

## Eutrophication in Indonesian Aquatic Systems: Causes and Ecological Consequences

Cut Sarah Rizkita Rahmi<sup>1</sup>, Lili Nitami<sup>1</sup>, Wahdini<sup>1</sup>, Firdus<sup>2\*</sup>, M. Nasir<sup>2</sup>, Alia Rizki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh Indonesia;

<sup>2</sup>Pusat Riset Lingkungan Hidup Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh Indonesia;

### Article History

Received : March 07<sup>th</sup>, 2026

Revised : April 07<sup>th</sup>, 2026

Accepted : May 01<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author:

**Firdus**, Pusat Riset

Lingkungan Hidup Universitas  
Syiah Kuala, Banda Aceh  
Indonesia;

Email: [firdus.usk@gmail.com](mailto:firdus.usk@gmail.com)

**Abstract:** Eutrophication is one of the major environmental problems affecting the quality and sustainability of aquatic ecosystems. Excessive inputs of nutrients, particularly nitrogen and phosphorus, can accelerate water fertility and lead to changes in aquatic community structure as well as a decline in water quality. This study aims to review the causes, indicators, and ecological impacts of eutrophication in various aquatic ecosystems in Indonesia. The study employed a literature review approach by analyzing scientific articles obtained from academic databases such as Google Scholar, Garuda Kemdikbud, and ScienceDirect. The results indicate that eutrophication in Indonesian waters is mainly driven by anthropogenic activities, including domestic wastewater, agricultural runoff, aquaculture practices, and industrial activities within watershed areas. These conditions are characterized by increased nutrient concentrations, changes in phytoplankton composition, and the occurrence of algal blooms that may reduce water quality and disrupt the balance of aquatic ecosystems. Therefore, nutrient source management and continuous water quality monitoring are essential to control eutrophication and maintain the sustainability of aquatic ecosystems in Indonesia.

**Keywords:** Eutrophication; Nutrients; Water quality.

### Pendahuluan

Ekosistem air tawar, baik berupa danau alami maupun buatan, memiliki peranan penting dalam mendukung kehidupan manusia dan organisme akuatik. Ekosistem ini berfungsi sebagai sumber air baku, irigasi pertanian, pembangkit listrik tenaga air, perikanan, pariwisata, serta sebagai habitat bagi berbagai biota perairan. Selain itu, danau dan waduk juga berperan sebagai sistem penyangga yang menjaga keseimbangan hidrologi dan kualitas lingkungan di wilayah sekitarnya. sebagai contoh, Waduk Jatiluhur di Jawa Barat yang dimanfaatkan untuk penyediaan air minum, irigasi, serta pengendalian banjir (Aryani *et al.*, 2021). Namun, peningkatan aktivitas manusia di sekitar perairan seperti budidaya perikanan, pemukiman dan pariwisata dapat menurunkan

kualitas air dan mengubah kondisi ekologisnya.

Salah satu permasalahan utama yang terjadi pada ekosistem danau dan waduk adalah eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan proses peningkatan kesuburan perairan akibat tingginya konsentrasi unsur hara, terutama nitrogen (N) dan fosfor (P), yang dapat merangsang pertumbuhan fitoplankton secara berlebihan. Peningkatan biomassa fitoplankton ini biasanya ditandai dengan tingginya konsentrasi klorofil-a, penurunan transparansi air, serta berkurangnya kadar oksigen terlarut. Secara global, eutrofikasi telah menjadi masalah lingkungan yang serius karena dapat menyebabkan degradasi kualitas air dan gangguan terhadap keseimbangan ekosistem perairan (Rudiyanti *et al.*, 2018).

Masukan bahan *organic* ke dalam perairan merupakan salah satu faktor utama

yang memicu eutrofikasi. Bahan organik tersebut mengalami proses dekomposisi yang meningkatkan ketersediaan nutrisi di perairan. Peningkatan nutrisi ini mendorong pertumbuhan fitoplankton secara signifikan (Ridho *et al.*, 2020). Selain itu, proses dekomposisi juga dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dan menghasilkan senyawa toksik ammonia ( $\text{NH}_3$ ) dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) yang berpotensi mengganggu kehidupan organisme akuatik (Utami *et al.*, 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa eutrofikasi dipengaruhi oleh interaksi antara nutrisi dan dinamika bahan organik di dalam perairan.

