

Analisis Literatur Tentang Pengaruh Limbah Domestik Terhadap Indeks Keanekaragaman Ikan di Perairan Tawar Tropis Asia Tenggara

Esta Rendra RS*, Cahya Darmawan

Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Siliwangi

*Koresponden email: estarendrars@unsil.ac.id

Diterima: 25 Februari 2026

Disetujui: 03 Maret 2026

Abstract

The escalating pressure of domestic wastewater on tropical freshwater ecosystems in Southeast Asia has emerged as a critical concern in contemporary aquatic ecology. This study aims to systematically analyze and synthesize scientific literature regarding the influence of domestic wastewater on fish diversity indices through a Systematic Literature Review (SLR) approach guided by the PRISMA protocol. From 309 initially identified articles, 10 studies met the established inclusion criteria and were comprehensively examined. Synthesis findings reveal that key pollutant parameters including detergents, excess nutrient loading, BOD, COD, and heavy metals synergistically trigger eutrophication, dissolved oxygen depletion, and damage to vital fish organs. Small-scale tropical lakes with limited assimilation capacity demonstrated the highest vulnerability to pollutant accumulation. Moderating factors such as land-use intensity, seasonal variability, and inadequate wastewater treatment infrastructure were found to accelerate aquatic biodiversity degradation. This study recommends watershed-based domestic wastewater management and continuous ecological monitoring as primary mitigation strategies for sustaining tropical lake ecosystems.

Keywords: *domestic wastewater, fish diversity, tropical lake*

Abstrak

Peningkatan tekanan limbah domestik terhadap ekosistem perairan tawar tropis di Asia Tenggara telah menjadi perhatian serius dalam kajian ekologi akuatik kontemporer. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan mensintesis literatur ilmiah terkait pengaruh limbah domestik terhadap indeks keanekaragaman ikan melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) berbasis protokol PRISMA. Dari 309 artikel yang teridentifikasi, sebanyak 10 literatur memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis secara komprehensif. Hasil sintesis mengungkapkan bahwa parameter polutan utama meliputi detergen, beban nutrisi berlebih, BOD, COD, dan logam berat yang secara sinergis memicu eutrofikasi, penurunan oksigen terlarut, serta kerusakan organ vital ikan. Danau-danau tropis berskala kecil dengan kapasitas asimilasi terbatas menunjukkan tingkat kerentanan tertinggi terhadap akumulasi polutan. Faktor moderator berupa intensitas penggunaan lahan, variabilitas musiman, dan ketiadaan infrastruktur pengolahan limbah yang memadai terbukti memperparah laju degradasi keanekaragaman hayati akuatik. Penelitian ini merekomendasikan pengelolaan limbah domestik berbasis *watershed* dan pemantauan ekologis berkelanjutan sebagai strategi mitigasi utama.

Kata Kunci: *danau tropis, keanekaragaman ikan, limbah domestik*

1. Pendahuluan

Danau-danau tropis di Asia Tenggara merupakan ekosistem akuatik yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis tinggi, menyediakan berbagai jasa ekosistem termasuk sumber protein hewani, air bersih, dan habitat bagi keanekaragaman makhluk hayati akuatik [1]. Namun, pertumbuhan populasi penduduk yang semakin pesat di kawasan ini telah mengakibatkan peningkatan produksi limbah domestik secara signifikan yang kemudian mencemari badan air tawar. Limbah domestik mengandung berbagai polutan seperti nutrisi berlebih, bahan anorganik, logam berat, dan mikroplastik yang dapat mengubah parameter fisiko-kimia air dan berdampak negatif terhadap biota akuatik, khususnya komunitas ikan [2]. Ikan merupakan bioindikator yang sensitif terhadap perubahan kualitas lingkungan perairan, sehingga penurunan indeks keanekaragaman ikan dapat menjadi penanda degradasi ekosistem danau. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pencemaran limbah domestik menyebabkan eutrofikasi yang memicu *algal bloom*, penurunan oksigen terlarut, dan perubahan struktur habitat yang mengancam kelangsungan hidup spesies ikan asli [3]. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dan Simpson telah digunakan secara luas untuk mengukur

stabilitas dan Kesehatan ekosistem akuatik, Dimana nilai indeks yang rendah mengindikasikan tekanan antropogenik yang tinggi [4]. Di Asia Tenggara, beberapa studi yang telah dilakukan melaporkan terjadi penurunan drastis keanekaragaman ikan di danau-danau yang menerima input limbah domestik secara intensif. Danau yang dimaksud diantaranya adalah Danau Toba di Indonesia, Danau Laguna de Bay di Filipina dan Danau Tonle Sap di Kamboja [5] Meskipun demikian, sintesis komprehensif yang mengintegrasikan temuan penelitian dari berbagai danau tropis di Kawasan ini masih terbatas.

