

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengelolaan Lingkungan**

Menurut Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Lingkungan harus dilindungi dan dikelola dengan baik agar memberikan kemanfaatan ekonomi, sehingga pengelolaan lingkungan membutuhkan suatu sistem yang terpadu dalam memanfaatkan sumber daya alam. Fungsi lingkungan harus dilestarikan dalam upaya memelihara kelangsungan daya dukung dan daya tampung. Pengelolaan sumber daya alam harus selaras dan seimbang dengan fungsi lingkungan guna mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

Pengelolaan sumber daya air adalah suatu usaha memanfaatkan sumber daya air sebesar-besarnya untuk kesejahteraan manusia dan lingkungan secara berkesinambungan dan integral tanpa mengakibatkan kerusakan. Tujuan dari pengelolaan yang dilakukan untuk melestarikan komponen ekologi dan memanfaatkannya untuk rekayasa hidrologi (Soeprbowati, 2010).

Banyak pembangunan dan pengembangan sumber daya air telah menimbulkan berbagai dampak terhadap masalah lingkungan dan kesehatan manusia. Pembangunan yang berwawasan lingkungan pada hakekatnya merupakan permasalahan ekologi, khususnya ekologi pembangunan, yaitu interaksi antara pembangunan dan lingkungan. Pembangunan itu harus berwawasan lingkungan yaitu lingkungan diperhatikan sejak mulai pembangunan itu direncanakan sampai pada waktu operasi pembangunan itu. Untuk mencapai pembangunan berkelanjutan, pembangunan itu haruslah berwawasan lingkungan (Soemarwoto, 2014).

Di dalam pengelolaan sumber daya air yang berorientasi pada sustainability fungsi, maka semua pihak harus peduli dan turut serta. Sebagai ilustrasi, masalah pencemaran danau, tidak hanya merupakan tanggung jawab pengelola danau,

tetapi integrasi pemerintah daerah, pengembang industri, aparat kehutanan dan yang lebih utama adalah masyarakat (Soeprbowati, 2010).

## **2.2 Ekosistem Danau**

Danau merupakan wilayah yang digenangi badan air sepanjang tahun serta terbentuk secara alami. Danau yang terbentuk sebagai akibat gaya tektonik kadang-kadang badan airnya mengandung bahan-bahan dari perut bumi (Kordi & Tancung, 2007).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk, danau adalah wadah air dan ekosistemnya yang terbentuk secara alamiah termasuk situ dan wadah air sejenis dengan sebutan istilah lokal. Informasi mengenai data inventarisasi terhadap danau dan sumber air bersih lainnya di Indonesia belum terpenuhi secara lengkap. Banyak danau yang telah mengalami kekeringan atau telah berubah menjadi budidaya pertanian, pemukiman dan industri (Lehmusluoto *et al.* 1999).

Keberadaan danau sangat penting dalam turut menciptakan keseimbangan ekologi dan tata air. Dilihat dari sudut pandang ekologi, danau merupakan ekosistem yang terdiri dari unsur air, kehidupan akuatik dan daratan yang dipengaruhi tinggi rendahnya muka air. Selain itu, keadiran danau juga mempengaruhi iklim mikro dan keseimbangan ekosistem di sekitarnya. Sedangkan jika ditinjau dari sudut tata air, danau berperan sebagai reservoir yang dapat dimanfaatkan airnya untuk keperluan sistem irigasi dan perikanan, sebagai tangkapan air untuk pengendalian banjir serta penyuplai air tanah (Kutarga *et al.* 2008)

Di dalam Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009, ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh-menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup. Kementerian Lingkungan Hidup menyatakan bahwa ekosistem danau di wilayah Indonesia menyimpan kekayaan 25% plasma nuftah, menyuplai 72% air permukaan dan penyedia air untuk pertanian, sumber air baku

masyarakat, pertanian, pembangkit listrik tenaga air, pariwisata dan lainnya (Trisakti dan Nugroho, 2012).