Fenomena eutrofikasi tidak hanya terjadi secara global, tetapi juga banyak dilaporkan pada berbagai ekosistem perairan di Indonesia, baik pada danau alami maupun waduk buatan. Beberapa waduk besar seperti Waduk Jatiluhur dan Waduk Cirata mengalami peningkatan beban nutrisi akibat aktivitas manusia di daerah tangkapan air, terutama dari kegiatan budidaya ikan dengan sistem keramba jaring apung, limbah domestik, serta limpasan dari lahan pertanian (Pratiwi *et al.*, 2020; Taskov *et al.*, 2021). Selain itu, danau besar seperti Danau Toba dan Danau Maninjau juga menunjukkan peningkatan status trofik akibat masukan nutrisi dari berbagai aktivitas manusia di sekitarnya. Penelitian menunjukkan bahwa beban fosfor dari kegiatan budidaya di Danau Maninjau mencapai 693,4 ton per tahun, yang menyebabkan kondisi perairan menjadi sangat subur atau hipertrofik (Warsa & Haryadi, 2019; Hastuti *et al.*, 2023). Peningkatan konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan juga sering diikuti oleh dominasi kelompok fitoplankton tertentu seperti Cyanophyceae yang merupakan indikator kondisi perairan eutrofikasi (Rudiyanti *et al.*, 2018).

Danau dan waduk memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal proses pembentukan serta dinamika ekologisnya. Danau merupakan badan air alami yang terbentuk melalui proses geologi dalam jangka waktu yang panjang, seperti aktivitas vulkanik atau tektonik. Sebaliknya, waduk merupakan badan air buatan yang terbentuk akibat pembangunan bendungan untuk berbagai tujuan seperti irigasi, pengendalian banjir, dan pembangkit listrik tenaga air (Hayes *et al.*, 2017). Perbedaan asal-usul tersebut memengaruhi

karakteristik fisik, hidrologi, serta dinamika ekosistem perairan. Waduk umumnya mengalami fluktuasi air yang lebih besar dan menerima tekanan aktivitas manusia yang lebih tinggi dibandingkan danau alami, sehingga lebih rentan mengalami perubahan kualitas air, termasuk eutrofikasi (Warsa & Haryadi, 2019).

Selain itu, karakteristik ekosistem perairan tropis berperan dalam menentukan tingkat kerentanan terhadap eutrofikasi, terutama melalui pengaruhnya terhadap suhu, intensitas cahaya, dan dinamika nutrisi (Zhang *et al.*, 2025). Suhu perairan yang relatif tinggi sepanjang tahun dan intensitas cahaya matahari yang besar mempercepat proses dekomposisi bahan organik serta siklus nutrisi di dalam perairan, kondisi ini meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor di kolom air, sehingga mempercepat pertumbuhan fitoplankton dan meningkatkan produktivitas primer perairan. Akibatnya, proses eutrofikasi berlangsung lebih cepat dibandingkan pada perairan di wilayah beriklim sedang (Rudiyanti *et al.*, 2018).

Berdasarkan berbagai studi tersebut, eutrofikasi terjadi pada berbagai tipe perairan di Indonesia, baik pada waduk buatan maupun danau alami. Peningkatan konsentrasi nutrisi nitrogen dan fosfor yang berasal dari aktivitas manusia, seperti budidaya perikanan limbah domestik, dan kegiatan pertanian, menjadi faktor utama yang memicu peningkatan biomassa fitoplankton. Kondisi ini ditunjukkan oleh tingginya konsentrasi klorofil-a serta perubahan status trofik perairan menuju kondisi eutrofik hingga hipereutrofik (Octavianna *et al.*, 2026).

Meskipun fenomena eutrofikasi telah banyak dilaporkan, kajian yang mengintegrasikan berbagai parameter utama, seperti nutrisi, klorofil-a, dan status trofik, pada berbagai perairan di Indonesia masih terbatas. Sebagian besar penelitian masih bersifat parsial dan berfokus pada lokasi tertentu, sehingga belum memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai pola eutrofikasi di Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian komprehensif untuk memahami hubungan antara konsentrasi nutrisi, produktivitas primer, dan status trofik perairan.

Penelitian ini menawarkan kebaruan dalam bentuk sintesis hasil penelitian mengenai eutrofikasi pada danau dan waduk di Indonesia dengan mengintegrasikan berbagai parameter utama, seperti nitrogen, fosfor, klorofil-a, dan tingkat trofik. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pola eutrofikasi dibandingkan penelitian sebelumnya yang bersifat parsial.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis fenomena eutrofikasi pada danau dan waduk di Indonesia berdasarkan parameter nutrisi dan indikator biologis. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama serta dampak ekologis eutrofikasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dalam pengelolaan kualitas perairan serta mendukung upaya mitigasi eutrofikasi secara berkelanjutan.

## Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) untuk mengkaji fenomena eutrofikasi pada berbagai ekosistem perairan di Indonesia. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah, prosiding, dan laporan penelitian yang relevan melalui basis data seperti *Google Scholar*, Garuda Kemdikbud, *ScienceDirect*, dan *Directory of Open Access Journals*.