Kajian literatur sistematis diperlukan untuk mengidentifikasi pola umum, mekanisme dampak, dan variasi respon komunitas ikan terhadap pencemaran limbah domestik dalam konteks perairan tawar tropis Asia Tenggara. *Gap research* yang teridentifikasi adalah minimnya analisis komprehensif lintas negara yang mengevaluasi hubungan kuantitatif antara parameter kualitas air dari limbah domestik dengan metrik keanekaragaman ikan menggunakan pendekatan meta analisis. Selain itu, terdapat inkonsistensi dalam metodologi pengukuran dan pelaporan indeks keanekaragaman yang menyulitkan perbandingan antar studi [6]. Novelty penelitian ini terletak pada upaya mengkompilasi dan mensintesis literatur terkini yaitu periode 2010-2025 untuk menghasilkan pemahaman holistik mengenai magnitude dan arah pengaruh limbah domestik terhadap keanekaragaman ikan, serta mengidentifikasi faktor-faktor moderator seperti tipologi danau, intensitas antropogenik, dan karakteristik hidrologi yang mempengaruhi tingkat keanekaragaman ekosistem. Analisis ini juga mengeksplorasi implikasi ekologis jangka panjang dari penurunan keanekaragaman ikan, termasuk gangguan pada rantai makanan, penurunan fungsi ekosistem, dan hilangnya spesies endemik yang memiliki nilai konservasi tinggi [7]. Dengan Mempertimbangkan kompleksitas interaksi antar aktivitas manusia dan system ekologi akuatik, penelitian ini bertujuan memberikan landasan ilmiah bagi pengambil Keputusan dalam pengelolaan danau berkelanjutan dan mitigasi dampak pencemaran limbah domestik.

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimanakah tren perubahan indeks keanekaragaman ikan di perairan tawar tropis Asia Tenggara yang terpapar limbah domestik berdasarkan periode literatur 2010-2015, parameter kualitas dari limbah apa domestik apa saja yang memiliki korelasi paling kuat dengan penurunan indeks keanekaragaman ikan dan faktor-faktor ekologis dan antropogenik apa yang memoderasi tingkat dampak limbah domestik terhadap komunitas ikan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan mensintesis literatur ilmiah terkait pengaruh limbah domestik terhadap indeks keanekaragaman ikan di perairan tawar tropis Asia Tenggara pada periode 2010-2025, mengidentifikasi parameter polutan limbah domestik yang berpengaruh terhadap degradasi keanekaragaman ikan dan merumuskan rekomendasi pengelolaan danau berbasis bukti ilmiah untuk mitigasi dampak pencemaran limbah domestik. Sedangkan manfaat teoritis penelitian ini adalah memperkaya Khazanah ilmu pengetahuan ekologi akuatik dan limnologi terkait respon biotik terhadap stressor antropogenik di ekosistem tropis. Secara praktis, hasil analisis diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemangku kepentingan dalam merancang kebijakan pengelolaan limbah domestik dan konservasi keanekaragaman hayati danau yang lebih efektif dan adaptif terhadap konteks regional Asia Tenggara.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan *Systematic Literature Review (SLR)* dengan mengacu pada protocol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses*) sebagai kerangka kerja utama proses identifikasi, seleksi, dan sintesis literatur ilmiah secara sistematis dan terstruktur. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengintegrasikan temuan dari berbagai studi secara objektif dan dapat direproduksi, sehingga menghasilkan Kesimpulan berbasis bukti yang komprehensif dibandingkan kajian naratif konvensional [8].

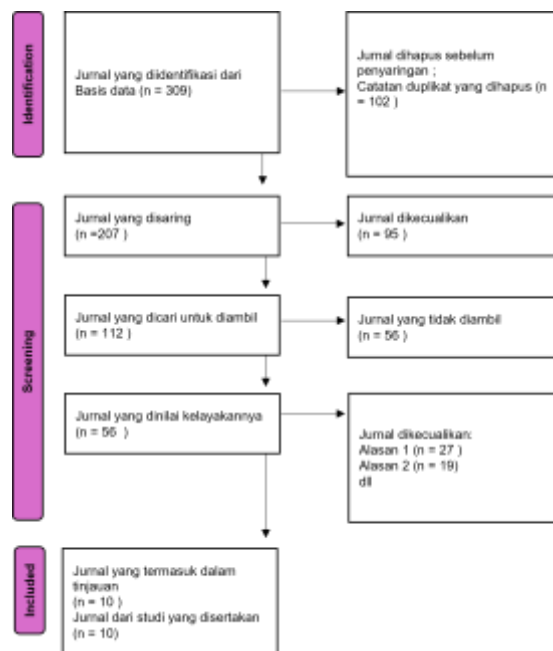
Pencarian literatur dilaksanakan secara menyeluruh melalui beberapa basis data elektronik bereputasi internasional, meliputi *Google Scholar*, *Scopus*, *Web of Science*, dan *PubMed*. Kombinasi kata kunci yang digunakan mencakup istilah “*domestic wastewater*”, “*fish diversity indeks*”, “*tropical lake*”, “*southeast Asia*”, “*Shannon-Wiennner index*”, “*water quality*”, dan “*aquatic biodiversity*” yang dihubungkan menggunakan operator Boolean AND/OR guna memaksimalkan relevansi dan cakupan hasil pencarian. Seluruh proses pencarian dibatasi pada publikasi dalam rentang tahun 2010 sampai 2025 untuk memastikan aktualitas dan relevansi data yang disintesis [9].

