

EUTROFIKASI DAN PROBLEMATIKANYA

Oleh
Dra. R. Tarigan

A. Pendahuluan

Danau merupakan ekosistem air tenang (lentik), yang mendapat masukan unsur hara dari ekosistem di sekitarnya (Collinvaux, 1993). Sebagian unsur hara ini dialirkan ke luar danau, tetapi sebagian besar lainnya tetap tertinggal di dalam danau. Selanjutnya Collinvaux (1993) memberikan istilah terhadap danau yang mengandung zat hara dalam jumlah besar sebagai danau subur (eutrofik). Danau subur adalah danau yang aktif melakukan eutrofikasi.

Eutrofikasi merupakan suatu fenomena pengayaan ekosistem akuatik dengan unsur hara, terutama nitrogen dan pospor, mengakibatkan meningkatnya produktivitas primer. Proses pengayaan unsur hara dan peningkatan produktivitas primer ini merupakan dua proses yang berbeda, tetapi biasanya unsur merupakan prasyarat bagi proses peningkatan produktivitas primer. Namun demikian, tidak berarti bahwa pengayaan unsur hara pasti mengakibatkan meningkatnya produktivitas primer secara dramatis hingga menimbulkan problema eutrofikasi. Hal ini tampaknya berkaitan dengan intensitas masukan unsur hara dan proses internal yang terjadi dalam ekosistem danau atau waduk.

Menurut Porcella dan Bishop (1975), eutrofikasi merupakan fenomena pengayaan air permukaan dengan unsur hara tanaman. Danau-danau yang miskin hara (oligotrofik) menjadi danau yang kaya hara (eutrofik) bila konsentrasi hara dalam air danau tersebut meningkat. Peningkatan konsentrasi unsur hara ini mengakibatkan peningkatan produktivitas dan konsekuensi-konsekuensi lainnya yang disebabkan oleh penyuburan air danau.

Salah satu proses kunci yang dianggap sebagai penyebab timbulnya problem eutrofikasi adalah masukan unsur hara, terutama nitrogen dan posfor dari daerah aliran danau. Sumber unsur hara ini berasal dari limbah domestik, industri, dan pertanian. Limbah domestik dianggap sebagai sumber pospor yang paling banyak, sedangkan limbah pertanian merupakan sumber hara nitrogen. Proporsi dari kedua limbah ini sangat dipengaruhi oleh intensitas pengolahannya sebelum memasuki danau.

Masukan unsur hara ini disatu sisi membuat danau menjadi subur, akan tetapi di sisi lain kandungan nitrogen dan fosfor yang tinggi mengakibatkan laju pertumbuhan populasi fitoplankton menjadi sangat tinggi terutama kelompok *Cyanophyta* dan *Chlorophyta* dan akhirnya terjadi "blooming" atau peledakan populasi. Kondisi ini justru mengakibatkan kondisi danau menjadi sebaliknya, yakni tercemar.

Mencermati uraian di muka, melalui tulisan ini coba dipaparkan beberapa hal yang berhubungan dengan proses eutrofikasi danau, faktor-faktor yang mengakibatkan eutrofikasi, akibat yang ditimbulkannya, dan cara penanggulangannya.

B. Pembahasan

1. Eutrofikasi : Gambaran Umum

Secara umum eutrofikasi danau terdiri atas 8 komponen utama (Moss, 1980), yaitu: (1) daerah aliran danau; (2) massa air dan kolam air di dalam danau; (3) komunitas plankton; (4) komunitas benthik, litoral, dan profundal; (5) komponen substansi kimiawi; (6) tumbuhan akuatik (mikrofit); (7) ikan dan vertebrata lainnya; (8) sedimen dasar perairan. Komponen ini saling berinteraksi satu sama lain, menentukan dinamika ekosistem akuatik lentik ini.

Masuknya limbah yang kaya unsur hara ke dalam danau akan meningkatkan cadangan (pool) unsur hara tersedia yang telah ada. Peningkatan konsentrasi ini mengakibatkan peningkatan produktivitas akibat penyuburan air danau. Tingkat konsentrasi unsur hara dalam air danau secara alami dapat meningkat atau menurun, tergantung kepada umur dan aktivitas geologis serta sejarah masa lalu dari daerah alirannya. Akan tetapi aktivitas manusia di daerah aliran sering kali dapat mempercepat penambahan unsur hara, dan meningkatkan aktivitas eutrofikasi.

