

STATUS TROFIK DANAU RAWAPENING DAN SOLUSI PENGELOLAANNYA

Tri Retnaningsih Soeprbowati dan Sri Widodo Agung Suedy

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Diponegoro Semarang

trsoeprbowati@yahoo.co.id

ABSTRACT---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. Danau Rawapening menerima inlet dari 16 sungai dan hanya memiliki 1 outlet, menyebabkan akumulasi materi yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji status trofik Danau Rawapening, sehingga dapat menjadi landasan dalam upaya pengembangan pengelolaannya. Pengambilan sampel air dilakukan pada Februari 2008 pada 7 titik untuk analisis fitoplankton dan kandungan total nitrogen, fosfor, silikon, potasium, kalsium dan mangan. Pengukuran temperatur, DO, pH, kekeruhan, konduktivitas, turbiditas dilakukan secara *in-situ*. Pengambilan sampel air untuk analisis BOD dilakukan menggunakan 2 botol gelap 300mL, botol pertama diukur DO₀, botol ke-2 diinkubasi selama 5 hari kemudian dihitung DO₅. Penghitungan kandungan klorofil menggunakan metode spektrofotometri. Berdasarkan kandungan klorofilnya, maka dapat dihitung nilai produktivitas primer. Berdasarkan kandungan Total Fosfor Danau Rawa Pening dalam kondisi mesotrofik, tapi berdasarkan kandungan Total Nitrogen dan kecerahan perairan yang kurang dari 2 meter termasuk dalam kondisi eutrofik. Hal ini ditunjukkan oleh dominannya *Aulacoseira granulata* dan *Melosira varians*. Kualitas air seperti pH, DO, kecerahan, kandungan logam berat mengalami degradasi dan cenderung melebihi ambang batas Baku Mutu Lingkungan. Ekoteknologi merupakan pendekatan yang dapat diimplementasikan di Danau Rawapening, menjadikan eceng gondok sebagai sabuk hijau, dan pembuatan *preimpoundment* di hilir inlet sebelum masuk ke danau.

Key words: status trofik, eutrofikasi, danau Rawapening, pengelolaan danau

PENDAHULUAN

Danau Rawapening mempunyai nilai ekologis, historis dan ekonomis tinggi. Secara ekologis, Rawapening merupakan danau semi alami yang terletak 45 km sebelah selatan Semarang dan kurang lebih 9 km timur laut Salatiga. Secara hidrologis, Danau Rawapening merupakan inlet bagi 16 sungai yang terletak di 9 sub-sub DAS. Secara historis, Rawapening mempunyai peranan penting dalam munculnya sejarah kearifan lokal di tanah Jawa. Secara ekonomis, Rawapening mempunyai peranan sangat tinggi untuk masyarakat sekitar, yaitu irigasi pertanian, perikanan, pembangkit listrik tenaga air dan pariwisata. Penggunaan lahan yang ada di kawasan ini adalah tegalan 35%, sawah 18,3%, semak/lahan terbuka 11,6%, pemukiman 13,8%, perkebunan 8%, kebun campuran 7,8%, rawa/danau 4,5%, penggunaan lahan lainnya 1% (P4N UGM, 2000). Namun, kondisinya telah banyak mengalami perubahan, yang diindikasikan oleh tidak

terkontrolnya pertumbuhan tanaman akuatik yang umumnya berkaitan dengan proses eutrofikasi. Kurang lebih 120 ha wilayahnya tertutup oleh *Eichornia crassipes*, 20 - 50 ha oleh *Hydrilla verticillata* dan 100 ha oleh *Salvinia cucullata* (Lehmusluoto, *et al.*, 1995). Penutupan permukaan oleh tumbuhan air semakin besar persentasenya, bahkan pada musim kemarau bisa mencapai 70%. Pertumbuhan yang tidak terkontrol ini menyebabkan penutupan permukaan perairan yang memicu munculnya pulau terapung, pendangkalan danau akibat terperangkapnya sedimen di akar tanaman, dan terakumulasinya serasah/busukan eceng gondok di dasar perairan.

Penelitian yang telah dilakukan di Danau Rawapening antara lain komparasi diatom epifitik dan epipelik, tidak semua diatom epipelik bersifat epipelik sejati, (Soeprbowati, 2005). Soeprbowati dkk (2005) mengkaji diatom epipelik Danau Rawapening dan kondisi perairannya.

Meskipun diatom merupakan penyusun utama komunitas fitoplankton, namun penelitian tentang fitoplankton dan kaitannya dengan status trofik Danau Rawapening belum dilakukan.

Eutrofikasi adalah proses pengkayaan perairan, terutama oleh Nitrogen dan Fosfor, tetapi juga elemen lainnya seperti silikon, potasium, calcium dan mangan yang menyebabkan pertumbuhan tidak terkontrol dari tumbuhan air yang dikenal dengan istilah *blooming* (Welch & Lindell, 1992).

Peranan eutrofikasi terhadap suksesi danau masih menjadi bahan perdebatan. Moss (1988) dan Welch & Lindell (1992) menyangkal bahwa pendangkalan danau berkaitan dengan kesuburannya. Sementara itu Harper (1992) mempercayai bahwa eutrofikasi merupakan bagian dari suksesi alami danau. Eutrofikasi harus dibedakan dengan suksesi danau. Suksesi danau merupakan proses alamiah yang terjadi sebagai akibat sedimentasi yang tinggi dari daerah tangkapan, sedangkan eutrofikasi adalah proses pengkayaan perairan oleh nutrisi yang dapat terjadi secara alami atau buatan. Secara alami, danau menjadi eutrofik sebagai akibat dari pembakaran hutan, gempa bumi, erosi, atau input nutrisi berasal dari kotoran burung seperti yang terjadi di Eropa. Namun, kebanyakan kasus eutrofikasi adalah karena ulah manusia Soeprbowati dkk (1998).

Berdasarkan status trofiknya, secara umum kualitas perairan dapat dikelompokkan menjadi 3 golongan yaitu oligo-, meso-, dan eutrofik (Straskraba Iet al., 1993). Namun oleh beberapa peneliti ada yang mengelompokkannya menjadi 4 golongan (Barus, 2002) atau 5 (OECD, 1982), seperti Tabel 1.