Penerapan kriteria inklusi dan eksklusi dilakukan secara ketat untuk menjamin kualitas dan konsistensi literatur yang dianalisis. Kriteria inklusi yang diterapkan meliputi artikel yang diterbitkan rentang tahun 2010 hingga 2025 dalam jurnal ilmiah *peer-reviewed* Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Jurnal yang dipilih secara spesifik membahas dampak limbah domestik terhadap komunitas atau keanekaragaman ikan. Adapun Lokasi penelitian dari artikel yang dipilih adalah ekosistem perairan tropis Kawasan Asia Tenggara, yang meliputi artikel penelitian tentang Sungai dan danau, serta menyajikan data

kuantitatif indeks keanekaragaman seperti indeks Shannon-Wiener atau Simpson. Sebaliknya, kriteria eksklusif mencakup artikel berupa editorial, opini, atau laporan teknis non-ilmiah, penelitian yang dilakukan di ekosistem laut, estuary maupun sungai serta studi yang tidak mencantumkan parameter kualitas air secara eksplisit, serta artikel duplikat atau yang tidak tersedia dalam versi lengkap. Sebagai pengecualian terhadap kriteria geografis, satu artikel di luar Asia Tenggara diikutsertakan secara purposive untuk memberikan perspektif komparatif global guna memperkuat argument tematik, mengingat keterbatasan literatur dengan data keanekaragaman ikan yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dari Kawasan Asia Tenggara.

Artikel tersebut berjudul “*Effect of River Dumping on Fish Biodiversity and Water Quality: a Critical Review*”. Artikel ini secara empiris menganalisis dampak limbah domestik terhadap kualitas air dan struktur komunitas ikan di perairan tropis afrika. Artikel ini dipilih karena menyajikan data kuantitatif yang relevan dengan fokus penelitian. Dalam artikel tersebut, intensitas pembuangan limbah domestik tinggi menyebabkan penurunan nilai *Dissolved Oxygen (DO)* hingga di bawah nilai ambang untuk kehidupan (<5mg/L), serta peningkatan angka *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* yang melampaui baku mutu perairan. Secara metode, artikel ini memenuhi kriteria inklusi karena menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis pengukuran parameter fisika-kimia dan indeks keanekaragaman ikan, artikel ini memberikan bukti empiris yang kuat mengenai hubungan antara beban limbah domestik dan perubahan struktur komunitas ikan.

Proses seleksi literatur dilakukan secara bertahap sebagaimana divisualisasikan pada diagram alir PRISMA (**Gambar 1**). Tahap identifikasi menghasilkan 309 artikel dari berbagai basis data, Dimana sebanyak 102 catatan duplikat kemudian dieliminasi. Pada tahap penyaringan, 207 artikel ditelaah berdasarkan judul dan abstrak, dan 95 artikel dikecualikan karena tidak memenuhi relevansi topik. Dari 112 artikel yang ditelusuri teks lengkapnya, sebanyak 56 artikel tidak memenuhi syarat untuk dilanjutkan. Selanjutnya, pada tahap penilaian kelayakan, 56 artikel dievaluasi secara mendalam. Dari 56 artikel tersebut, 46 artikel dikeluarkan berdasarkan dua alasan utama, yakni ketidaksesuaian Lokasi studi (n=27) dan tidak adanya data kuantitatif keanekaragaman (n=19). Pada akhirnya, sebanyak 10 artikel inti yang memenuhi seluruh kriteria diikutsertakan dalam tinjauan sistematis ini.



Gambar 1. Diagram alir PRISMA
Sumber: Olah data Penelitian

Data dari seluruh artikel terpilih diekstraksi secara terstruktur mencakup identitas penulis, tahun publikasi, Lokasi danau, parameter kualitas air yang diukur, metode pengambilan sampel ikan, jenis indeks keanekaragaman yang digunakan, serta temuan utama masing-masing studi. Sintesis data dilakukan secara naratif-komprehensif untuk mengidentifikasi pola hubungan antara parameter polutan limbah domestik dengan Tingkat degradasi keanekaragaman ikan lintas Lokasi dan Negara di Kawasan Asia Tenggara.