Literatur dikumpulkan menggunakan kata kunci yang berkaitan dengan eutrofikasi dan kualitas perairan, kemudian diseleksi berdasarkan relevansi topik, lokasi penelitian di Indonesia, serta ketersediaan informasi mengenai penyebab, indikator, dan dampak ekologis

eutrofikasi. Data dari setiap artikel kemudian dianalisis secara deskriptif dengan mengidentifikasi lokasi penelitian, parameter kualitas air, sumber nutrisi, dan dampak ekologis, yang selanjutnya disintesis dan disajikan dalam bentuk tabel serta pembahasan naratif.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil

#### Eutrofikasi Di Indonesia

Fenomena eutrofikasi pada berbagai perairan di Indonesia umumnya dipicu oleh meningkatnya masukan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, yang berasal dari aktivitas manusia di sekitar perairan. Pada Waduk Riam Kanan, masukan nutrisi berasal dari limbah domestik, pertanian, peternakan, aktivitas pertambangan, serta budidaya ikan dengan keramba jaring apung yang menyebabkan tingginya beban nitrogen dan fosfat sehingga memicu pertumbuhan alga secara berlebihan (*algal bloom*) dan menurunkan kualitas air.

#### *Eutrofikasi pada berbagai jenis perairan di Indonesia*

Kondisi serupa juga ditemukan pada Danau Kenohan Suwi dan Kolam Retensi Samarinda, di mana aktivitas domestik dan perkotaan meningkatkan kandungan bahan organik dan nutrisi di perairan. Hal ini ditunjukkan oleh meningkatnya nilai BOD serta perubahan komposisi fitoplankton yang menjadi indikator meningkatnya tingkat kesuburan perairan. Peningkatan biomassa fitoplankton dapat menyebabkan dominasi spesies tertentu yang berpotensi memicu *blooming* alga dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan.

**Tabel 1.** Eutrofikasi pada berbagai jenis perairan di Indonesia

Jenis Perairan/Wilayah	Klorofil- a	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )/ Total N	Fosfat (P <sub>04</sub> <sup>3-</sup> )/ Total p	Trofik
Danau Cibuntu (Cibinong)	17.861–42.901 µg/L	TN 0.585–1.486 mg/L	TP 0.005–0.373 mg/L	Eutrofik
Danau Lotus (Cibinong)	3.659–13.181 µg/L	TN 0.756–0.844 mg/L	TP 0.042–0.055 mg/L	Mesotrofik - Eutrofik
Danau Dora (Cibinong)	1.592–8.144 µg/L	TN 0.032–1.201 mg/L	TP 0.023–0.038 mg/L	Oligotrofik - Mesotrofik
Waduk Jatibarang, Semarang	1.29–2.22 mg/m <sup>3</sup>	0.56–0.82 mg/L	0.11–0.56 mg/L	Mesotrofik

Jenis Perairan/Wilayah	Klorofil- a	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )/ Total N	Fosfat (P0 <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )/ Total p	Trofik
Danau Toba, Sumatera Utara	2–6 µg/L	TN > 12.5 mg/L	TP sekitar 0.10–0.18 mg/L	Mesotrofik
Danau Kelapa Gading, Kisaran, Sumatera Utara	0.619–0.646 mg/m <sup>3</sup>	sekitar 0.5 mg/L	0.096–0.20 mg/L	Oligotrofik
Waduk Ciwaka, Banten	7,458 – 34,352 µg/L	±1,231 – 1,349	±0,143 – 0,164	Eutrofik
Waduk Ir. H. Djuanda (Jatiluhur), Jawa Barat	6,73 – 11,56 mg/L	0,97 – 2,79	0,003 – 0,087	Mesotrofik - Eutrofik
Danau Batur, Bali	9,91 – 61,49 mg/m <sup>3</sup>	227 – 393 mg/m <sup>3</sup> (Total N)	14 – 32 mg/m <sup>3</sup> (Total P)	Eutrofik
Teluk Saleh, Nusa Tenggara Barat	0,187 – 2,967 mg/L	0,01 – 0,18	<0,05 – 0,44	Oligotrofik - Mesotrofik
Waduk Riam Kanan	0,886 – 1,237 mg/m <sup>3</sup> (rata-rata ±0,17 mg/m <sup>3</sup> )	hingga 0,090 mg/L	0,008 – 0,026 mg/L	Oligotrofik
Danau Kenohan Suwi	±0,006 – 0,008 mg/L (rata-rata 0,007 mg/L)	N total ±1,20 – 1,39 mg/L	0,05 – 0,16 mg/L (rata-rata 0,09 mg/L)	Mesotrofik
Kolam Retensi Samarinda	0,091 – 1,766 mg/L (rata-rata 0,108 – 1,533 mg/L)	0,111 – 0,780 mg/L	0,0045 – 0,005 mg/L	Mesotrofik - Eutrofik
Danau Segara Anak	2,31 – 5,37 µg/L (rata-rata tertinggi di stasiun I)	0,075 – 0,590 mg/L	0,027 – 0,061 mg/L	Mesotrofik

