

STRATIGRAFI DIATOM DANAU RAWAPENING: KAJIAN PALEOLIMNOLOGI SEBAGAI LANDASAN PENGELOLAAN DANAU

Tri Retnaningsih Soeprabowati¹, Shalihuddin Djalal Tandjung², Sutikno³,
Suwarno Hadisusanto² dan Peter Gell⁴

¹Jurusan Biologi Universitas Diponegoro Semarang,

²Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta,

³Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta,

⁴Centre for Environmental Management, University of Ballarat, Australia

Email: trsoeprabowati@yahoo.co.id

ABSTRACT

The potential use of diatom as bioindicator of water quality had been studied in many countries. Recently, many researches focus on using diatom for paleolimnological analysis, but still limited in Indonesia. Rawapening Lake is one out of 15 Indonesian lakes that stated as Priority Lake 2010-2014 for conservation followed Bali Agreement 2009. This research was conducted in order to determine environmental changes of the lake based on the stratigraphical record from Rawapening Lake sediment.

Sediment samples had been taken from 4 sites in Rawapening Lake using hand auger. Diatoms analysis were analyzed every 0.5 cm slice sediment sample by 3 processes: the extraction to separate the diatoms from sediment, by 2 treatments of 10% chloride acid followed by 10% peroxide; the preparation to mount residual diatom on slide; and identification-enumeration of diatom until the minimal number of 300 valves found.

Stratigraphic diagram shows the changes on diatom assemblages in different layers. Rawapening Lake had in the eutrophic condition with relatively high organic content, indicated by a high assemblage of *Synedra ulna* almost in all layers. *Aulacoseira granulata* dominance at upper layer, indicates hypereutrophic condition with pH more than 9. The dominance of *Aulacoseira ambigua*, *A. distans*, *A. granulata* and *Discostella stelligera* in the upper layers in all sites, Eunotioid and small diatoms in the middle and lower layers, particularly in Dk site indicate that pH tend to increase over time. This is supported by by transfer function with Weighted Averaging on diatom and pH.

Keywords: diatom, water quality, paleolimnology, Rawapening Lake

PENDAHULUAN

Biostratigrafi adalah tubuh lapisan batuan yang dikenali berdasarkan kandungan fosil atau ciri-ciri paleontologi sebagai sendi pembeda tubuh batuan di sekitarnya. Kelanjutan satuan biostratigrafi ditentukan oleh penyebaran gejala paleontologi yang mencirikannya (Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996).

Satuan dasar biostratigrafi adalah zona, yaitu suatu lapisan atau tubuh lapisan batuan yang dicirikan oleh suatu takson atau lebih. Kegunaan dari zona antara lain sebagai penunjuk umur, penunjuk lingkungan pengendapan, korelasi tubuh lapisan batuan, dan untuk mengetahui kedudukan kronostratigrafi tubuh lapisan batuan.

Kajian limnologi dibagi menjadi dua, yaitu neolimnologi yang mengkaji pemantauan kualitas lingkungan, dan paleolimnologi yang mengkaji tentang kualitas lingkungan dari masa lalu hingga sekarang (Smol, 2008). Namun, seringkali kajian neolimnologi disebut sebagai kajian limnologi, sehingga pengertian tentang limnologi hanya sebatas pada neolimnologi. Smol (2008) mendefinisikan paleolimnologi sebagai ilmu multidisiplin yang memanfaatkan informasi fisik, kimia dan biologi yang tersimpan di dalam profil sedimen untuk merekonstruksi kondisi lingkungan di masa lampau, khususnya pada ekosistem perairan darat (*inland waters*). Studi paleolimnologi perlu dikembangkan sebagai dasar perencanaan masa depan danau. Paleolimnologi merupakan salah satu alat dalam perencanaan mitigasi terhadap perubahan iklim global berdasarkan korelasinya dengan jejak masa lalu. Namun, saat ini kajian paleolimnologi belum banyak ditekuni di Indonesia (Hehanusa & Haryani, 2009).

Diatom merupakan alga dominan di hampir semua ekosistem perairan tawar, dengan kontribusi lebih dari 20-25% produksi primer, dan mempunyai peranan yang sangat penting dalam siklus silika dan karbon (Mann, 1999; Smol, 2008). Kolonisasi diatom pada habitat baru cukup cepat. Saat ini diketahui lebih dari 260 genus diatom hidup yang disusun lebih dari 100.000 jenis (Round *et.al.*, 2000). Taksa yang berbeda memiliki toleransi terhadap variabel lingkungan yang berbeda pula. Oleh karena itu, kumpulan jenis diatom dapat secara efektif digunakan sebagai bioindikator kualitas air (John, 2000). Saat ini, pengembangan diatom lebih banyak pada aplikasi pendugaan lingkungan masa lampau (Smol, 2008).