3. Hasil dan Pembahasan

Kajian literatur sistematis ini menghimpun seluruh artikel ilmiah yang dipublikasikan antara tahun 2010 sampai 2025, mencakup studi empiris, *literatur review*, dan kajian berdasarkan data lapangan yang berkaitan dengan dampak limbah domestik terhadap kualitas perairan dan keanekaragaman biota akuatik. Seluruh artikel telah melewati proses seleksi ketat berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Sintesis Literatur Pengaruh Limbah Domestik terhadap Kualitas Perairan dan Keanekaragaman Ikan

No	Nama dan Tahun	Judul	Metode	Subjek/Lokasi	Hasil Penemuan	Relevansi dengan Judul
1	(Widjaja & Gunawan, 2022)	Dampak Sampah Limbah Rumah Tangga terhadap Kesehatan Lingkungan	Kajian deskriptif-kualitatif berbasis studi pustaka	Sektor rumah tangga di Indonesia secara umum	Limbah organik dan anorganik dari aktivitas domestik terbukti mendegradasi kualitas lingkungan perairan; sampah anorganik memerlukan ratusan tahun untuk terurai secara alami	Memberikan landasan konseptual mengenai karakteristik dan tipologi limbah domestik sebagai stressor utama ekosistem perairan termasuk danau. Artikel ini tidak mengukur indeks keanekaragaman ikan secara langsung, namun digunakan sebagai proksi kondisi habitat parameter kualitas air yang dilaporkan (BOD, COD, DO, nutrien) merupakan determinan utama yang secara tidak langsung mencerminkan tekanan terhadap komunitas ikan
2	(Laurenza et al., 2023)	Analisis Kualitas Air di Danau Situ Gede sebagai Media Pembelajaran Berbasis E-Handout	Pengukuran <i>in situ</i> (suhu, kecerahan, pH, DO) dan analisis fitoplankton di 4 stasiun; analisis indeks pencemaran	Danau Situ Gede, Bogor, Jawa Barat	Stasiun II mengalami pencemaran sedang berstatus <i>eutrofik</i> ; parameter fisika-kimia menunjukkan tekanan nutrien akibat masukan limbah organik dari sekitar kawasan	Secara langsung mengkaji kualitas air danau yang terpengaruh limbah domestik; data indeks pencemaran relevan sebagai proksi degradasi habitat ikan, Artikel ini tidak mengukur indeks keanekaragaman ikan secara langsung, namun digunakan sebagai proksi kondisi habitat parameter kualitas air yang dilaporkan (BOD, COD, DO, nutrien) merupakan determinan utama yang secara tidak langsung

No	Nama dan Tahun	Judul	Metode	Subjek/Lokasi	Hasil Penemuan	Relevansi dengan Judul
3	(Anwar, 2025)	Pengaruh Pencemaran Air Sungai terhadap Kesehatan Lingkungan dan Masyarakat: <i>Literature Review</i>	<i>Literature review</i> dengan pendekatan PRISMA; 12 artikel dari Google Scholar, PubMed, ScienceDirect (2020–2025)	Ekosistem sungai di berbagai lokasi	Limbah domestik, industri, dan pertanian memicu penurunan kualitas air, eutrofikasi, kematian biota air, serta peningkatan penyakit berbasis air pada komunitas sekitar	mencerminkan tekanan terhadap komunitas ikan. Memperkuat argumen bahwa limbah domestik merupakan determinan utama degradasi biota akuatik, termasuk komunitas ikan di badan air tawar, Artikel ini tidak mengukur indeks keanekaragaman ikan secara langsung, namun digunakan sebagai proksi kondisi habitat parameter kualitas air yang dilaporkan (BOD, COD, DO, nutrisi) merupakan determinan utama yang secara tidak langsung mencerminkan tekanan terhadap komunitas ikan.
4	(Putri et al., 2025)	Pemetaan Sebaran Kualitas Air akibat Pencemaran Limbah Organik pada Segmen Hilir Sub DAS Konto Hulu	Indeks Pencemaran (IP) sesuai Kepmen LH No. 115/2003; pemetaan spasial metode IDW di 6 titik sampling	Sub DAS Konto Hulu, Kabupaten Malang	Musim hujan memperburuk status pencemaran: 84,14% wilayah tergolong tercemar sedang; kualitas air memburuk seiring mendekati badan air tampungan (Waduk Selorejo)	Mengkonfirmasi dinamika spasial dan temporal pencemaran organik yang secara tidak langsung memengaruhi habitat danau sebagai muara akumulasi polutan, Artikel ini tidak mengukur indeks keanekaragaman ikan secara langsung, namun digunakan sebagai proksi kondisi habitat parameter kualitas air yang dilaporkan (BOD, COD, DO, nutrisi) merupakan determinan utama yang secara tidak langsung mencerminkan tekanan terhadap komunitas ikan.
5	(Hermawan et al., 2023)	Dampak Pengunjung dan Limbah Domestik terhadap Kualitas Air serta Ekosistem Ikan di Perairan	Observasi kualitatif dan pengukuran parameter kimia (konsentrasi detergen, pH, suhu); analisis	Perairan Sumber Air Cirahab, Jawa Barat	Konsentrasi detergen yang tinggi menyebabkan gangguan respirasi pada insang ikan, kerusakan organ, dan kematian massal; kadar O ₂	Paling relevan: secara eksplisit menunjukkan hubungan kausal antara polutan limbah domestik (detergen) dan gangguan fisiologis hingga kematian