Sementara itu, eutrofikasi pada Danau Tempe dan Danau Sibili terjadi akibat degradasi lingkungan yang meningkatkan ketersediaan nutrisi, sehingga mendorong produktivitas primer melalui aktivitas fotosintesis fitoplankton. Kondisi ini menyebabkan perubahan struktur trofik, penurunan produksi ikan, serta pertumbuhan tanaman air yang berlebihan sehingga perairan menjadi lebih keruh dan keseimbangan ekosistem terganggu. Secara umum, hasil tersebut menunjukkan bahwa eutrofikasi pada danau dan waduk di Indonesia berkaitan erat dengan tekanan aktivitas antropogenik yang meningkatkan masukan nutrisi ke dalam perairan.

### Dampak dan Penyebab

Berdasarkan hasil kajian beberapa penelitian, eutrofikasi pada danau dan waduk di Indonesia umumnya disebabkan oleh meningkatnya masukan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, yang berasal dari aktivitas domestik, pertanian, peternakan, serta kegiatan perikanan dan perkotaan di sekitar perairan.

Peningkatan nutrisi tersebut memicu pertumbuhan fitoplankton dan alga secara berlebihan yang ditandai dengan meningkatnya produktivitas primer dan perubahan komposisi komunitas plankton.

Dampak dari kondisi tersebut antara lain terjadinya *alga bloom*, penurunan kualitas air, meningkatnya kekeruhan perairan, serta terganggunya keseimbangan ekosistem. Selain itu, eutrofikasi juga dapat menyebabkan perubahan struktur trofik, gangguan rantai makanan, serta penurunan produksi perikanan akibat berkurangnya kualitas habitat bagi organisme perairan. Secara umum, tingginya tekanan aktivitas manusia di sekitar perairan menjadi faktor utama yang mempercepat terjadinya eutrofikasi.

### Pembahasan

Fenomena eutrofikasi merupakan salah satu masalah lingkungan yang semakin sering dilaporkan pada berbagai ekosistem perairan di Indonesia. Peningkatan aktivitas manusia di daerah

tangkapan air (catchment area) menyebabkan masuknya nutrisi dalam jumlah besar ke badan air, terutama nitrogen (N) dan fosfor (P), yang kemudian memicu peningkatan produktivitas primer secara berlebihan. Peningkatan kesuburan perairan tersebut umumnya ditandai dengan meningkatnya konsentrasi nutrisi serta meningkatnya biomassa fitoplankton yang dapat diidentifikasi melalui konsentrasi klorofil-a (Utami *et al.*, 2025; Abdullah *et al.*, 2020).

Berdasarkan berbagai penelitian yang dikaji dalam artikel ini, kondisi trofik perairan di Indonesia menunjukkan variasi yang cukup luas, mulai dari oligotrofik, mesotrofik, hingga eutrofik. Variasi ini terlihat pada beberapa perairan yang dianalisis seperti Danau Cibuntu, Danau Lotus, Danau Dora, Waduk Jatibarang, Danau Toba, Danau Kelapa Gading, Waduk Ciwaka, Waduk Ir. H. Djuanda, Danau Batur, Teluk Saleh, Waduk Riam Kanan, Danau Kenohan Suwi, Kolam Retensi Samarinda, serta Danau Segara Anak (Pratiwi *et al.*, 2020; Aryani *et al.*, 2021; Muhtadi *et al.*, 2018). Perbedaan kondisi trofik tersebut menunjukkan bahwa tingkat kesuburan perairan sangat dipengaruhi oleh karakteristik ekosistem serta besarnya masukan nutrisi dari aktivitas di daerah sekitarnya.

Pada beberapa perairan, konsentrasi klorofil-a yang relatif tinggi menunjukkan tingginya biomassa fitoplankton akibat ketersediaan nutrisi yang melimpah. Misalnya pada Danau Cibuntu yang memiliki konsentrasi klorofil-a berkisar antara 17,861-42,901  $\mu\text{g/L}$  dengan total nitrogen 0,585-1,486 mg/L serta total fosfor hingga 0,373 mg/L sehingga dikategorikan sebagai perairan eutrofik (Utami *et al.*, 2025). Kondisi serupa juga ditemukan pada Waduk Ciwaka yang memiliki konsentrasi klorofil-a mencapai 7,458-34,352  $\mu\text{g/L}$  dengan kandungan nitrat dan fosfat yang relatif tinggi (Elvince *et al.*, 2023). Sebaliknya, beberapa perairan lain seperti Waduk Riam Kanan dan Danau Kelapa Gading menunjukkan konsentrasi klorofil-a yang lebih rendah sehingga dikategorikan sebagai perairan oligotrofik (Muhtadi *et al.*, 2018; Brahmana & Firdaus).