Beberapa fungsi dan manfaat danau yaitu cadangan air minum (air baku air minum), pembangkit listrik tenaga air, budidaya pertanian meliputi tanaman pangan dan perkebunan, dan sarana transportasi (KLH, 2011). Beberapa permasalahan umum ekosistem danau di Daerah Tangkapan Air dan Daerah Aliran Sungai di Indonesia yaitu kerusakan lingkungan dan erosi lahan yang disebabkan oleh penebangan hutan secara ilegal dan pengelolaan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukungnya sehingga menimbulkan erosi dan sedimentasi; pembuangan limbah penduduk, industri, pertambangan, pertanian yang menyebabkan pencemaran air danau. Berbagai kegiatan yang berpotensi merusak ekosistem akuatik adalah penangkapan ikan secara berlebih dengan merusak sumber daya, pembudidayaan ikan dengan keramba jaring apung secara tidak terkendali, pengambilan air danau sebagai air baku ataupun sebagai tenaga air yang kurang memperhatikan keseimbangan hidrologi danau sehingga merubah karakteristik permukaan air danau (Mardiyanto, 2013).

Konsep pengelolaan ekosistem yang sedang berkembang saat ini digambarkan Grumbine (1994) sebagai berikut “Pengelolaan ekosistem memadukan pengetahuan ilmiah mengenai berbagai hubungan ekologi, di dalam kerangka pemikiran sosial ekonomi dan nilai-nilai yang rinci, serta mengarah pada tujuan umum berupa perlindungan keutuhan ekosistem alami dalam jangka waktu panjang. Tujuan dari pengelolaan ekosistem hanya dapat dicapai bila terjalin kerja sama yang efektif antara badan pemerintahan, organisasi konservasi, kalangan bisnis, dan pemilik lahan serta masyarakat (Indrawan *et al.* 2007).

Pemulihan ekosistem yang rusak berpotensi besar untuk memperkuat sistem kawasan konservasi yang ada selama ini. Pemulihan ekologi (*ecological restoration*) merupakan praktik perbaikan, yang dapat didefinisikan sebagai proses yang secara sengaja mengubah (keadaan lingkungan) suatu lokasi untuk membentuk kembali suatu ekosistem tertentu yang bersifat asli dan bernilai sejarah. Tujuan dari proses (restorasi) tersebut adalah mengembalikan struktur, fungsi, keanekaragaman serta dinamika dari ekosistem terkait (Indrawan *et al.* 2007).

### 2.3 Eceng Gondok

*Eichhornia crassipes* atau yang lebih dikenal dengan eceng gondok adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung yang berasal dari lembah sungai Amazon dan secara alami tumbuh di daerah tropis dan sub tropis di bagian Negara Amerika Serikat (Güereña *et al.* 2015).

Klasifikasi *Eichhornia crassipes* ([www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)) sebagai berikut:

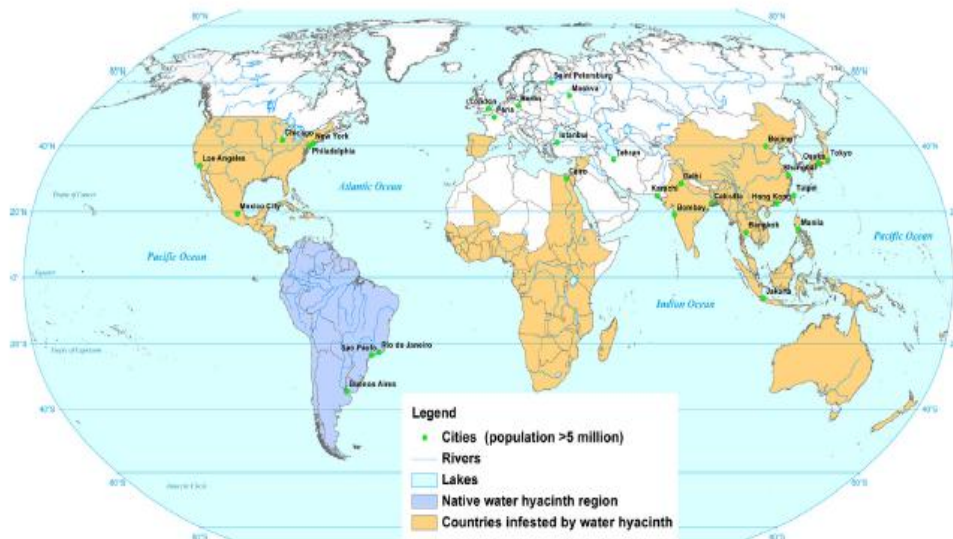
APG Clade	: Monocots Commelinoids
Famili	: Pontederiaceae
Genus	: Eichhornia
<i>Spesies Epithet</i>	: crassipes (Mart) Solms.
<i>Spesies Author</i>	: Solms
<i>Life form</i>	: Hydrohemicr
Penyebaran	: Sub Tropis America

