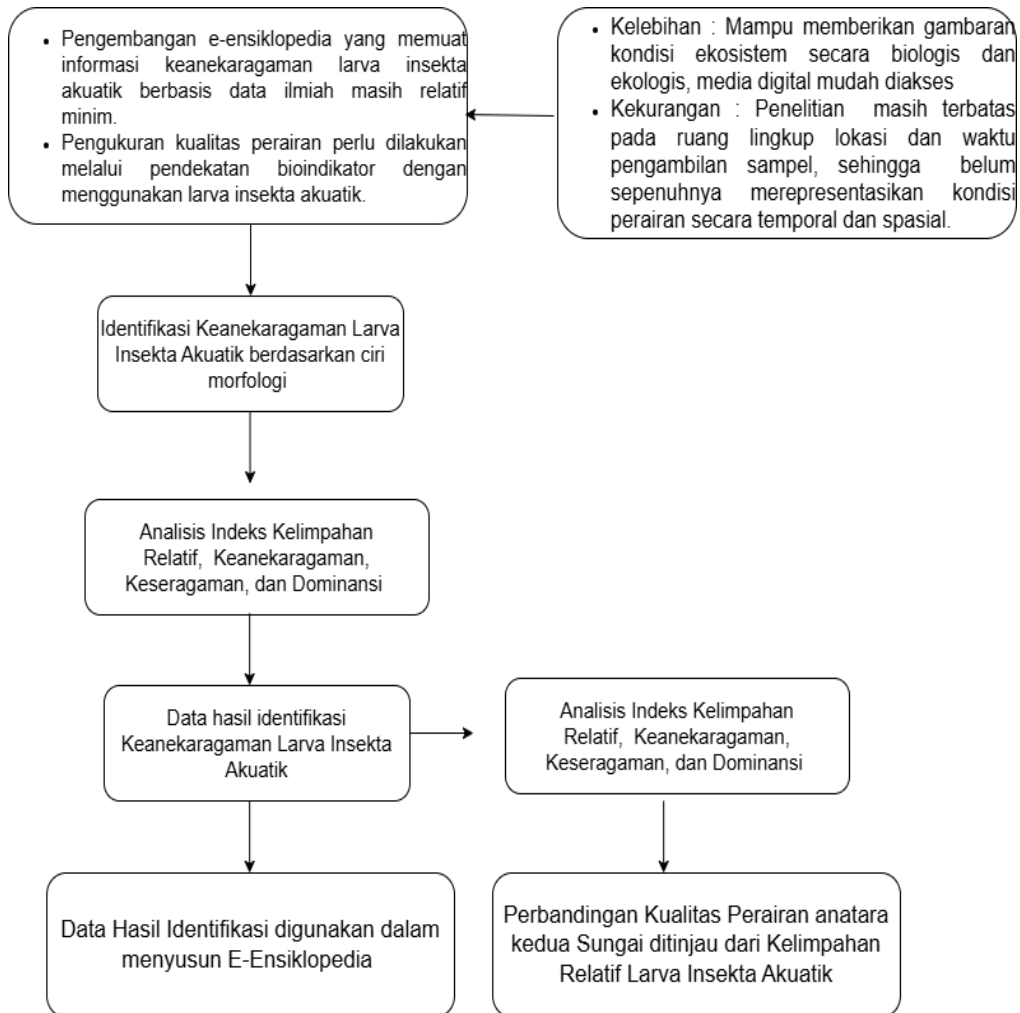
sensitivitas mereka terhadap perubahan kualitas air ini indikator penting dalam mempelajari kesehatan ekosistem perairan.

B. Kerangka Berpikir

Dasar utama penelitian ini adalah masih minimnya dokumentasi biologis yang secara spesifik memotret kondisi ekosistem sungai, terutama melalui keragaman larva serangga air sebagai bioindikator. Padahal, fluktuasi kualitas air yang dipicu oleh proses alam maupun intervensi manusia (antropogenik) terekam jelas pada susunan komunitas organisme di dalamnya. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah pendekatan berbasis indikator biologis yang mampu menyajikan potret kesehatan perairan secara menyeluruh dan berkesinambungan. Dalam kerangka pemikiran ini, langkah awal dimulai dengan mengidentifikasi variasi morfologi larva insekta akuatik di setiap titik pengamatan. Dari proses inilah, data primer mengenai komposisi spesies dan kepadatan populasi di Sungai Brumbun serta Sungai Grape berhasil dihimpun.

Seluruh data hasil identifikasi tersebut kemudian dianalisis menggunakan serangkaian parameter ekologis, yang meliputi indeks kelimpahan relatif, keanekaragaman, keseragaman, hingga dominansi. Tujuan dari analisis mendalam ini adalah untuk memetakan struktur komunitas sekaligus mengukur stabilitas ekosistem di kedua aliran sungai tersebut. Angka-angka indeks yang muncul menjadi fondasi kuat dalam mengevaluasi dan membandingkan kualitas air secara biologis antara Sungai Brumbun dan Sungai Grape. Menariknya, temuan penelitian ini tidak hanya berhenti di ranah akademis. Hasil pemantauan berbasis

bioindikator tersebut kemudian dikonversi menjadi materi utama dalam penyusunan sebuah e-ensiklopedia.



Gambar 2. 2 Alur Kerangka Berpikir