#### **Sumber Nutrien Penyebab Eutrofikasi**

Masukan nutrisi dari berbagai aktivitas manusia merupakan faktor utama yang memicu eutrofikasi pada ekosistem perairan. Nutrien tersebut umumnya berasal dari limbah domestik, aktivitas pertanian, serta kegiatan budidaya perikanan yang berada di sekitar daerah tangkapan

air (Abdullah *et al.*, 2020; Soeprbowati *et al.*, 2019).

Beberapa perairan yang dikaji, tingginya konsentrasi nutrisi diduga berkaitan dengan aktivitas manusia di sekitarnya. Misalnya pada Waduk Ir. H. Djuanda (Jatiluhur) yang menunjukkan kondisi mesotrofik hingga eutrofik dengan konsentrasi klorofil-a 6,73-11,56 mg/m<sup>3</sup> dan total nitrogen hingga 2,79 mg/L. Peningkatan nutrisi pada waduk ini sering dikaitkan dengan aktivitas budidaya ikan menggunakan keramba jaring apung serta masukan limbah dari daerah tangkapan air (Pratiwi *et al.*, 2020; Warsa & Hariaji, 2019).

Kajian yang lebih rinci pada Jatiluhur Reservoir menunjukkan bahwa status trofik waduk ini telah mencapai eutrofik hingga hipertrofik. Kondisi tersebut berkaitan erat dengan tingginya masukan bahan organik dari daerah tangkapan air serta aktivitas budidaya ikan dengan keramba jaring apung yang meningkatkan akumulasi nutrisi di perairan (Astuti *et al.*, 2022).

Selain itu, danau yang berada di kawasan dengan aktivitas manusia yang intens seperti pertanian dan permukiman, cenderung mengalami peningkatan kesuburan perairan akibat akumulasi nutrisi dari aktivitas antropogenik. Danau Batur misalnya menunjukkan konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 9,91-61,49 mg/m<sup>3</sup> dengan total nitrogen mencapai 227-393 mg/m<sup>3</sup> serta total fosfor 14-32 mg/m<sup>3</sup> sehingga dikategorikan sebagai perairan eutrofik (Aryani *et al.*, 2021). Temuan serupa juga dilaporkan pada Danau Maninjau, di mana aktivitas antropogenik di daerah tangkapan air terbukti meningkatkan beban total nitrogen dan total fosfat yang masuk ke badan air. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa limpasan nutrisi dari daratan menjadi faktor penting yang mempercepat peningkatan status trofik perairan (Kurniati *et al.*, 2021).

Tingginya kandungan nutrisi tersebut menunjukkan adanya masukan unsur hara yang cukup besar ke dalam perairan. Di sisi lain, beberapa perairan yang relatif jauh dari tekanan aktivitas manusia menunjukkan kondisi trofik yang lebih rendah. Waduk Riam Kanan misalnya memiliki konsentrasi klorofil-a sekitar 0,886-1,237 mg/m<sup>3</sup> dengan fosfat relatif rendah yaitu 0,008-0,026 mg/L sehingga dikategorikan sebagai oligotrofik (Brahmana & Firdaus). Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat aktivitas manusia di daerah

tangkapan air memiliki peran penting dalam menentukan tingkat kesuburan perairan.

### Parameter dan Indikator Eutrofikasi

Penentuan tingkat eutrofikasi pada suatu perairan umumnya dilakukan melalui analisis berbagai parameter fisika, kimia, dan biologi. Parameter kimia yang paling sering digunakan adalah konsentrasi nitrogen dan fosfor dalam berbagai bentuk seperti nitrat, amonia, nitrogen total, serta fosfat atau fosfor total. Kedua unsur tersebut merupakan nutrisi utama yang mengontrol pertumbuhan fitoplankton di perairan (Lembanguna *et al.*, 2023).