Status trofik perairan dapat diindikasikan oleh produktivitas primer perairan yang berhubungan sangat erat dengan kandungan klorofil fitoplankton. Semakin tinggi pasokan nutrisi ke perairan akan meningkatkan produktivitas primernya. Besarnya produktivitas primer fitoplankton merupakan ukuran kualitas suatu perairan. Semakin tinggi produktivitas primer fitoplankton suatu perairan semakin besar pula daya dukungnya bagi kehidupan komunitas

penghuninya, sebaliknya produktivitas primer fitoplankton yang rendah menunjukkan daya dukung yang rendah pula.

Produktivitas primer adalah variabel yang sering digunakan sebagai indikator penentuan kualitas perairan. Produktivitas primer dapat diartikan sebagai laju pembentukan senyawa organik dari senyawa anorganik. Produktivitas primer perairan dihasilkan oleh proses fotosintesis dan kemosintesis. Dalam pelaksanaan pengukuran produktivitas primer fitoplankton, selama ini dilakukan dengan memperhitungkan intensitas matahari saat penyinaran tertinggi. Dengan dasar itu dilakukan pengingkubasian untuk menghitung besarnya produktivitas primer fitoplankton dalam suatu perairan. Ketepatan penentuan besarnya kandungan produktivitas primer fitoplankton dalam suatu perairan sangat berguna dalam menentukan tingkat kesuburan dan kelayakan suatu perairan mendukung kehidupan organisme di perairan itu sendiri.

Pertambahan populasi penduduk yang sedemikian pesat berdampak pada tekanan terhadap lingkungan yang semakin meningkat pula. Banyak perubahan lingkungan yang mengiringi, seperti perubahan tata guna lahan dan degradasi kualitas lingkungan. Perubahan tata guna lahan rural menjadi urba seperti ini dikenal sebagai urbanisasi.

Urbanisasi memberikan dampak positif dan negatif, tergantung dari sisi pandang. Dari sisi sosial ekonomi, urbanisasi lebih banyak berdampak positif, sedangkan dari aspek ekologi, seringkali urbanisasi berdampak negatif, khususnya jika perubahan ekologi yang terjadi telah melebihi daya dukung lingkungan. Bencana banjir, tanah longsor dan kekeringan panjang di musim kemarau dipercaya sebagai akibat dari perubahan tata guna lahan. Namun penelitian mengenai hal ini, khususnya di Indonesia masih jarang sekali dilakukan (Sudarmaji, 1988).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka problem yang ada di Danau Rawapening adalah *blooming* tumbuhan air, terutama eceng gondok. Oleh karena itu, maka penelitian ini dirancang dengan tujuan untuk mengkaji status

trofik Danau Rawapening dan pengembangan upaya pengelolaannya.

METODE PENELITIAN

Danau Rawapening sebagai ekosistem lentik menerima 9 inlet dan hanya mempunyai 1 outlet yaitu Sungai Tuntang, sehingga dapat dikatakan sebagai ekosistem tertutup. Problem sedimentasi dari daerah hulu, *blooming* tumbuhan air dengan populasi yang sangat padat telah mengganggu fungsi ekologis danau sebagai reservoir air, karena problem tersebut telah berdampak mengurangi volume air danau, sehingga perikanan dan PLTA juga menjadi berkurang produksinya.

Berpijak pada kondisi tersebut, maka penelitian ini dirancang guna memberikan database terbaru tentang fitoplankton dan status trofik Rawapening yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam pengembangan konservasinya. Penelitian ini dirancang dalam tahap pra survey, survey, laboratorium, dan analisis data yang akan diselesaikan dalam kurun waktu 6 bulan.

Prasurvey dilaksanakan pada akhir November 2007 guna menetapkan titik-titik pengambilan sampel. Sebagai landasan dalam prasurvey, 3 zona Danau Rawapening yang telah dihasilkan dalam penelitian terdahulu (Soeprbowati dkk, 2005) dijadikan sebagai pijakan dalam penetapan lokasi pengambilan sampel. Hal lain yang akan dijadikan dalam penentuan titik sampling adalah lokasi yang tertutup penuh oleh eceng gondok, tertutup sebagian oleh eceng gondok, dan lokasi yang bebas dari eceng gondok. GPS digunakan untuk menentukan titik sampling tersebut. Lokasi titik pengambilan sampel dan kondisinya tersaji dalam Tabel 2 dan Gambar 1.

Survey telah dilaksanakan pada Februari 2008, dilakukan untuk pengambilan sampel fitoplankton dengan plankton net dan pengambilan sampel air untuk dianalisis kandungan total nitrogen, fosfor, silikon, potasium, calsium dan mangan. Pengukuran temperatur, DO, pH, kekeruhan, konduktivitas, turbiditas dilakukan secara *in-situ*.

Pengambilan sampel air untuk analisis BOD dilakukan menggunakan 2 botol gelap 300mL, botol pertama diukur DO₀, botol ke-2 diinkubasi selama 5 hari kemudian dihitung DO₅. Pengambilan sampel untuk analisis kualitas air dilakukan menggunakan botol sampel plastik volume 1500mL, dimasukkan ke dalam danau 50 cm dan ditutup selagi masih di dalam danau setelah botol terisi penuh. Sampel untuk analisis klorofil diambil menggunakan plankton net ukuran mesh 25.

Kegiatan laboratoris meliputi analisis kandungan Total nitrogen, fosfor, silikon, posasium, calsium, mangan akan dilakukan menggunakan spektrofotometer. Penghitungan kandungan klorofil menggunakan metode spektrofotometri (Geiger & Osborne, 1992). Berdasarkan kandungan klorofilnya, maka dapat dihitung nilai produktivitas primer.