No	Nama dan Tahun	Judul	Metode	Subjek/Lokasi	Hasil Penemuan	Relevansi dengan Judul
		Sumber Air Cirahab	kondisi ikan di lapangan		menurun drastis akibat pencemaran	populasi ikan, artikel ini mengamati ikan langsung (kematian massal, kerusakan insang)
6	(Ridwan et al., 2025)	<i>Sustainable Strategies to Reduce Water Pollution from Domestic Wastewater Discharge</i>	Analisis BOD, COD, pH, suhu di 6 titik; model regresi <i>time series</i> proyeksi 5 tahun ke depan	Sungai Pampang, Makassar, Sulawesi Selatan	BOD (4,43–6,44 mg/L) dan COD (34,16–43,48 mg/L) masih dalam batas baku mutu namun menunjukkan tren meningkat; tanpa intervensi, baku mutu akan terlampaui dalam 3–4 tahun	Menyediakan data kuantitatif tren polutan limbah domestik yang berpotensi mengancam ekosistem perairan tawar dan keanekaragaman ikan di masa mendatang, Artikel ini tidak mengukur indeks keanekaragaman ikan secara langsung, namun digunakan sebagai proksi kondisi habitat parameter kualitas air yang dilaporkan (BOD, COD, DO, nutrien) merupakan determinan utama yang secara tidak langsung mencerminkan tekanan terhadap komunitas ikan.
7	(Fazali et al., 2025)	Pengelolaan Situ sebagai Ruang Terbuka Biru Berkelanjutan di Sekitar Kawasan Kampus IPB	Pendekatan analisis Tirta Budaya Situ (TBS) dan metode <i>Cobweb</i> di 3 situ	Situ Gede, Situ Burung, Situ Babakan, Bogor	Kualitas air dan keanekaragaman hayati menunjukkan nilai yang relatif rendah akibat pencemaran limbah domestik, pendangkalan, dan perubahan fungsi ekologis situ	Relevan: menyoroti degradasi ekosistem danau kecil (<i>situ</i>) akibat tekanan limbah domestik dengan implikasi terhadap keanekaragaman hayati akuatik, artikel ini menyebut keanekaragaman hayati secara langsung.
8	(Kartikasari et al., 2024)	<i>Effect of Wastewater Treatment Efficiency on River Ecosystem Sustainability</i>	<i>Systematic literature review</i> ; analisis 30 artikel <i>peer-reviewed</i> (2016–2024)	Ekosistem sungai secara global	Peningkatan efisiensi pengolahan <i>wastewater</i> memperbaiki kualitas air dan mendukung pemulihan biodiversitas; namun residu kontaminan dan ketidakseimbangan nutrien masih mengubah struktur komunitas ikan	Memberikan perspektif komparatif tentang efektivitas pengelolaan limbah domestik terhadap pemulihan keanekaragaman biota akuatik, Artikel ini tidak mengukur indeks keanekaragaman ikan secara langsung, namun digunakan sebagai proksi kondisi habitat parameter kualitas air yang dilaporkan (BOD,

No	Nama dan Tahun	Judul	Metode	Subjek/Lokasi	Hasil Penemuan	Relevansi dengan Judul
						COD, DO, nutrien) merupakan determinan utama yang secara tidak langsung mencerminkan tekanan terhadap komunitas ikan.
9	(Wojewódka-Przybył et al., 2024)	<i>Exploring Spatial Dynamics of Water Quality in a Tropical Lake Affected by Aquaculture</i>	Pengukuran <i>in situ</i> (DO, suhu, pH) dan analisis laboratorium (logam berat, nitrogen total, amonia) di 9 stasiun	Danau Maninjau, Sumatra Barat	Dominasi kalium mengindikasikan pengaruh antropogenik; kadar merkuri melampaui batas aman; nitrogen total dan amonia tinggi menandai pencemaran sedang dengan risiko bagi biota akuatik	Paling relevan: meneliti secara komprehensif parameter fisiko-kimia danau tropis dengan tekanan antropogenik yang berimplikasi langsung terhadap ekosistem ikan, artikel ini mengukur parameter di danau tropis dengan implikasi langsung ke ikan.
10	(Igbani et al., 2025)	<i>Effects of River Dumping on Fish Biodiversity and Water Quality: A Critical Review</i>	<i>Critical review</i> multisumber terkait aktivitas pembuangan limbah domestik, industri, dan pertanian ke badan air	Ekosistem sungai dan perairan terbuka, Afrika Barat	Pembuangan limbah secara langsung menurunkan kualitas air, mengancam keanekaragaman ikan, mendegradasi kualitas konsumsi ikan, dan memperluas sebaran <i>microplastic</i> di ekosistem pesisir	Digunakan sebagai pembandingan lintas kawasan (global perspective) untuk memperkuat argumen universal bahwa pembuangan limbah domestik secara konsisten menurunkan biodiversitas ikan, meskipun lokasi studi berada di luar kawasan Asia Tenggara. Inklusivitas artikel ini didasari pertimbangan relevansi tematik dan keterbatasan literatur dengan data kuantitatif keanekaragaman ikan di kawasan Asia Tenggara. Artikel ini menjelaskan tentang biodiversitas ikan.