Selain nutrisi, parameter klorofil-a sering digunakan sebagai indikator biomassa fitoplankton. Nilai klorofil-a yang tinggi umumnya menunjukkan tingginya produktivitas primer akibat ketersediaan nutrisi yang melimpah. Pada Danau Cibuntu dan Waduk Ciwaka misalnya, tingginya nilai klorofil-a berkorelasi dengan konsentrasi nitrogen dan fosfor yang relatif tinggi sehingga menyebabkan kondisi eutrofik (Utami *et al.*, 2025; Elvince *et al.*, 2023). Hubungan antara nutrisi dan biomassa fitoplankton juga terlihat pada Waduk Jatigede, di mana peningkatan konsentrasi unsur hara berasosiasi dengan perubahan kelimpahan serta struktur komunitas fitoplankton. Hal ini memperkuat bahwa parameter biologis dapat digunakan sebagai indikator penting dalam penilaian status trofik perairan (Fitriadi *et al.*, 2021).

Sebaliknya, pada perairan dengan konsentrasi nutrisi yang lebih rendah, nilai klorofil-a juga cenderung lebih kecil. Hal ini terlihat pada Waduk Riam Kanan serta Danau Kelapa Gading yang memiliki konsentrasi klorofil-a relatif rendah sehingga menunjukkan kondisi oligotrofik (Muhtadi *et al.*, 2018; Brahmana & Firdaus). Sementara itu, beberapa perairan lain seperti Danau Lotus, Waduk Jatibarang, Danau Kenohan Suwi, serta Danau Segara Anak menunjukkan kondisi mesotrofik yang mencerminkan tingkat kesuburan perairan sedang (Aryani *et al.*, 2021; Yafi *et al.*, 2023).

### Dampak Ekologis Eutrofikasi

Eutrofikasi dapat memberikan berbagai dampak ekologis terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Salah satu dampak yang paling umum adalah terjadinya blooming alga atau peningkatan biomassa fitoplankton secara berlebihan (Fang *et al.*, 2024). Kondisi ini biasanya terjadi pada perairan

dengan konsentrasi nutrisi yang tinggi seperti yang ditemukan pada beberapa danau dan waduk dengan status eutrofik (Suriyani *et al.*). Blooming alga dapat meningkatkan kekeruhan air dan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam kolom air. Penurunan penetrasi cahaya ini dapat menghambat pertumbuhan organisme akuatik lain seperti makrofit yang memerlukan cahaya untuk proses fotosintesis (Rudiayanti *et al.*, 2018).

Selain itu, eutrofikasi juga dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut di perairan (Wang *et al.*, 2021). Ketika biomassa fitoplankton yang berlebihan mati dan terdekomposisi oleh mikroorganisme, proses tersebut akan mengonsumsi oksigen dalam jumlah besar. Kondisi ini dapat menyebabkan hipoksia yang berpotensi memicu kematian ikan serta organisme akuatik lainnya (Yafi *et al.*, 2023). Perubahan struktur komunitas organisme perairan juga merupakan dampak lain dari eutrofikasi. Dominasi spesies fitoplankton tertentu dapat mengubah struktur komunitas plankton serta mempengaruhi rantai makanan dalam ekosistem perairan. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menurunkan keanekaragaman hayati serta mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Samuel *et al.*, 2012).

### Pola Umum Fenomena Eutrofikasi di Indonesia

Berdasarkan berbagai penelitian yang dikaji, terdapat beberapa pola umum terkait fenomena eutrofikasi pada perairan di Indonesia. Pertama, kondisi trofik perairan menunjukkan variasi yang cukup luas mulai dari oligotrofik hingga eutrofik. Perairan seperti Danau Cibuntu, Waduk Ciwaka, dan Danau Batur menunjukkan kondisi eutrofik dengan konsentrasi klorofil-a yang relatif tinggi (Utami *et al.*, 2025; Elvince *et al.*, 2023; Aryani *et al.*, 2021). Sementara itu, Waduk Riam Kanan dan Danau Kelapa Gading menunjukkan kondisi oligotrofik dengan konsentrasi nutrisi yang relatif rendah (Muhtadi *et al.*, 2018; Brahmana & Firdaus). Contoh lain dapat dilihat pada Lake Rawa Pening, di mana beban nutrisi dari pertanian, akuakultur, limbah domestik, dan perubahan penggunaan lahan mempercepat proses eutrofikasi serta mendukung pertumbuhan vegetasi air secara berlebihan yang kemudian mengganggu keseimbangan ekosistem dan fungsi perairan (Henny *et al.*, 2026). Sebagian besar perairan lainnya berada pada kondisi mesotrofik hingga eutrofik seperti Danau Lotus, Waduk Jatibarang, Waduk Ir. H. Djuanda, Danau

Kenohan Suwi, Kolam Retensi Samarinda, serta Danau Segara Anak (Pratiwi *et al.*, 2020; Yafi *et al.*, 2023).