Produktivitas primer (gram C/m²/hari) = konsentrasi klorofil x 3,7 xR/k

3,7 = koefisien asimilasi

R = daya tembus cahaya (kecerahan)

K = nilai extinction cahaya = 0,04 + 0,0088C + 0,054C^{2/3}

C = jumlah total klorofil

Klorofil a = 11,85 D₆₆₄ - 1,54 D₆₄₇ - 0,08 D₆₃₀

Klorofil b = -5,43 D₆₆₄ + 21,03 D₆₄₇ - 2,66 D₆₃₀

Klorofil c = -1,67 D₆₆₄ - 7,60 D₆₄₇ + 24,52 D₆₃₀

D = panjang gelombang yang digunakan (Geiger & Osborne, 1992)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan prasurvey dan survey yang telah dilaksanakan di Danau Rawa Pening pada bulan November 2007 dan Februari 2008, maka tujuh titik pengambilan sampel terletak pada koordinat 07.15.646 – 07.18.376 LS dan 110.25.420 – 110.27.198 BT dengan elevasi antara 474 – 484 dpl. Data yang diperoleh secara *in-situ* antara lain temperatur air, berkisar antara 27,03 – 28,97°C. Kandungan oksigen terlarut perairan juga bervariasi dari mendekati 0 sampai dengan 8. Yang menarik adalah bahwa DO perairan terbuka (diwakili

oleh titik di danau terbuka dan danau-Sraten) memiliki kandungan oksigen terlarut cukup tinggi, namun di ekosistem outlet DO perairan sangat rendah (0,08 – 0,18 mg/L). pH perairan cukup variatif antara 4,06 (inlet Galeh-Torong-Panjang) dan 10,13 (tengah danau-Sraten) dengan rerata pH $6,75 \pm 2,34$; konduktivitas antara 0,18 – 0,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabel 3).

Turbiditas dan kecerahan perairan lebih merupakan ekspresi kekeruhan air oleh suspensi terlarut, karena populasi fitoplankton relatif rendah. Turbiditas tertinggi dijumpai di inlet Galeh-Torong-Panjang dan Asinan. Kedua lokasi ini yang secara teknis paling memungkinkan untuk pengambilan sampel di dekat muara sungai dengan Daerah Tangkapan Air mayoritas merupakan lahan pertanian. Meskipun dekat dengan dermaga dan penutupan tumbuhan air 60%, namun di Bukit Cinta kecerahan perairan dijumpai yang paling dalam.

Secara umum, kandungan logam berat di danau berada di ambang batas atau melebihi ambang Baku Mutu untuk semua kelas (PP Nomor 83 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air). Kandungan Cromium dan Tembaga melebihi ambang batas baku mutu lingkungan, sedangkan timbal dan kadmium berada di ambang batas baku mutu.

Kandungan total nitrogen (TN) rerata $1,02 \pm 0,9$, inlet Galeh-Torong-Panjang dan Asinan memiliki konsentrasi TN tertinggi. Di outlet (Tuntang 1 dan Tuntang2) serta di badan danau (Sraten) konsentrasi TP-nya 0, konsentrasi tertinggi dijumpai di Bukit Cinta (Gambar 5.5). Kandungan tertinggi unsur hara Kalsium dijumpai di inlet Galeh-Torong-Panjang, Magnesium di danau terbuka, Natrium di inlet Asinan dan outlet (Tuntang 1 dan Tuntang2), besi di danau (Sraten) dan silika di Bukit Cinta (Gambar 2).

Konsentrasi klorofil a tertinggi dijumpai di inlet Asinan dan outlet Tuntang2, sedemikian halnya produktivitas primernya (Gambar 3). Namun kedua lokasi tersebut memiliki populasi fitoplankton yang rendah, populasi tertinggi dijumpai Bukit Cinta. Dalam penelitian ini dijumpai 58 jenis fitoplankton,

baik jumlah jenis maupun populasi fitoplanktonnya didominasi oleh Bacillariophyta, diikuti oleh Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta dan Pyrrophyta (Gambar 4). Bukit Cinta memiliki jumlah jenis dan populasi fitoplankton tertinggi sedangkan umlah jenis dan populasi plankton yang rendah dijumpai di Inlet Asinan dan outlet Tuntang 1 dan Tuntang 2 yang notabene memiliki produktivitas tinggi (Tabel 3).

Berdasarkan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, maka inlet Asinan dan Galeh-Torong-Panjang yang paling stabil dibandingkan lokasi penelitian lainnya. Masing-masing dengan $H' = 2,67$ dan $2,66$. Lokasi yang paling tidak stabil berdasarkan fitoplanktonnya adalah danau terbuka dengan indeks pemerataan yang rendah pula (0,59). Hali ini berkaitan dengan adanya dominansi *Chlorella* sp., *Aulacoseira granulata*, *Melosira varians*, *Aulacoseira distans* dan *Zygnema* sp (Tabel 3).

Pembahasan

Danau Rawa Pening merupakan ekosistem yang relatif tertutup dengan Sungai Tuntang sebagai pintu air keluar (outlet) danau. Dibandingkan dengan ekosistem lenthik (sungai), maka pada ekosistem lotik (danau) memiliki waktu tinggal yang lebih lama. Air yang tersimpan di danau hanya 0,009% dari total air keseluruhan dengan waktu tinggal air cukup singkat yaitu 6-7 tahun (Wetzel, 2001). Namun iklim, vegetasi, topografi, geologi, pemanfaatan lahan dan karakteristik tanah sangat mempengaruhi waktu tinggal ini.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh data secara *in-situ* dengan pengukuran langsung di lapang, maupun secara *ex-situ*. Variabilitas data di 7 lokasi penelitian mengekspresikan kondisi Danau Rawa Pening yang sesungguhnya. Pengambilan sampel di lakukan pada 1 Februari 2008, dengan curah hujan cukup tinggi. Secara alami mestinya kondisi ini meningkatkan kandungan oksigen perairan. Namun dalam kenyataannya tidaklah demikian. Lokasi penelitian yang terbuka, tidak ada tumbuhan airnya memiliki kandungan oksigen terlarut (DO) yang tinggi sementara

yang tertutup tumbuhan air konsentrasinya rendah bahkan 0 (Tuntang 1 dan Tuntang2). Di lokasi tersebut kedalaman hanya 0,5 dan 1 meter. Di Tuntang2 produktivitas primernya cukup tinggi (5,22 mgC/hari), yang seharusnya memberikan kontribusi tinggi terhadap DO perairan. Kemungkinan rendahnya DO tersebut berkaitan dengan peningkatan aktivitas dekomposisi sehingga meningkatkan laju konsumsi oksigen terlarut oleh dekomposer (Barus 2002). Sebagai pembanding, pada bulan Februari 1987 sampai dengan Januari 1988 DO perairan berkisar antara $6,4 \pm 0,66$ sampai $12,57 \pm 1,44$. Pada bulan Februari 1987 DO sebesar $5,48 \pm 0,61$ (Silalahi, 1989). Kondisi Februari 2008 DO perairan rerata $3,98 \pm 3,16$, dengan variasi tinggi dari 0 sampai dengan 8,01.