Sumber: Hasil Tinjauan Literatur

Berdasarkan sintesis dari sepuluh literatur tersebut, teridentifikasi benang merah yang sama bahwa masuknya limbah domestik, secara sistematis telah mendegradasi parameter fisiko-kimia badan air. Kondisi ini menyebabkan tekanan pada keberlangsungan komunitas ikan melalui berbagai mekanisme yang beragam, mulai dari eutrofikasi, penurunan kadar oksigen terlarut, akumulasi logam berat, hingga kontaminasi detergen yang merusak organ vital ikan. Penelitian ini memperkuat kerangka konseptual penelitian bahwa limbah domestik merupakan stressor antropogenik yang multidimensional terhadap ekosistem danau tropis[10].

Tren Perubahan Kualitas Air Perairan Tawar Tropis Akibat Tekanan Limbah Domestik

Kajian literatur sistematis ini menghimpun sepuluh artikel ilmiah yang dipublikasikan antara tahun 2010 hingga 2025, mencakup studi empiris, literatur review, dan kajian berbasis data lapangan yang berkaitan dengan dampak limbah domestik terhadap kualitas perairan dan keanekaragaman akuatik. Perlu dicatat bahwa tidak seluruh artikel secara eksplisit mengukur indeks keanekaragaman ikan. Sebagian artikel menyajikan data parameter kualitas air yang berfungsi sebagai proksi kondisi habitat ikan dan indikator tidak langsung tekanan ekologis terhadap komunitas akuatik. Pendekatan ini relevan secara metodologi karena degradasi parameter fisika-kimia seperti DO, BOD, COD dan beban nutrient merupakan mekanisme kausal utama yang mendorong penurunan keanekaragaman ikan di ekosistem perairan tawar tropis [10]. Kondisi serupa dilaporkan terjadi di Danau Maninjau dimana dominasi kation kalium mengindikasikan pengaruh antropogenik yang kuat, sementara konsentrasi amonia dan nitrogen total yang tinggi mencerminkan beban nutrien berlebih yang berpotensi memicu *algal bloom* dan hipoksia [11].

Regresi yang dilakukan pada Sungai Pampang menunjukkan bahwa nilai BOD dan COD berada di bawah ambang baku mutu. Jika tidak dilakukan pengelolaan yang baik, pada 3 hingga 4 tahun kedepan kondisi sungai akan melampaui batas yang diperbolehkan [12]. Proyeksi ini menandakan bahwa danau-danau tropis yang menerima aliran air dari sub-DAS tercemar, beresiko mengalami penurunan kualitas air secara bertahap dan berkelanjutan. Temuan di sub-DAS Kontohulu memperkuat hal tersebut. Persentasi wilayah dengan tingkat pencemaran sedang mengalami peningkatan secara signifikan dari 56,54% pada musim kemarau menjadi 84,14% pada saat musim hujan. Artinya, curah hujan berperan besar dalam meningkatkan aliran polutan organik ke badan danau di bagian hilir [13].

Untuk memperkuat dimensi regional pada kajian ini sesuai dengan cakupan Asia Tenggara yang ditetapkan pada judul penelitian, perlu diintegrasikan perspektif komparatif dari ekosistem perairan di luar Indonesia. Sungai Chao Phraya di Thailand merupakan salah satu contoh paling terdokumentasi di kawasan ini. Pada sungai ini, masuknya limbah domestik dari kawasan metropolitan Bangkok telah menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut secara signifikan. Kondisi ini menyebabkan terjadinya penurunan keanekaragaman ikan asli sungai Chao Phaya. Dalam waktu yang bersamaan, spesies ikan yang toleran terhadap pencemaran air, mendominasi komposisi komunitas di sungai tersebut [14]. Di Filipina, Sungai Pasing yang membelah Manila dikenal sebagai salah satu sungai tercemar di Asia Tenggara akibat beban limbah domestik yang masif, menunjukkan penurunan populasi ikan endemik dan mendominasinya spesies invasif yang toleran terhadap kondisi anoksik [15].

Sementara itu, Sungai Mekong yang melintasi Kamboja dan Vietnam, terganggu oleh masuknya limbah domestik dari perkotaan dan aktivitas pertanian yang secara sinergis memperburuk kualitas air dan mengancam keanekaragaman ikan yang sangat tinggi di kawasan tersebut [6]. Pola yang sama pada berbagai lokasi tersebut menegaskan bahwa tekanan limbah domestik terhadap ekosistem perairan tropis merupakan fenomena regional yang tidak terbatas pada konteks Indonesia semata, mencerminkan tantangan pengelolaan lingkungan yang bersifat lintas batas kawasan Asia Tenggara.