Diatom merupakan mikroalga dengan dinding sel lebih dari 90% dari silika sehingga dapat memfosil. Diatom seringkali mendominasi perairan baik dalam jumlah jenis maupun populasi dibandingkan dengan mikroalga lainnya. Dominansi spesies diatom ditentukan oleh kisaran kualitas air yang dapat ditolerir oleh spesies diatom tersebut. Oleh karena itu, maka kumpulan diatom yang dijumpai pada perlapisan sedimen mencerminkan kualitas air pada saat diatom tersebut diendapkan.

Secara alami perlapisan sedimen yang paling atas merupakan perlapisan yang terbentuknya paling akhir, sehingga berumur paling muda dibandingkan

perlapisan sedimen di bawahnya (Hukum Superposisi). Kondisi lingkungan pada saat ini, terekam dalam sedimen di lapisan yang paling atas (permukaan), dapat digunakan untuk merekonstruksi kondisi lingkungan di masa lampau (*the present is the key to the past*).

Danau Rawapening merupakan ekosistem perairan tawar di Jawa Tengah terletak 45 km sebelah selatan Semarang dan 9 km sebelah barat laut Salatiga, di segitiga Yogyakarta, Solo (Surakarta) dan Semarang. Danau Rawapening yang terletak pada $7^{\circ}04' LS$ – $7^{\circ}30' LS$ dan $110^{\circ}24'46'' BT$ – $110^{\circ}49'06'' BT$ dikelilingi empat kecamatan yaitu Tuntang, Bawen, Ambarawa dan Banyubiru.

Danau Rawapening memiliki kapasitas tampung air maksimum 65 juta m^3 dan minimum 25 juta m^3 pada elevasi muka air maksimum 463,9 m dan minimum 462,05 m. Pada tahun 1998, volume air danau Rawapening sebanyak 45.930.578 m^3 dengan luas genangan maksimum 2.770 Ha dan minimum 1.650 Ha. Curah hujan rata-rata pada daerah tangkapan 1.437,12 mm/tahun dengan total *inflow* pada musim penghujan sebesar 18.190 liter/detik dan pada musim kemarau 3.848 liter/detik dari 9 Sub-sub DAS (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000).

Kondisi tersebut di atas menyebabkan air di danau mengalami penambahan terus menerus, sementara air yang keluar hanya melalui satu outlet yaitu Sungai Tuntang, melalui penguapan dan rembesan. Sementara itu pemanfaatan wilayah lahan pasang surut danau dan area genangan air menjadi daerah pertanian, dan bertambahnya pulau terapung, mengakibatkan volume air danau mengalami fluktuasi. Penambahan air membawa material-material dari daerah hulu yang kemudian diendapkan di danau, sehingga memberi sumbangan endapan yang cukup besar. Seiring perjalanan waktu, maka ada kecenderungan perubahan tipe danau menjadi tipe “piring” karena proses pendangkalan yang terjadi (Hadisusanto, komunikasi personal, 2008). Distribusi sedimen ke danau pada musim penghujan mencapai 880 kg/hari dan di musim kemarau rata-rata 270 kg/hari dengan laju rata-rata 778,93 ton/tahun (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000). Deposi yang besar mengakibatkan banjir, yang terjadi sejak tahun 1970 (Bappeda Propinsi Jawa Tengah, 2005).

Penelitian ini bertujuan memberikan fakta lain bahwa dengan mengetahui kondisi ekologis danau di masa lalu berdasarkan stratigrafinya, dapat memberi