pH perairan berkisar antara 4,06 dan 10,13. Di daerah inlet pertanian (G-T-P) pH perairan cenderung asam sedangkan di perairan terbuka cenderung lebih basa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tahun 1982, Lehmusluoto *et.al.* (1995) menyampaikan bahwa pH permukaan Danau sedikit diatas netral (7.5). Demikian halnya Silalahi (1989) dalam penelitiannya setiap bulan selama setahun mendapatkan bahwa pH perairan sedikit diatas netral ($7,4 \pm 0,06$ sampai $8,14 \pm 0,14$).

Turbiditas mengekspresikan banyak sedikitnya cahaya matahari yang dapat menembus ke dalam air atau dengan kata lain banyaknya energi cahaya yang diserap oleh massa air. Turbiditas dapat disebabkan oleh partikel baik berupa plankton maupun bahan organik, suspensi debu atau lumpur. Turbiditas Rawa Pening lebih banyak disebabkan oleh suspensi terlarut dibandingkan dengan fitoplankton. Lokasi dengan populasi fitoplankton tertinggi memiliki turbiditas yang relatif rendah. Turbiditas tertinggi dijumpai di inlet pertanian (G-T-P) dan Asinan diikuti oleh danau terbuka. Tingginya turbiditas di sub DAS Galeh Torong dan Rengas ini karena tingginya laju erosi ketiga sub DAS tersebut, yang termasuk kategori sedang dan berat (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000).

Kecerahan di Rawa Pening kurang dari 2 meter yang menurut Lind dkk (dalam Straskraba, 1993) perairan dengan kecerahan kurang dari 2 meter termasuk kategori eutrofik. Rendahnya kecerahan ini karena tingginya partikel-partikel tersuspensi dalam badan air (diindikasikan oleh turbiditas). Partikel ini berasal dari busukan tumbuhan air seperti eceng gondok dan Hydrilla, ataupun sedimen yang terbawa masuk ke badan air.

Hasil analisis konsentrasi fosfor menunjukkan bahwa perairan Danau Rawa Pening memenuhi kriteria Kelas II air baku sarana rekreasi, peternakan, pembudidayaan ikan air tawar dan pertamanan. Berdasarkan total fosfor (TP) ini maka Danau Rawa Pening termasuk kategori mesotrofik bahkan untuk kriteria paling rendah sekalipun (Barus, 2002). Berdasarkan kandungan Total Nitrogen (TN), maka Danau Rawa Pening termasuk kategori eutrofik. Menurut Vollenweider (1968), orang yang pertama kali menyusun kategorisasi status trofik perairan, suatu perairan perairan dikatakan eutrofik apabila kandungan TN-nya antara 500-1500 μg . Kondisi ini secara visual dapat dilihat dari *blooming* tumbuhan air, khususnya eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dan *Hydrilla*. Kondisi ini sudah terjadi sejak tahun 1970an, bahkan ada kecenderungan prosentase penutupannya meningkat (Soeprbowati dkk, 2005). Pengambilan tanah gambut secara rutin dan terus menerus oleh masyarakat sekitar sangat membantu dalam pengurangan bahan organik sehingga mengurangi penyuburan perairan. Pengambilan eceng gondok untuk dijadikan souvenir, ganggang rante untuk akuarium tawar dan makrofita lain untuk berbagai kepentingan turut berperan serta dalam pengurangan jumlah nutrien yang ada, yang tentu saja berperan penting dalam *nutrient budget* Danau Rawa Pening.

Jika dilihat kandungan klorofil a-nya, maka Danau Rawa Pening termasuk kategori oligotrofik. Hal ini karena kandungan klorofil a yang terukur merupakan ekspresi dari fitoplankton (produsen primer). Produktivitas primer ditentukan oleh kandungan klorofil a. Jika di suatu perairan terjadi *blooming*

mikroalga, tentu saja kandungan klorofilnya akan tinggi. Namun, yang terjadi di Danau Rawa Pening, mikroalga kalah bersaing dengan tumbuhan tingkat tinggi sehingga populasinya rendah dan tumbuhan air yang mendominasi. Itulah sebabnya kandungan klorofil a di Danau Rawa Pening kurang mengekspresikan status trofik.

Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer perairan. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi suatu perairan. Beberapa parameter fisik-kimia yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a, adalah intensitas cahaya, nutrisi (terutama nitrat, fosfat dan silikat). Perbedaan parameter fisika-kimia tersebut secara langsung merupakan penyebab bervariasinya produktivitas primer. Umumnya sebaran konsentrasi klorofil-a tinggi di perairan sebagai akibat dari tingginya suplai nutrisi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai. Menurut Van Den Bergh (2003), produktivitas primer perairan yang cukup tinggi mempunyai nilai berkisar antara 150-300 gC/m²/tahun. Nilai produktivitas primer di Danau Rawa Pening rata-rata 2,75±2 mg C/m²/hari. Apabila dibandingkan dengan produktivitas primer perairan tawar, maka Danau Rawa Pening termasuk yang memiliki produktivitas primer yang sangat rendah. Beberapa perairan tawar di Brazilia mampu mencapai produktivitas primer 25,99 – 584, 08 mgC/m²/hari (Tundisi dalam Straskraba, 1993).