Eceng gondok merupakan tanaman hias dengan bunga berwarna ungu yang sangat cocok untuk kolam. Namun, eceng gondok juga telah diberi label sebagai gulma air terburuk di dunia dan menjadi pusat perhatian dunia sebagai spesies invasive (Zhang *et al.*, 2010 dalam Theuri, 2013).



Gambar 1. Tanaman Eceng Gondok

Eceng gondok dapat ditemukan di daerah tropis dan sub tropis dan masuknya eceng gondok ke Afrika, Asia, Australia dan Amerika Utara disebabkan oleh akibat aktivitas manusia (Dagno *et al.* 2012 dalam Theuri, 2013).



Gambar 2. Penyebaran Eceng Gondok secara Global  
(Sumber : Tellez *et al.* 2008 dalam Theuri, 2013)

Eceng gondok merupakan tanaman air yang dapat menyebabkan penurunan fungsi ekosistem begitu pula terhadap spesies tanaman aslinya. Eceng gondok juga dapat menghambat pemanfaatan sungai dan danau sebagai area rekreasi (memancing, berenang dan transportasi perahu) (Wersal & Madsen, 2010).

Eceng gondok dapat bertahan oleh berbagai nutrisi, tingkat suhu dan pH serta dapat tumbuh dalam berbagai jenis ekosistem. Faktor lingkungan seperti suhu, pH, cahaya matahari, dan salinitas air dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan eceng gondok. Kondisi optimum dari pertumbuhan eceng gondok yaitu pada pH antara 6 hingga 8 dan pada suhu antara 28-30°C. Eceng gondok dapat memberikan pengaruh secara kimia dan fisika terhadap komposisi perairan. Eceng gondok dapat menyebabkan perubahan kejernihan air, fungsi hidrologi, konsentrasi oksigen terlarut, konsentrasi unsur hara dan pencemaran lain di permukaan air (Nguyen *et al.* 2015).

Eceng gondok memberikan pengaruh terhadap perairan lingkungan sekitarnya, diantaranya adalah dapat menghambat lancarnya arus air, mempercepat proses pendangkalan karena memiliki kemampuan untuk menahan

partikel-partikel yang terdapat dalam air, menyuburkan perairan dengan sampah-sampah organiknya sehingga memungkinkan tumbuhnya tanaman lain (Nurfritri *et al.* 2011).



Gambar 3. Eceng Gondok di Danau Toba

Eceng gondok dapat memberikan permasalahan lingkungan, sosial dan ekonomi secara meluas jika biomassa eceng gondok berlimpah (Theuri, 2013). Beberapa ancaman yang diakibatkan oleh tanaman eceng gondok (Awange & Ong'ang'a 2006) yaitu:

1. Evapotranspirasi

Laju evapotranspirasi dapat menyebabkan pengaruh buruk terhadap keseimbangan air. Tingkat kehilangan air akibat evapotranspirasi sebanyak 1,8 kali lebih banyak dari evaporasi pada permukaan yang sama. Eceng gondok juga dapat menimbulkan pertumbuhan gulma air lainnya.

2. Eutrofikasi

Eceng gondok dapat menyebabkan eutrofikasi melalui pelepasan nutrisi dari pembusukan eceng gondok. Dekomposisi dan sedimentasi dari eceng gondok yang busuk serta organisme lainnya dapat menekan terjadinya eutrofikasi.

3. Kerusakan keanekaragaman hayati

Terdapat hubungan sebab-akibat antara degradasi lahan dan hilangnya keanekaragaman hayati di danau akibat tanaman eceng gondok. Tutupan eceng gondok pada permukaan danau dapat menghalangi cahaya yang masuk sehingga menghambat proses fotosintesis. Terganggunya pertumbuhan fitoplankton ini menghasilkan pengurangan jumlah ikan. Akibat hal tersebut akan mengganggu proses jaring makanan dan siklus kehidupan di danau.