Kedua, tingkat kesuburan perairan umumnya berkaitan erat dengan besarnya masukan nutrisi dari daerah tangkapan air. Perairan yang menerima masukan nutrisi dalam jumlah besar cenderung menunjukkan kondisi eutrofik, sedangkan perairan dengan tekanan antropogenik yang lebih rendah cenderung berada pada kondisi oligotrofik (Abdullah *et al.*, 2020; Soeprbowati *et al.*, 2019). Secara keseluruhan, fenomena eutrofikasi di berbagai perairan Indonesia menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara aktivitas manusia di daratan dengan kondisi kualitas air di badan perairan. Tanpa pengelolaan nutrisi yang baik, peningkatan beban nutrisi berpotensi mempercepat proses eutrofikasi dan menurunkan kualitas ekosistem perairan di masa mendatang (Elvince *et al.*, 2023; Yusal, 2021).

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dikaji, fenomena eutrofikasi pada perairan di Indonesia umumnya dipicu oleh peningkatan masukan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, yang berasal dari aktivitas antropogenik seperti limbah domestik, pertanian, budidaya perikanan, serta kegiatan industri di daerah tangkapan air. Peningkatan nutrisi tersebut ditunjukkan oleh berbagai indikator kualitas air seperti tingginya konsentrasi nitrat dan fosfat, meningkatnya nilai BOD, serta perubahan kelimpahan dan komposisi fitoplankton. Kondisi ini dapat memicu terjadinya *algal bloom*, menurunkan kualitas air, serta mengganggu keseimbangan ekosistem dan produktivitas biota perairan. Oleh karena itu, pengelolaan sumber nutrisi dan pemantauan kualitas air secara berkelanjutan menjadi langkah penting dalam upaya pengendalian eutrofikasi dan menjaga keberlanjutan fungsi ekologis ekosistem perairan di Indonesia.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Magister Biologi Universitas Syiah Kuala atas dukungan dan fasilitas yang diberikan. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen pengampu Mata Kuliah

Toksikologi Lingkungan atas arahan dan bimbingan selama penyusunan jurnal ini, serta kepada team *Jurnal Biologi Tropis* atas bantuan dalam memfasilitasi akses dan proses review jurnal.

## Referensi

- Aryani, N., et al. 2021. Status trofik dan tingkat kesuburan perairan Waduk Ir. H. Djuanda berdasarkan parameter nutrisi dan klorofil-a. *MARLIN Marine and Fisheries Science Technology Journal*. <https://doi.org/10.15578/marlin.v2.i1.2021.21-30>
- Astuti, L. P., Sugianti, Y., Warsa, A., & Sentosa, A. A. (2022). Water Quality and Eutrophication in Jatiluhur Reservoir, West Java, Indonesia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(2), 1493-1503. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/142475>
- Brahmana, S. S., & Achmad, F. (2012). Potensi beban pencemaran nitrogen, fosfat, kualitas air, status trofik dan stratifikasi Waduk Riam Kanan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 8(1), 53-66. <https://doi.org/10.32679/jsda.v8i1.356>
- Elvince, R., Suraya, U., Veronica, E., & Limbong, M. R. (2023). Tingkat Kesuburan Danau Lais Berdasarkan Kelimpahan Fitoplankton. *Journal Of Tropical Fisheries*, 18(2), 10-21. <https://doi.org/10.36873/jtf.v18i2.11017>
- Feng, L., Wang, Y., Hou, X., Qin, B., Kutser, T., Qu, F., Chen, N., Paerl, H. W., & Zheng, C. (2024). *Harmful algal blooms in inland waters*. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5, 631-644. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00578-2>
- FItriadi, R., Pratiwi, N. T. M., & Kurnia, R. (2021). Komunitas fitoplankton dan konsentrasi nutrisi di Waduk Jatigede. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1), 143-150. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.143>
- Hastuti, Y. P., Nirmala, K., Hutagaol, M. P., Tanjung, D., Kriswantriyono, A., Nurussalam, W., ... & Fatma, Y. S. (2024). Analysis of main components of Lake Toba's water quality in different