Secara teknis, keberadaan tumbuhan air khususnya eceng gondok dan ganggang rante (*Hydrilla*) sangat mengganggu dalam pengambilan sampel. Penentuan bulan dan jam yang kurang tepat menyulitkan dalam pengambilan sampel karena keberadaan eceng gondok tersebut sangat ditentukan oleh angin sehingga posisinya selalu berubah tergantung arah angin.

Dari sisi usia, Danau semi alami Rawa Pening memang sudah berumur 92 tahun atau hampir satu abad dengan kondisi yang kritis akibat proses pendangkalan yang dipercepat oleh proses eutrofikasi. Secara alami, melalui

fenomena geologik maupun buatan melalui rekayasa rekonstruksi arsitektural, danau pasti mengalami maturasi dan kemungkinan akan "hidup atau mati" secara cepat atau lambat. Namun eksistensi Danau Rawa Pening tergantung pada kita, manusia. Manusia bisa menjadikannya segera mati atau berusaha tetap mempertahankannya. Seperti danau pada umumnya, Danau Rawa Pening merupakan *permanent features of lanscape*. Sebagai *landmark* Kabupaten Semarang, keberadaannya tentu saja patut dilestarikan baik dari segi hidrologis, ekonomis, historis maupun ekologis. Pelestarian fungsi Danau Rawapening sangat tergantung pada pengelolaan daerah tangkapan air Rawapening. Berbeda dengan danau buatan yang diketahui sejarah pembuatan dan perkiraan umur danau, Rawapening yang merupakan danau semi alami belum banyak diteliti permasalahannya. Menjadi lebih menarik lagi bila dilihat bahwa Danau Rawa Pening bisa dijadikan danau model lestari sebagai laboratorium alam pengelolaan DAS mikro.

Problem *blooming* eceng gondok yang terjadi di Danau Rawapening sebagai akibat eutrofikasi. Pemanenan eceng gondok yang dilakukan hampir setiap tahun, hanya menyelesaikan permasalahan sesaat, untuk kemudian tumbuh sangat melimpah lagi. Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan eceng gondok yang sangat pesat. Satu tumbuhan eceng gondok menjadi 2 tumbuhan dalam waktu 14 hari. Dalam waktu 52 hari, satu batang eceng gondok mampu menghasilkan tumbuhan baru seluas 1 m² (Gutierrez *et al.*, 2001). Oleh karena itu, pengurangan eceng gondok secara mekanik harus mempertimbangkan luas penutupan eceng gondok. Eceng gondok yang tersisa harus dilokalisasi di bagian tepi danau sebagai sabuk hijau, sehingga tidak menyebar ke badan danau lagi. Sabuk hijau ini dapat meremediasi kualitas air.

Guna menyelesaikan problem eceng gondok adalah dengan mengatasi akar permasalahannya yaitu eutrofikasi. Upaya yang harus dikembangkan adalah dengan pembuatan

kolam pengolahan (*preimpoundment*) pada hilir inlet sebelum masuk ke danau. *Preimpoundment* merupakan ekoteknologi untuk restorasi danau (Jorgensen & Vollenweider, 1988). Pada kolam ini dilakukan perlakuan penurunan konsentrasi nitrogen dan fosfor sebelum masuk ke badan danau.

SIMPULAN

Berdasarkan kandungan Total Fosfor Danau Rawa Pening dalam kondisi mesotropik, tapi berdasarkan kandungan Total Nitrogen dan kecerahan perairan yang kurang dari 2 meter termasuk dalam kondisi eutrofik. Hal ini ditunjukkan oleh dominannya *Aulacoseira granulata* dan *Melosira varians*. Kualitas air seperti pH, DO, kecerahan, kandungan logam berat mengalami degradasi dan cenderung melebihi ambang batas Baku Mutu Lingkungan. Ekoteknologi merupakan pendekatan yang dapat diimplementasikan di Danau Rawapening, menjadikan eceng gondok sebagai sabuk hijau, dan pembuatan *preimpoundment* di hilir inlet sebelum masuk ke danau.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dilaksanakan atas dukungan dana Beasiswa Unggulan, DIPA Tahun 2007 Sekretariat Jenderal Depdiknas, Biro Perencanaan Dan Kerjasama Luar Negeri. Terima kasih diucapkan kepada Kariyadi Baskoro MSi., atas bantuannya dalam survey. Kepada Trian dan Reka juga diucapkan terima kasih atas bantuannya dalam survey dan lab work.

DAFTAR PUSTAKA

1. Barus, T.A. (2002). Pengantar Limnologi. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Jakarta.
2. Geiger, R.J. and Osborne, B.A. (1992). Algal Photosynthesis. Chapman & Hall, London.
3. Guitierrez, E.L.; Ruiz, E.F.; Uribe, E.G. and Maertinez, J. 2001. Biomass and productivity of ater hyacinth and their application in control program. *In* Biological and integrated control of water hyacinth *Eichornia crassipes*. Edited by Julien, M.H.; Hill, M.P.; Center, T.D.; and Jianqing, D. ACIAR proceeding 102.
4. Harper, D. (1992). Eutrophication Of Freshwaters: Principles, Problems And Restorations. Chapman & Hall, New York.
5. Jorgensen, S.E. and Vollenweider, R.A. 1988. Guidelines of Lake Management. Volume 1. Principles of Lake Management. International Lake Environment Committee, United nations Environment Programme.
6. Lehmusluoto, P.; Machbub, B.; Terangna, N.; Achmad, F.; Boer, L.; Setiadji, B.; Brahmana, S. S and PRIADI, B. (1995). Major lakes and reservoirs in Indonesia: an overview. *Tropical Limnology, vol I. Present Status and Challenges* (eds. TIMOTIUS K. H. and GOLTENBOTH, F): 11-28. Proceeding of the International Conference on Tropical Limnology in Commemoration of the 65 Anniversary of the Ruttner-Thienemann Limnological Sunda Expedition, 4-8 July 1994, Salatiga.
7. OECD. (1982). Eutrophication of waters, monitoring assessment and control. Paris.
8. P4N UGM (Pusat Penelitian Perencanaan Pembangunan Nasional Universitas gadjah Mada). 2000. Penyusunan rencan pengelolaan Kawasan Rawapening Propinsi Jawa Tengah. Ringkasan Eksekutif. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Propinsi Jawa Tengah.
9. Pemerintah Kabupaten Semarang (2000). Proyek Perencanaan Tata Lingkungan Daerah Aliran Sungai (Das) Rawapening.
10. Soeprbowati, T.R., (1998). Eutrophication (literature review). *Majalah Penelitian X(40)*: 101-109, Desember 1998. Lembaga Penelitian UNDIP
11. _____, 2005. Komunitas diatom epipelik tidak semuanya epipelik sejati. *Jurnal Bioma 7 (2)*: 42-50 , Jurusan Biologi FMIPA UNDIP Semarang
12. _____; HIDAYAT, J. W. and BASKORO, K. (1998). Komunitas Diatom epipelik di muara sungai Banjir Kanal Barat dan Babon Kodya Semarang. *Jurnal Sains dan Matematika, edisi Biologi*