Pertumbuhan eceng gondok juga sering dikaitkan dengan penurunan jumlah ikan di perairan karena sebagian permukaan air ditutupi oleh eceng gondok. Proses dekomposisi tanaman tersebut memerlukan oksigen terlarut dalam air dan melepaskan gas metana dan gas lain yang menyebabkan efek rumah kaca. Penurunan oksigen terlarut tersebut mengurangi kemampuan ikan dalam bertahan hidup di bawah daun eceng gondok. Inilah yang merupakan salah satu faktor terjadinya penurunan jumlah ikan (Güereña *et al.* 2015).

## **2.4 Pengendalian dan Pemanfaatan Eceng Gondok**

Eceng gondok telah memberikan dampak terhadap semua aspek dalam hal pemanfaatan sumber daya air dan masyarakat di tepi sungai, terutama di Negara-negara yang miskin akan sumber daya. Jones & Cilliers (1998) mengungkapkan bahwa pengendalian secara terpadu terhadap eceng gondok memerlukan komitmen jangka panjang dalam hal pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi (Hill & Coetzee, 2008).

Tiga metode untuk mengontrol eceng gondok dikemukakan oleh Jones (2001) dalam Hill & Coetzee (2008) yaitu dengan menggunakan sistem pembersihan secara manual maupun menggunakan mesin, menggunakan herbisida dan pengendalian secara biologis serta berbagai upaya lainnya yang dilakukan dengan mengintegrasikan metode tersebut.

### **2.4.1 Pengendalian Eceng Gondok Secara Fisik**

Metode pembersihan eceng gondok secara fisik tidak akan mungkin menghilangkan eceng gondok. Metode ini merupakan metode paling aman untuk

digunakan namun akan memakan waktu dan biaya yang besar (Awange & Ong'ang'a 2006).

Pembersihan secara manual dengan menggunakan tangan maupun garpu rumput telah dilakukan oleh sejumlah besar di Negara berkembang seperti Afrika Selatan dan Cina. Metode ini merupakan kegiatan padat karya, hanya efektif untuk investasi kecil dan pada dasarnya digunakan sebagai pelatihan untuk menciptakan lapangan pekerjaan (Hill & Coetzee, 2008).



Gambar 4. Pembersihan Eceng Gondok di Danau Toba oleh Masyarakat

Masalah utama yang akan dihadapi jika dilakukan pembersihan terhadap tanaman gulma ini adalah seperti meningkatnya penguraian terhadap bahan-bahan organik di air yang ditandai dengan adanya peningkatan konsentrasi nutrient, berkurangnya oksigen terlarut dan meningkatnya bahan beracun seperti ammonia. Efek dari perubahan ini adalah berkurangnya tempat kehidupan plankton dan nekton (Mangas-Ramírez & Elías-Gutiérrez, 2004).

#### **2.4.2 Pengendalian Eceng Gondok Secara Kimiawi**

Eceng gondok yang merupakan tanaman air dengan laju pertumbuhan yang besar sangat sulit untuk dihilangkan dari perairan. Dalam beberapa tahun terakhir, sudah banyak penelitian mengenai eceng gondok yaitu sebagai salah satu cara



dalam menghilangkan polutan air bahkan sebagai bioindikator logam berat di ekosistem perairan (Sanmuga Priya & Senthamil Selvan, 2014).

Keuntungan dari metode kimiawi ini sangat cepat dan efektif dalam mengurangi eceng gondok. Namun di Zimbabwe, penyemprotan bahan kimia dihentikan oleh masyarakat di sana karena menyebabkan kematian pada ikan. Bahan kimia tersebut juga mempengaruhi pertumbuhan gulma lain seperti Typha dan Nymphaea juga terkait dengan populasi arthropoda (Awange & Ong'ang'a 2006).