- seasons. *Advances in Oceanography & Limnology*, 15(1).<https://doi.org/10.4081/aiol.2024.11726>
- Hayes, N. M., Deemer, B. R., Corman, J. R., Razavi, N. R., & Strock, K. E. (2017). *Key differences between lakes and reservoirs modify climate signals: A case for a new conceptual model*. *Limnology and Oceanography Letters*, 2(1), 14–23. <https://doi.org/10.1002/lol2.10036>
- Henny, C., Julzarika, A., Prasetyo, S., Utami, R. R., Setiadewi, N., & Hakim, A. M. Y. (2026). Recurring struggle in managing water hyacinth invasion and water quality in a tropical lake: Case study of Lake Rawa Pening, Indonesia. *Journal of Environmental Management*, 397, 128210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128210>
- Kurniati, R. I., & Komala, P. S. Zulkarnaini. (2021). Analisis Beban Pencemar Total Nitrogen dan Total Fosfat akibat Aktivitas Antropogenik di Danau Maninjau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 355-364. DOI: <https://doi.org/10.14710/jil.19.2.355-364>
- Lembanguna, Y., Tumembouw, S. S., Watung, J. C., Undap, S. L., Pangemanan, N. P. L., & Longdong, S. N. J. (2023). Analisis Kandungan Nitrogen dan Fosfor Pada Sedimen Danau Tondano di Area Budidaya Toulimembet. *Journal Budidaya Perairan*, 11(2), 234-245. <https://doi.org/10.35800/bdp.v11i2.51760>
- Muhtadi, A., Wahyuningsih, H., Zaharuddin, N., & Sihaloho, A. (2018, October). Status Kualitas Air dan Kesuburan Perairan Danau Kelapa Gading Kota Kisaran Provinsi Sumatera Utara. In *Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources (ANR)* (Vol. 1, No. 1, pp. 27-33). <https://doi.org/10.32734/anr.v1i1.92>
- Octavianna, P. D., Pribadi, R., Suryanti, S., & Widyorini, N. (2026). *Eutrophication dynamics in Pekalongan coastal waters, Indonesia: A spatio-temporal analysis using TRIX and UNTRIX*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 30(1), 2687–2707. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2026.437708.6924>
- Pratiwi, N. T., Imran, Z., Ayu, I. P., Iswantari, A. L. I. A. T. I., & Wulandari, D. Y. (2020). The phosphorus load and the variation of the trophic states of Cirata Reservoir (West Java, Indonesia) from 1988 to 2017. *Biodiversitas*, 21(9), 4176-4183.
- Ridho, M. R., Patriono, E., & Mulyani, Y. S. (2020). *Hubungan Kelimpahan Fitoplankton, Konsentrasi Klorofil-a dan Kualitas Perairan Pesisir Sungsang, Sumatera Selatan*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.25745>
- Rudiyanti, S., Anggoro, S., & Rahman, A. (2018, February). Mapping of trophic states based on nutrients concentration and phytoplankton abundance in Jatibarang Reservoir. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 116, No. 1, p. 012048). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/116/1/012048>
- Soeprbowati, T. R., Jumari, Hariyati, R., & Gell, P. (2019). Paleolimnology record of human impact on a lake ecosystem: The case of shallow lakes in Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 276(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/276/1/012015>
- Soeprbowati, T. R., Suhry, H. C., Saraswati, T. R., & Jumari, J. (2020). Kualitas air dan indeks pencemaran Danau Galela. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 236–241. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.236-241>
- Taskov, D. A., Telfer, T. C., Bengtson, D. A., Rice, M. A., Little, D. C., & Murray, F. J. (2021). Managing aquaculture in multi-use freshwater bodies: the case of Jatiluhur reservoir. *Environmental Research Letters*, 16(4), 044022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe009>
- Utami, E. S., & Fitrinawati, H. (2025). Status kesuburan berdasarkan fitoplankton di perairan Danau Waren, Tual. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 13(1), 13–28. <https://doi.org/10.36084/jpt.v13i1.602>
- Wang, Y., Zhang, D., Shen, J., & Liu, Y. (2021). *Mechanism of eutrophication process during algal decomposition at the water/sediment interface*. *Journal of*

- Cleaner Production, 314, 127878.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127878>
- Warsa, A., Haryadi, J., & Ikan, B. R. P. S. D. (2019). Beban Cemar Fosfor dari Kegiatan Budidaya dan Dampaknya Terhadap Status Kesuburan Danau Maninjau, Sumatera Barat The load of Phosphorus from Cultivation Activities and Its Impact on Trophic State of Lake Maninjau, West Sumatera. *Ecolab*, 31, 1-60.  
<https://doi.org/10.20886/jklh.2019.13.1.1-10>
- Yafi, Z., Setiawan, Y., & Sulistioadi, Y. B. (2023). Analisis Kualitas Air Pada Danau Kenohan Suwi, Muara Ancalong, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 7(1), 11-19.  
<http://dx.doi.org/10.30872/jtlunmul.v7i1.10116>
- Yusal, M. S. (2021). Studi Potensi Eutrofikasi Di Pesisir Losari Makassar. *Jurnal Enggano*, 6(2), 348-357.  
<https://doi.org/10.31186/jenggano.6.2.348-357>
- Zhang, Y., Li, H., Chen, X., Wang, Z., & Liu, J. (2025). Nitrogen utilization dynamics in a tropical estuary: Interplay of temperature and phytoplankton communities. *Marine Environmental Research*, 205, 107018.  
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107018>