Parameter Polutan Limbah Domestik yang Paling Dominan Mempengaruhi Keanekaragaman Ikan

Sintesis dari berbagai penelitian yang telah dilakukan menunjukkan parameter utama yang menjadi penyebab gangguan komunitas ikan di ekosistem perairan tawar tropis. Pertama, oksigen terlarut (DO) menjadi faktor yang sangat krusial. Limbah domestik yang mengandung detergen terbukti dapat menurunkan kadar O₂ di perairan, merusak insang ikan, dan pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat memicu kematian masal [16]. Kedua, peningkatan beban nutrien seperti nitrogen dan fosfor memicu *eutrofikasi* di danau tropis. Kondisi ini mengurangi zona perairan yang kaya akan Oksigen, sehingga mengancam spesies ikan yang tidak toleran terhadap kadar oksigen rendah atau hipoksia [10]. Ketiga, logam berat khususnya merkuri yang terdeteksi melampaui ambang batas di Danau Maninjau merepresentasikan ancaman sublethal yang berdampak pada gangguan reproduksi, akumulasi dalam rantai makanan (*bioaccumulation*), dan penurunan *fitness* populasi ikan dalam jangka panjang [11].

Keempat, BOD dan COD sebagai indikator beban organik terlarut secara tidak langsung dikaitkan dengan penurunan keanekaragaman. Hal tersebut terjadi karena dapat menguras kapasitas *self-purification* danau dan menciptakan kondisi anoksik di zona tertentu. Kondisi ini menggeser komposisi spesies ke arah yang didominasi oleh taxa dengan toleransi tinggi terhadap pencemaran [12]. Sebagai pembanding lintas kawasan, tinjauan dari ekosistem perairan Afrika Barat oleh [17]. Memperkuat temuan serupa bahwa pembuangan limbah cair secara langsung ke badan air tidak hanya menurunkan indeks keanekaragaman ikan, namun juga menurunkan kuantitas tangkapan ikan dan memperluas kontaminasi mikroplastik. Pola-pola tersebut serupa dengan kondisi yang ditemukan di ekosistem perairan Asia Tenggara. Hal ini

mengindikasikan universalitas dampak limbah domestik terhadap biodiversitas ikan di kawasan tropis secara global.

Faktor Ekologis dan Antropogenik terhadap Tingkat Kerentanan Ekosistem Danau

Respon ekosistem danau terhadap tekanan limbah domestik tidak bersifat seragam, karena dipengaruhi oleh berbagai factor lainnya yang menentukan tingkat kerentanan masing-masing badan air. Dari perspektif ekologis, kapasitas asimilasi danau ditentukan oleh volume, kedalaman, dan laju pergantian air. Ketiga factor ini memengaruhi seberapa cepat system mencapai titik kritis. Danau-danau kecil seperti situ di Bogor memiliki kapasitas penyangga yang jauh lebih terbatas dibandingkan danau besar, sehingga danau ini lebih rentan terhadap akumulasi polutan dan penurunan keanekaragaman hayati [18]

Faktor musim dan hidrologi terbukti berperan signifikan sebagai variable moderator. Hal tersebut terlihat dari fluktuasi status pencemaran di sub-DAS Koto Hulu yang sangat kontras antara musim kemarau dengan musim hujan. Temuan ini menjadi indikasi bahwa danau tropis menghadapi tekanan polutan yang bersifat *pulsed* (berdenyut) dan tidak konsisten sepanjang tahun [13]. Dari sisi antropogenik, intensitas penggunaan lahan di sekitar daerah tangkapan air danau menjadi factor penentu beban limbah yang masuk. Degradasi situ di Kawasan kampus IPB menunjukkan bahwa tanpa aktivitas industri berat pun, tekanan limbah domestik dan perubahan fungsi lahan sudah cukup untuk menurunkan nilai kualitas air dan keanekaragaman hayati secara bermakna [18]. Kajian global menunjukkan bahwa strategi pengelolaan *wastewater* yang terintegrasi merupakan factor kunci dalam memoderasi dampak limbah domestik dan mendukung pemulihan biodiversitas ikan pada ekosistem perairan tawar [19].

4. Kesimpulan

Kajian terhadap sepuluh literatur ilmiah periode 2010 hingga 2025 mengkonfirmasi bahwa limbah domestik merupakan stressor antropogenik yang secara konsisten mendegradasi kualitas fisika-kimia ekosistem danau tropis. Berdasarkan sintesis naratif-komparatif, parameter detergen, beban nutrient (Nitrogen dan Fosfor), BOD, COD, serta logam berat merupakan variabel yang paling dominan memengaruhi penurunan keanekaragaman biota akuatik berdasarkan temuan lintas studi. Danau-danau tropis berskala kecil dengan kapasitas asimilasi terbatas, seperti situ-situ di Pulau Jawa dan danau kaldera di Sumatra, terbukti paling rentan terhadap akumulasi polutan yang bersifat progresif. Faktor lainnya berupa intensitas penggunaan lahan, dinamika musim, dan minimnya infrastruktur pengelolaan limbah terlarut memperparah laju degradasi ekosistem.

Temuan kajian ini menunjukkan bahwa hubungan antara limbah domestik dengan keanekaragaman ikan di perairan tawar tropis bersifat sistemik dan berjenjang, dimulai dari peningkatan bahan organik dan nutrient, perubahan parameter fisika-kimia perairan, hingga pergeseran struktur komunitas ikan. Pola yang sama dari berbagai studi di perairan yang berbeda memperlihatkan bahwa penurunan kualitas air diikuti oleh menurunnya keanekaragaman ikan dan meningkatnya spesies toleran. Hal ini menandakan terjadinya simplifikasi ekosistem. Konsistensi hasil temuan lintas Lokasi ini memperkuat argumentasi bahwa degradasi kualitas air akibat limbah domestik bukan merupakan fenomena lokal, melainkan bersifat umum pada ekosistem perairan tropis dengan tekanan antropogenik tinggi.