Pada umumnya air danau yang kualitasnya baik untuk mendukung berbagai macam penggunaan mempunyai konsentrasi estetika yang rendah dan turbiditasnya rendah, secara estetika lebih indah dan mendukung rantai makanan yang bagus. Eutrofikasi mengakibatkan menurunnya kualitas danau untuk berbagai penggunaan tersebut.

Danau-danau eutrofik secara alamiah akan terjadi bila daerah alirannya menyediakan air yang kaya fosfat dan unsur hara lainnya. Kalau sedimentasi mengisi danau, air menjadi cukup dangkal, sehingga memungkinkan bagi sedimen danau secara langsung berpartisipasi dalam menyediakan unsur hara ke dalam air danau.

Kalau produktivitas jangka panjang menyebabkan penimbunan sedimen organik yang kaya sehingga daur ulang hara dapat berlangsung cepat. Akan tetapi pada kenyataannya tanpa campur tangan manusia kekayaan danau akan tetap oligotrofik selama periode waktu yang panjang.

2. Pengaruh Unsur Hara

Peningkatan konsentrasi unsur hara dalam air danau akan berarti menyuburkan danau, dan ini akan mengakibatkan peningkatan produktivitas tumbuhan secara nyata atau sering disebut sebagai "bloom" (Menurut Hanson, tanpa tahun, istilah untuk sejumlah besar organisme, biasanya alga, pada badan air).

Akhirnya peningkatan produktivitas ini dapat mengakibatkan berkurangnya konsentrasi oksigen yang terlarut di dalam air, dan menimbulkan gangguan yang parah terhadap hubungan-hubungan yang ada dalam rantai makanan dan juga mengganggu keseimbangan di antara jengjang tropik yang berbeda dalam rantai makanan.

Melalui aktivitas manusia dan kejadian alamiah yang berlangsung di daerah alirannya, unsur hara memasuki badan air. Melalui berbagai reaksi biologis terutama yang berkaitan dengan fotosintesa, akhirnya unsur hara ini difiksasi dan digunakan ke dalam rantai makanan.

Kalau konsentrasi unsur hara dalam air meningkat, maka akan terjadi pertumbuhan tanaman lebih banyak hingga timbul konsekuensi-konsekuensi seperti :

- (1) Konsentrasi oksigen terlarut dalam air menunjukkan daur harian jenuh dan defisit, sehingga dasar danau (hypolimnion) menjadi kekurangan oksigen.
- (2) Hilangnya diversitas dan stabilitas komunitas karena ganggang hijau menjadi sedemikian kompetitifnya dan kadang kala menjadi dominan.
- (3) Ledakan pertumbuhan *Cyanophyta* dapat menimbulkan problema rasa dan bau, dan kesulitan dalam proses filtrasi air untuk keperluan domestik.
- (4) Faktor fisik dan kimiawi yang ditimbulkan oleh peledakan populasi *Cyanophyta* dapat mengganggu atau merusak nilai-nilai estetika danau.
- (5) Penurunan populasi ikan sebagai akibat dari menurunnya konsentrasi oksigen terlarut dan perubahan sumber makanan.
- (6) Tumbuhan gulma akuatik yang dapat mengganggu keindahan dan kegunaan danau lainnya.

Sebagai sumber pokok dari semua unsur hara untuk suatu danau tertentu, adalah cadangan geologis.

3. Faktor-faktor yang Membatasi Pertumbuhan Tanaman

Faktor-faktor yang dapat dikendalikan manusia sebagai metode praktis dan ekonomis untuk mengendalikan produktivitas danau adalah konsentrasi unsur hara seperti nitrogen dan posfor (Porcella, 1969 dalam Porcella dan Bishop, 1975). Goldman (1965 dalam Porcella dan Bishop 1975) mengemukakan, bahwa di antara unsur hara, ternyata nitrogen dan posfor yang sangat menentukan fenomena blooming alga hijau. Nitrogen merupakan komponen esensial dari protein, asam nukleat, dan makro molekul lain yang mempunyai fungsi biologis.

Sumber utama nitrogen bagi alga adalah bentuk anorganik seperti nitrat, nitrit, ammonia. Filtrasi nitrogen dari atmosfer oleh alga hijau dan oleh bakteri, serta hasil dekomposisi bahan organik oleh bakteri juga dapat menjadi sumber penting dalam ekosistem akuatik.

Posfat pada umumnya tersedia bagi alga hanya dalam bentuk *ortoposfat*. Pospor sering kali disimpan dalam sel sebagai *polifosfat* dan digunakan dalam asam nukleat, nukleotida, posfolipid. Pendaaur-ulangan posfor dari sedimen, dekomposisi posfat organik, dan hidrolisis polifosfat menjadi ortofosfat dapat berfungsi sebagai sumber posfat bagi ganggang, tetapi biasanya sumber yang lebih utama adalah masukan air ke dalam danau dari daerah aliran.