Salah satu metode dengan biaya yang murah dalam mengendalikan eceng gondok telah banyak dilakukan di seluruh dunia yaitu melalui penggunaan herbisida kimia seperti Paraquat, Diquat, Glifosat, Amitrole (Villamagna & Murphy, 2010 dalam Theuri, 2013). Namun, penggunaan herbisida tersebut merupakan pilihan yang perlu untuk dipertimbangkan kembali. Mengaplikasikan herbisida untuk mengontrol eceng gondok memicu kematian eceng gondok satu demi satu. Efek dekomposisi gulma akan melepas lebih banyak nutrien dimana hal tersebut akan meningkatkan pertumbuhan alga lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas air. Alga tersebut akan menggantikan keberadaan eceng gondok dan mungkin akan menyebabkan masalah yang lebih kompleks terhadap fungsi ekologi danau (Awange & Ong'ang'a 2006).

#### **2.4.3 Pengendalian Eceng Gondok Secara Biologis**

Metode biologis merupakan metode yang paling sukses digunakan dalam mengontrol eceng gondok yaitu dilakukan dengan menggunakan musuh alami eceng gondok yang terdapat di danau untuk mengurangi populasi hama tersebut (Awange & Ong'ang'a, 2006).

Tujuan dari metode biologis ini bukan membasmi gulma namun untuk mengurangi kelimpahan eceng gondok sehingga tidak lagi menjadi masalah yang serius (Theuri, 2013).

Metode untuk mengurangi bahkan menghilangkan eceng gondok dari perairan, pencegahan limbah ke badan air merupakan salah satu metode untuk mengendalikan pertumbuhan eceng gondok khususnya limbah pertanian yang menyebabkan terjadinya penyebaran eceng gondok secara cepat. Pencegahan yang

dilakukan dapat berupa sosialisasi kepada masyarakat untuk tidak membuang sampah ke badan air dan menggunakan teknologi penyaringan air (Irham *et al.* 2016).

Salah satu metode dalam pengendalian eceng gondok secara biologis yaitu dengan menggunakan ikan koan (*Ctenopharyngodon idella*). Penelitian yang dilakukan oleh Krismono *et al.* (2010) dalam mengendalikan eceng gondok di Danau Limboto yaitu dengan menggunakan ikan koan (*grass carp*) dimana ikan koan akan memakan eceng gondok dan menghasilkan penurunan luas tutupan eceng gondok.

#### **2.4.4 Pemanfaatan Eceng Gondok**

Berbagai pemanfaatan terhadap eceng gondok telah dilakukan dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang terjadi di perairan danau. Tanaman eceng gondok dimanfaatkan sebagai sumber pendapatan oleh masyarakat maupun sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui.

Eceng gondok memiliki nutrisi yang tinggi sebagai sumber serat untuk pakan ternak ruminansia dan memiliki selulosa tinggi yang membuat produksi biogas semakin tinggi. Pada prinsipnya, teknologi biogas adalah teknologi yang memanfaatkan proses fermentasi (pembusukan) dari sampah organik secara anaerobik (tanpa udara) oleh bakteri methan sehingga dihasilkan gas methan. Potensi eceng gondok yang di manfaatkan sebagai biogas dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam menghasilkan energi terbarukan yang dapat digunakan sehari-hari (Nurfitri *et al.* 2011).

Pemanfaatan eceng gondok digunakan juga sebagai sumber energi yaitu biomassa dengan menggunakan metode ekstraksi dan pengeringan. Namun, teknologi ini menghasilkan efisiensi energi yang rendah sehingga perlu dikembangkan teknologi yang baru untuk membuat sistem pengolahan biomassa ini menjadi lebih efisien (Güereña *et al.* 2015).

Eceng gondok juga diketahui dapat berfungsi sebagai fitoremediasi yaitu sebuah teknologi yang menggunakan tanaman dalam menghilangkan kontaminan pada tanah dan air (EPA, 2000 dalam Indah *et al.* 2014). Tanaman eceng gondok mampu beradaptasi dan menyerap kandungan bahan organik dengan baik pada

limbah tahu. Kemampuan eceng gondok dalam menyerap bahan organik pada limbah tahu diduga karena adanya vakuola dalam struktur sel (Indah *et al.* 2014).

## 2.5 Eutrofikasi

Eutrofikasi adalah pengkayaan perairan oleh unsur hara, khususnya nitrogen dan fosfor sehingga mengakibatkan pertumbuhan tidak terkontrol dari tumbuhan air. Berdasarkan kandungan unsur haranya, maka perairan dapat dikategorikan menjadi oligotrofik, mesotrofik dan eutrofik (Soeprbowati & Suedy, 2010).