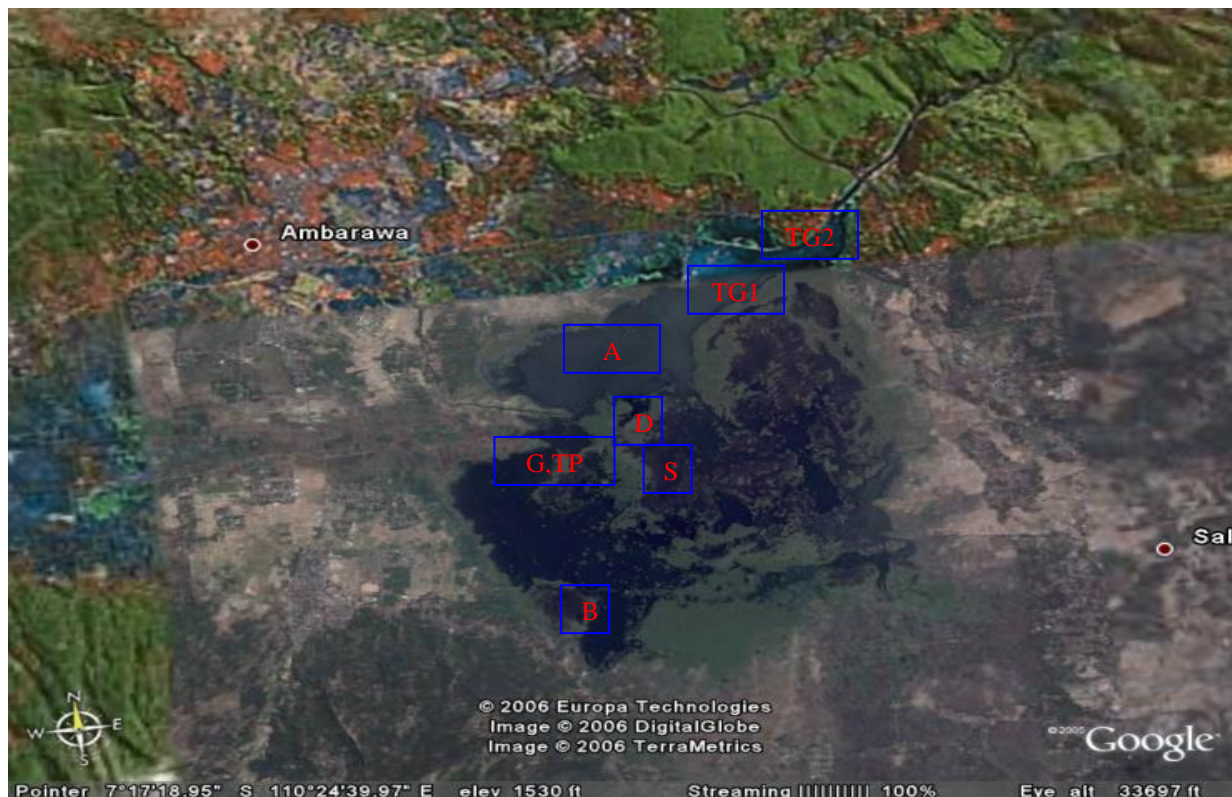
- 6(4): 118-125 Oktober 1998, FMIPA, Universitas Diponegoro Semarang:
13. _____; RAHMANTO, W.A.; HIDAYAT, J.W. and BASKORO, K. (2005). Diatoms and present Condition of Rawapening Lake. *International Seminar on Environmental Chemistry and Toxicology*, April 2005, INJECT Yogyakarta.
 14. Straskraba, M.; Tundisi, J.G. And Duncan, A. (1993). *Comparative Reservoir Limnology And Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordret.
 15. Sudarmadji. (1988). Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Limpasan. *Paper Disampaikan Pada Seminar Pengamanan Lingkungan Dalam Menunjang Pembangunan*. Kerjasama Hagi – Upn Veteran Yogyakarta. 14 April 1988
 16. WELCH, E.B. And LINDELL, T. (1992). *Ecological Effect Of Wastewater: Applied Limnology And Pollutant Effect*. 2nd Ed. E & FN Spon, London.
 17. Wetzel, R.G. (2001). *Limnology, Lake And River Ecosystems*. 3rd Ed. Academic Press, Ny.
 18. Van Den Bergh. 2003. *Shallow Marine Tsunami Deposits In Teluk Banten (New Java Indonesia), Generated By The 1883 Krakatau Eruption*. Royal Netherland Institute For Sea Research (Nioz)
 19. Vollenweider, R.A. (1968). *Water Management Research: Scientific Fundamentals Of The Eutrophication Of Lakes And Flowing Waters, With Particular Reference To Nitrogen And Phosphorous As Factors In Eutrophication*. Technical Report Das/Csi/68.27, Oecd, Paris.
-
-