5. Daftar Pustaka

- [1] P. Agamuthu and S. Babel, "Waste management developments in the last five decades: Asian perspective," Dec. 01, 2023, *SAGE Publications Ltd.* doi: 10.1177/0734242X231199938.
- [2] I. S. Arumdani, A. S. Puspita, and M. A. Budihardjo, "MSW handling of top 5 leading waste-producing countries in Southeast Asia," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Nov. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/896/1/012003.
- [3] T. T. Nguyen and V. C. Nguyen, "Financial development and renewables in southeast asian countries—the role of organic waste materials," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 16, Aug. 2021, doi: 10.3390/su13168748.
- [4] V. Noudeng, D. V. Pheakdey, T. T. N. Minh, and T. D. Xuan, "Municipal Solid Waste Management in Laos: Comparative Analysis of Environmental Impact, Practices, and Technologies with ASEAN Regions and Japan," Aug. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/environments11080170.
- [5] K. O. Winemiller, P. B. Mcintyre, and L. Castello, "Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong," *Science (1979)*, no. 6269, 2016.
- [6] D. Dudgeon, *Freshwater Biodiversity: Status, Threats and Conservation*. 2022.

- [7] A. H. Arthington, N. K. Dulvy, W. Gladstone, and I. J. Winfield, "Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management," Oct. 01, 2016, *John Wiley and Sons Ltd.* doi: 10.1002/aqc.2712.
- [8] S. Kraus *et al.*, "Literature reviews as independent studies: guidelines for academic practice," *Review of Managerial Science*, vol. 16, no. 8, pp. 2577–2595, Nov. 2022, doi: 10.1007/s11846-022-00588-8.
- [9] A. Liberati *et al.*, "The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration," in *Journal of clinical epidemiology*, Oct. 2009, pp. e1–e34. doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.006.
- [10] A. M. Laurenza, A. T. Muhammad, and M. P. Pertiwi, "Analisis kualitas air di danau Situ Gede sebagai media pembelajaran berbasis e-handout," *Jurnal ESABI*, vol. 5, no. 2, pp. 43–57, 2023, doi: 10.37301/esabi.v5i2.44.
- [11] M. Wojewódka-Przybył *et al.*, "Exploring Spatial Dynamics of Water Quality in a Tropical Lake Affected by Aquaculture," *Water (Switzerland)*, vol. 16, no. 21, Nov. 2024, doi: 10.3390/w16213079.
- [12] R. Ridwan *et al.*, "Sustainable Strategies to Reduce Water Pollution from Domestic Wastewater Discharge," *Jurnal Presipitasi*, vol. 22, no. 3, pp. 792–808, 2025.
- [13] Nazwa Shiva Setya Putri, Very Dermawan, and Emma Yuliani, "Pemetaan Sebaran Kualitas Air Akibat Pencemaran Limbah Organik Pada Segmen Hilir dari Sub DAS Konto Hulu, Kabupaten Malang," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 5, no. 2, pp. 1082–1092, Jul. 2025, doi: 10.21776/ub.jtresda.2025.005.02.103.
- [14] A. H. Arthington, N. K. Dulvy, W. Gladstone, and I. J. Winfield, "Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management," Oct. 01, 2016, *John Wiley and Sons Ltd.* doi: 10.1002/aqc.2712.
- [15] K. O. Winemiller *et al.*, "Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong," *Science (1979)*, pp. 128–129, 2021.
- [16] H. Hermawan, Y. Haerani, R. Nuraisyah, and S. Saudi, "Dampak Pengunjung dan Limbah Domestik Terhadap Kualitas Air Serta Ekosistem Ikan di Perairan Sumber Air Cirahab," *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, vol. 3, no. 2, p. 279, 2023, Accessed: Feb. 24, 2026. [Online]. Available: <https://doi.org/10.52434/jkpi.v3i2.42790>
- [17] F. Igbani, ; Akpewwe, E. Okere, and N. Obadiah, "Effects Of River Dumping On Fish Biodiversity And Water Quality: A Critical Review," *GSAR Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 2025, [Online]. Available: <https://gsarpublishers.com/journal-gjavs-home/>
- [18] M. Fahad Al Fazali, H. Susilo Arifin, and P. Studi Magister Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, "Pengelolaan Situ Sebagai Ruang Terbuka Biru Yang Berkelanjutan Di Sekitar Kawasan Kampus IPB," *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, vol. 12, no. 2, 2025.
- [19] R. Kartikasari, M. L. Rodriguez, and K. Nakamura, "Effect of Wastewater Treatment Efficiency on River Ecosystem Sustainability," vol. 2, no. 2, pp. 53–61, 2024, doi: 10.70716/reswara.v2i2.392.