Sawyer (1949 dalam Porcelle dan Bishop, 1975) mengungkapkan bahwa ambang batas konsentrasi yang akan menimbulkan eutrofikasi adalah 0,01 mg P/liter dan 0,3 N/liter. Selanjutnya Vollenweider (1968 dalam Porcelle dan Bishop, 1975) Menggunakan nilai-nilai perkiraan Sawyer tersebut untuk memperkirakan besarnya nilai muatan tahunan sebagai berikut:

$P = 0,2-0,5 \text{ g/m}^2/\text{tahun}$; $N = 5 - 10 \text{ g/m}^2/\text{tahun}$. Kalau unsur hara yang lebih besar dari jumlah ini ada dalam suatu danau, maka akan menyebabkan kondisi eutrofikasi, pertumbuhan tanaman dapat mengalami hambatan.

Cahaya dan suhu merupakan faktor non hara yang dapat membatasi produktivitas tanaman. Cahaya juga dapat membatasi produktivitas kalau terjadi turbiditas akibat dari konsentrasi ganggang atau padatan tersuspensi lain secara berlebihan. Suhu mempengaruhi laju pertumbuhan dan menetapkan batas atas bagi kehidupan suatu ganggang tertentu.

4. Pengendalian Unsur Hara dan Eutrofikasi

Banyak upaya yang telah dilakukan oleh para ahli untuk memperkirakan dampak negatif yang ditimbulkan oleh eutrofikasi. Berkaitan dengan upaya ini juga dikaji masalah metode untuk mengendalikan eutrofikasi. Salah satu metode adalah berlandaskan pada konsepsi "unsur hara pembatas pertumbuhan".

Kalau unsur hara pembatas telah diketahui, maka harus diterjemahkan ke dalam bentuk sarana pengendalian praktis untuk menghadapi problema eutrofikasi. Beberapa metode pengendalian sifatnya hanya sementara untuk menangani gejala dan dampak eutrofikasi.

Metode lain yang diarahkan untuk menyingkirkan unsur hara atau mengubah kondisi di dalam badan perairan untuk menimbulkan dampak dari blooming algae seperti terlihat dalam Tabel 1.

Dengan jalan mengurangi satu faktor pertumbuhan hingga menjadi taraf yang membatasi, maka pertumbuhan tentu akan berkurang. Prinsip ini diterapkan dalam upaya pengendalian eutrofikasi dengan jalan menghilangkan posfat dari limbah buangan yang masuk ke dalam danau. Suatu contoh adalah kerja sama antara pemerintah daerah Great Lake dengan Pemerintah Pusat di bidang perlindungan lingkungan dimana baku mutu untuk limbah buangan ke dalam danau harus mengandung kurang dari 1 mg P/liter (Lee, 1972 dalam Porselle dan Bishop, 1975).

Tabel 1. Metode-metode Pengendalian Eutrofikasi dan Dampaknya.

Sarana-sarana Pengendalian Eutrofikasi	
1. Sementara :	Permanen gulma dan ganggang
Biologis :	Dimakan (grazing) organisme Alga hijau biru (blue green algae)
Kimiawi :	Tembaga sulfat, herbisida organik.
1. Permanen :	Pengelolaan daerah aliran Diversi limbah-limbah yang kaya unsur hara Pengendapan unsur hara dalam danau Pengenceran unsur hara dalam danau Penghapusan senyawa kimia tertentu dari produk industri kimia
3. Modifikasi :	
Danau :	Pendalaman danau Aerasi danau Pengambilan sediman dasar

Upaya pengurangan masukan posfor ke dalam danau tersebut di atas ternyata dalam beberapa kasus kurang efektif mengendalikan eutrofikasi. Hasil penelitian Edmonson (dalam Porselle dan Bishop, 1975) mengungkapkan bahwa hubungan antara pengusiran posfor dari limbah buangan dengan produktivitas primer dalam danau masih belum terlalu menyakinkan. Pertumbuhan ganggang dalam danau ternyata juga mempunyai hubungan erat dengan faktor lain seperti bahan organik, nitrogen, vitamin, hormon pertumbuhan dan lain-lain.