Eutrofikasi disebabkan karena adanya penyuburan dari kelebihan nutrisi makanan oleh tanaman di perairan yang menyebabkan terjadinya peningkatan pertumbuhan vegetasi air. Pertumbuhan tanaman yang berlimpah tersebut menyebabkan gangguan terhadap keseimbangan dari organisme dan kualitas air (Istvanovics, 2009).

Meskipun sudah banyak definisi mengenai keberadaan eutrofikasi danau, yang didasarkan pada kondisi yang terkait dengan meningkatnya produktivitas, dalam pemahaman limnologi pengertian eutrofikasi dapat diartikan dengan meningkatnya pertumbuhan dari biota perairan dan meningkatnya laju produktivitas yang secara cepat dengan tidak terjadinya gangguan terhadap sistem. Kriteria yang lebih kelihatan, mendasar dan terukur dari percepatan produktivitas ini adalah peningkatan jumlah karbon oleh alga dan tanaman air dalam jumlah besar (Wetzel, 1983).

Sumber-sumber energi seperti nutrisi yang mengalir masuk, cahaya matahari dan zat organik akan larut dalam volume air danau yang besar. Setelah terjadinya eutrofikasi, penurunan *inflow* menyebabkan pengurangan nutrisi yang terkandung pada pertukaran sedimen. Di suatu danau dengan angin dan gelombang yang terbatas, pemuatan nutrisi yang tinggi menyebabkan pertumbuhan tanaman apung seperti eceng gondok (Odum, 1992).

Upaya untuk memulihkan danau eutrofik (yang mengalami pengayaan unsur hara) bukan saja telah memberikan berbagai informasi praktis mengenai pengelolaan danau namun juga telah memberikan perspektif yang memperkaya ilmu dasar terkait yaitu limnologi (studi mengenai aspek kimia, biologi dan fisika dari perairan tawar) (Indrawan *et al.* 2007).

Solusi dari masalah pengayaan nutrisi di perairan dan profilerasi dari tanaman gulma merupakan tujuan utama pengelolaan basin yang terintegrasi yaitu dengan mengidentifikasi sumber utama pencemaran dan strategi pengembangan pengolahan air dilihat dari sumber utama pencemar organik dan kimia (Mangas-Ramírez & Elías-Gutiérrez 2004).

Kondisi kualitas air danau dan/atau waduk diklasifikasikan berdasarkan eutrofikasi yang disebabkan adanya peningkatan kadar unsur hara dalam air. Faktor pembatas sebagai penentu eutrofikasi adalah unsur Fosfor (P) dan Nitrogen (N). Eutrofikasi disebabkan oleh peningkatan kadar unsur hara terutama parameter Nitrogen dan Fosfor pada air danau dan/atau waduk. Status trofik danau dan/atau waduk berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 diklasifikasikan dalam empat kategori status trofik yaitu:

1. Oligotrof adalah status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar rendah, status ini menunjukkan kualitas air masih bersifat alamiah belum tercemar dari sumber unsur hara Nitrogen dan Fosfor.
2. Mesotrof adalah status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar sedang, status ini menunjukkan adanya peningkatan kadar Nitrogen dan Fosfor namun masih dalam batas toleransi karena belum menunjukkan adanya indikasi pencemaran air.
3. Eutrof adalah status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar oleh peningkatan kadar Nitrogen dan Fosfor .
4. Hipereutrof/Hipertrof adalah status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar sangat tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar berat oleh peningkatan kadar Nitrogen dan Fosfor.

Tabel 1. Kriteria Status Trofik Danau

Status Trofik	Kadar rata-rata Total N ( $\mu\text{g/l}$ )	Kadar rata-rata Total-P ( $\mu\text{l}$ )	Kadar rata-rata Klorofila ( $\mu\text{l}$ )	Kecerahan rata-rata (m)
1	2	3	4	5
Oligotrof	<650	<10	<2.0	>10
Mesotrof	<750	<30	<5.0	>4
Eutrof	<1900	<100	<15	>2.5
Hipereutrof	>1900	>100	>200	<2.5

Sumber: PERMEN LH No. 28 Tahun 2009