Variabel	Satuan	ultraoligotrofik	oligotrofik	Mesotrofik	Eutrofik	Hypereutrofik	Sumber
Total P	µg		2-10	10-30	10-90		Sakamoto, 1966
			5-10	10-30	30-100		Vollenweider, 1968
		<4	<10	10-35	35-100	>100	OECD, 1982
			8	26,7	84,4	750-1200	Barus, 2002
Total N	µg		200-400	300-650	500-1500		Vollenweider, 1968
			661	753	1875		Barus, 2002
			<7	7-12	>12		USEPA, 1974
		<1	<2,5	2,5-8	8-25	>25	OECD, 1982
			1,7	4,7	14,3		Barus, 2002
Klorofil a max	µg	<2,5	<8	2,5-8	8-25	>25	OECD, 1982
			4,2	16,1	42,6		Barus, 2002
Kecerahan rerata	meter		>3,7	2-3,7	<2		USEPA, 1974
		>12	>6	6-3	3-1,5	<1,5	OECD, 1982
			9,9	4,2	2,5		Barus, 2002
Kecerahan min	meter	>6	>3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7	OECD, 1982

Tabel 1. Klasifikasi kualitas perairan berdasarkan status trofiknya.

Tabel 2. Lokasi tempat pengambilan sampel dan kondisinya

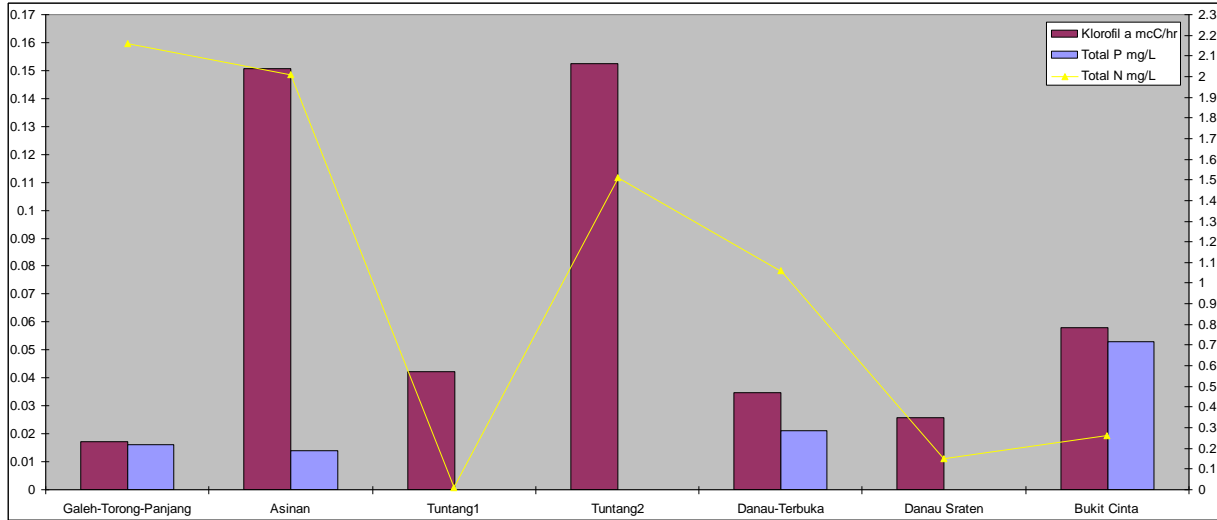
LETAK LINTANG	KODE	KETERANGAN	Sub DAS	KONDISI
07.17.091 LU 110.25.518 BT	GTP	Inlet Galeh, Torong, Panjang	Galeh, Torong, Panjang	Tertutup 40% tumbuhan air
07.16.243 LU 110.26.185 BT	A	Inlet Asinan	Rengas	Tertutup 80% tumbuhan air
07.16.018 LU 110.26.980 BT	TG1	Outlet Tuntang	outlet	Dekat karamba, tertutup 20% tumbuhan air
07.15.643 LU 110.27.198 BT	TG2	Outlet Tuntang (depan APAC)	outlet	Tertutup 10% tumbuhan air
07.16.533 LU 110.26.181 BT	D	Tengah Danau	-	Terbuka, tidak ada tumbuhan air
07.17.840 LU 110.26.975 BT	S	Danau Inlet Sraten	Sraten	Terbuka, tidak ada tumbuhan air
07.18.376 LU 110.25.420 BT	BC	Bukit Cinta	Galeh	Tertutup tumbuhan air 60%



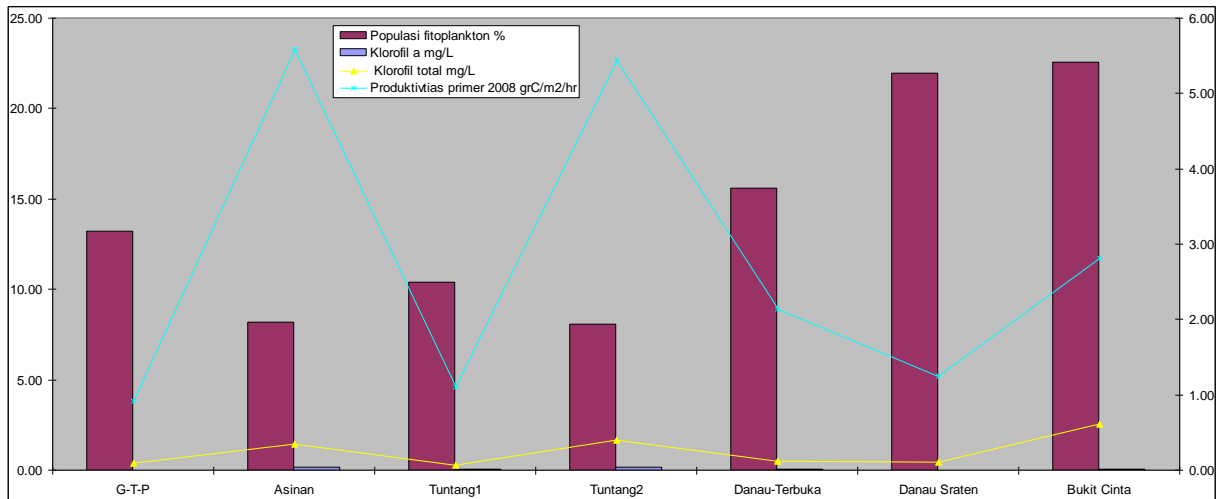
Gambar 1. Lokasi penelitian

Tabel 3. hasil analisis parameter lingkungan secara in-situ dan ex-situ.