5. Distribusi Masukan Posfor ke Dalam Danau

Dalam rangka untuk menduga pengaruh konsentrasi masukan pospor ke dalam suatu sistem akuatik, maka perlu dipahami bahwa semua bentuk pospor (total posfor) segera tersedia bagi pertumbuhan ganggang. Pada umumnya, bentuk ortoposfat yang larut dalam air cepat tersedia bagi tumbuhan: posfat organik yang terlarut atau yang berupa partikulat harus didekomposisikan lebih dahulu oleh bakteri hingga menghasilkan ortoposfat yang dapat larut; sedangkan posfat organik yang terkondensasi dengan mudah dapat dihidrolisis secara enzimatis dengan bantuan bakteri menjadi ortoposfat yang larut. Posfat organik yang terdapat dalam partikulat memerlukan pelarutan, biasanya melalui efek penurunan pH, supaya menjadi bentuk yang dapat diserap oleh alga.

Posfor yang memasuki suatu danau dapat didistribusikan di antara beberapa fase yaitu air (lapisan epilimnion dan hypolimnion), sedimen, biota, dan partikulat organik. Kesemua fase ini saling berinteraksi dan oleh karena terlibat dalam daur ulang alamiah posfat dalam ekosistem danau.

Untuk danau-danau yang mempunyai rataan kedalaman yang berbeda-beda memberikan gambaran tentang konsentrasi yang diperkenankan dan konsentrasi yang membahayakan pada hubungan eutrofikasi posfor. Pengaruh upaya pengelolaan posfor terhadap masukan posfor dapat dihubungkan dengan taraf eutrofikasi dan kemudian dievaluasi dalam bentuk sebab dan akibat dalam hubungan dengan biaya upaya pengendalian.

Model yang diperoleh mencerminkan suatu upaya kuantitas hubungan antara utrofikasi dan masukan posfor. Dengan menggunakan hubungan ini maka dapat dievaluasi bagaimana pengaruh suatu strategi pengelolaan posfor tertentu terhadap bahaya eutrofikasi di suatu danau. Model ini sangat menguntungkan karena sederhana dan tidak banyak memerlukan input data empiris.

Beberapa asumsi penting yang digambarkan dalam model eutrofikasi posfor adalah:

1. Pospor merupakan satu-satunya faktor pembatas pertumbuhan. Dalam hubungan kasus yang digunakan ternyata posfor dapat dianggap sebagai faktor pembatas pertumbuhan.
2. Jumlah peubah yang dilibatkan dapat meminimumkan model ini hanya melibatkan kedalam danau dan kapasitas muatan hara (loading hara)

C. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan.

Mengacu pada uraian pembahasan yang telah dipaparkan di muka maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kemungkinan terjadinya problema eutrofikasi meningkat sejalan dengan peningkatan aktivitas konsumsi baik dari lahan pemukiman maupun lahan pertanian, yang menghasilkan limbah kaya unsur hara, terutama nitrogen, posfor yang akhirnya masuk ke dalam ekosistem akuatik.
2. Eutrofikasi yang ditandai oleh tingginya laju produktivitas primer atau blooming alga, akan berdampak buruk terhadap kualitas air terutama yang ada kaitannya langsung atau tidak langsung dengan konsentrasi oksigen terlarut.

2. Saran

Dalam pengelolaan lahan pertanian di daerah aliran sungai, disarankan tindakan yang dapat membatasi laju erosi dan limpasan permukaan, penggunaan pupuk N dan P secara terkendali baik dosis maupun frekuensi dan cara pemakaiannya. Dalam Konsumsi domestik perlu diperhatikan penggunaan produk-produk yang menghasilkan limbah posfor seperti deterjen.

ooo000ooo

DAFTAR PUSTAKA

- Colinvaux, Paul. 1993. *Ecology 2*. New York: John Wiley & Sons, Inc. P. 544 - 562.
- Hanson, Herbert C. Tanpa Tahun. *Dictionary of Ecology*. Washington D.C: Philosophical Library, Inc.
- KLH. 1988. *Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan*. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. KKEP. 02/MENKLH/1988. Jakarta: Sekmeneg KLH.
- Moss, B.1980. *Ecology of Fresh Waters*. Oxford: Blacwell Scientific Publications.
- Poscella, D.B. dan A.B. Bishop. 1975. *Comprehensive Management of Phosphorus Water Pollution*. An Arbor Acience.
- Prochazkova, L. 1978. *Agricultural Impack on the Nitrogen and Phosporus Concentration in Water*. Dalam N. Duncan dan J. Rzoska. L. and Use Impact on Lake and Reservoirs Ecosystems Project 5 Workship, Nay 26 June 2. 1978. Programnie on Man and the Biosphere, Faculty, Verlag, Viem.
- Soeriaatmadja, R.E. 1989. *Ilmu Lingkungan*. bandung: Penerbit ITB.

00000000