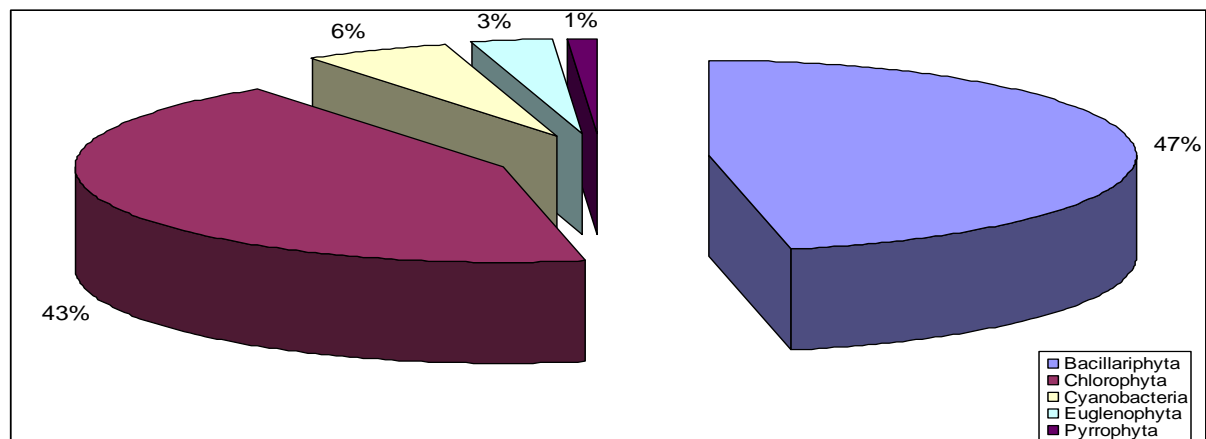
Parameter	satuan	G-T-P	Asinan	Tuntang1	Tuntang2	Danau- Terbuka	Danau Sraten	Bukit Cinta	Rerata	std
Taxa	-	30	24	22	17	15	32	30	24.29	6.70
Individuals	ind/L	1195	742	942	732	1410	1986	2042	1,292.71	548.64
Shannon indx	-	2.66	2.67	2.30	1.99	1.59	2.64	2.29	2.31	0.40
Simpson indx	-	0.88	0.89	0.83	0.77	0.67	0.87	0.81	0.82	0.08
Equitability	-	0.78	0.84	0.74	0.70	0.59	0.76	0.67	0.73	0.08
Klorofil a	mg/L	0.02	0.15	0.04	0.15	0.03	0.03	0.06	0.07	0.06
Klorofil b	mg/L	0.08	0.23	0.03	0.22	0.12	0.03	0.07	0.11	0.08
Klorofil c	mg/L	0.14	0.26	0.01	0.20	0.05	0.14	0.11	0.13	0.08
Klorofil total	mg/L	0.09	0.35	0.07	0.40	0.12	0.11	0.61	0.25	0.20
Produktivitas primer										
2008	grC/m2/hr	0.91	5.59	1.11	5.44	2.13	1.25	2.82	2.75	2.00
Temperatur	oC	28.27	28.20	27.03	28.40	28.87	28.97	28.23	28.28	0.63
pH	-	4.06	4.98	4.63	7.37	6.88	10.13	9.22	6.75	2.34
Konduktivitas	□S/cm	0.25	0.20	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.20	0.02
DO	mg/L	3.84	5.01	0.18	0.08	7.50	8.01	3.22	3.98	3.16
Turbiditas	NTU	20.00	19.67	4.67	11.67	15.00	15.00	8.67	13.53	5.62
Kecerahan	m	0.75	0.70	0.35	0.70	0.90	0.70	1.10	0.74	0.23
Kedalaman	m	2.00	1.10	0.50	1.00	5.00	4.00	2.00	2.23	1.67
Kalsium (Ca ²⁺)	mg/L	58.30	34.50	41.00	23.70	22.40	22.40	22.40	32.10	13.69
Magnesium (Mg ²⁺)	mg/L	6.38	16.96	15.68	14.28	21.18	8.70	12.64	13.69	5.01
Natrium (Na ⁺)	mg/L	0.70	1.30	1.50	1.50	0.60	0.60	0.40	0.94	0.47
Besi (Fe) Total	mg/L	0.02	0.15	0.15	0.10	0.20	0.25	0.10	0.14	0.07
Silika (SiO ₂)	mg/L	26.83	18.67	13.31	25.08	8.13	22.22	28.80	20.43	7.54
Timbal (Pb ²⁺)	mg/L	0.06	0.01	0.04	0.00	0.02	0.01	0.05	0.03	0.02
Kadmium (Cd ²⁺)	mg/L	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cromium (Cr) Total	mg/L	0.03	0.07	0.14	0.09	0.22	0.03	0.04	0.09	0.07
Tembaga (Cu ²⁺)	mg/L	0.088	0.058	0.023	0.022	0.037	0.039	0.01	0.04	0.03
Total P	mg/L	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.053	0.01	0.02
Total N	mg/L	2.16	2.01	0.01	1.51	1.06	0.15	0.26	1.02	0.90
Ammonia (NH ₄ ⁺)	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrat (NO ₃)	mg/L	2.00	2.00	0.00	1.50	1.00	0.00	0.00	0.93	0.93
Nitrit (NO ₂)	mg/L	0.16	0.01	0.01	0.01	0.06	.015	0.26	0.07	0.11



Gambar 2. Konsentrasi total nitrogen dan total fosfor di Danau Rawa Pening



Gambar 3. Populasi fitoplankton, kandungan klorofil a, klorofil total dan produktivitas primer Danau Rawa Pening



Gambar 4. Populasi fitoplankton di Danau rawa Pening