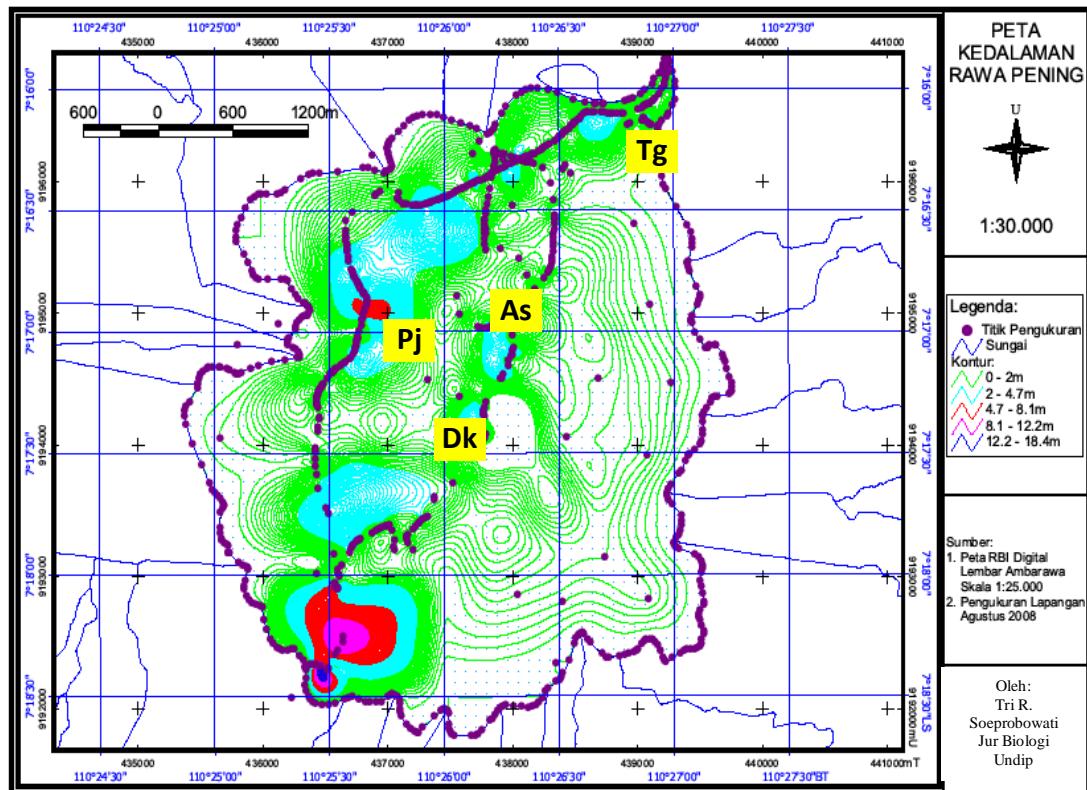
landasan ilmiah dalam prediksi perubahannya di masa mendatang. Penelitian ini dapat menjadi landasan pengembangan kebijakan pemanfaatan danau secara terpadu dan berkelanjutan sesuai Kesepakatan Bali oleh 9 menteri yang dideklarasikan pada Konferensi Nasional Danau Indonesia I, di Sanur-Denpasar-Bali, pada 13-15 Agustus 2009 tentang Pengelolaan Danau Berkelanjutan, dengan langkah awal ditetapkannya 15 danau prioritas konservasi 2010-2014, salah satunya adalah Danau Rawapening (Anonim, 2010).

BAHAN DAN METODE

Penentuan lokasi pengambilan contoh di Danau Rawapening berdasarkan metode *Purposive Sampling*, yaitu dengan pertimbangan tertentu, dalam hal ini pada inti danau dengan pengaruh karamba, inlet, outlet, dan inti danau terbuka, semuanya dengan kondisi yang lakustrin. Peta batimetri Danau Rawapening digunakan sebagai landasan dalam penentuan lokasi *coring* untuk pengambilan contoh sedimen (Gambar 1). Hal ini merupakan perbedaan penelitian ini dengan penelitian serupa yang banyak dilakukan di berbagai negara yang pada umumnya hanya pada 1 lokasi terdalam dari danau. Lokasi pengambilan contoh di As terletak di $07^{\circ}17'020''$ LS $110^{\circ} 26'201''$ BT, Dk terletak di $07^{\circ}17'324''$ LS $110^{\circ}25'966''$ BT, Tg di $07^{\circ}16'170''$ LS $110^{\circ}26'869''$ BT dan Pj terletak di $07^{\circ}17'020''$ LS $110.25'654''$ BT.

Pengambilan contoh air dan *coring* untuk pengambilan contoh sedimen dilakukan 22 Oktober 2008. Analisis diatom dilakukan pada tiap 0,5 cm contoh sedimen, terdiri atas tahap digesti, preparasi dan identifikasi-enumerasi dengan mengacu pada draft metode standar analisis diatom yang dikembangkan Soeprobawati (2009). Analisis diatom diawali dengan proses digesti untuk memisahkan diatom dari partikel sedimen dengan HCl 10% dilanjutkan dengan H_2O_2 10%. Tahap kedua dilakukan pembuatan preparat dengan perekat Hyrax. Tahap ketiga merupakan tahap identifikasi dan penghitungan jumlah individu dari setiap diatom yang ditemukan, dilakukan dengan bantuan mikroskop perbesaran 1.000x dengan menggunakan buku identifikasi Kramer & Lange-Bertalot (2004a, b, c, d) volume 1-4, Gell *et al.*, (1999); dan Sonneman *et al.* (2000).

Rekonstruksi pH perairan di masa lampau dilakukan dengan infersi fosil diatom Danau Rawapening dengan data set kombinasi Eropa, dilakukan dengan program ERNIE (*Environmental Reconstruction using the European Diatom Database*; Juggins, 2001). Pembuatan diagram stratigrafi diatom dilakukan dengan Paket Program C2 versi 1.5.1. *Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation* (Juggins, 2003).



Gambar 1. Lokasi coring dan tebal contoh yang diperoleh

HASIL DAN PEMBAHASAN

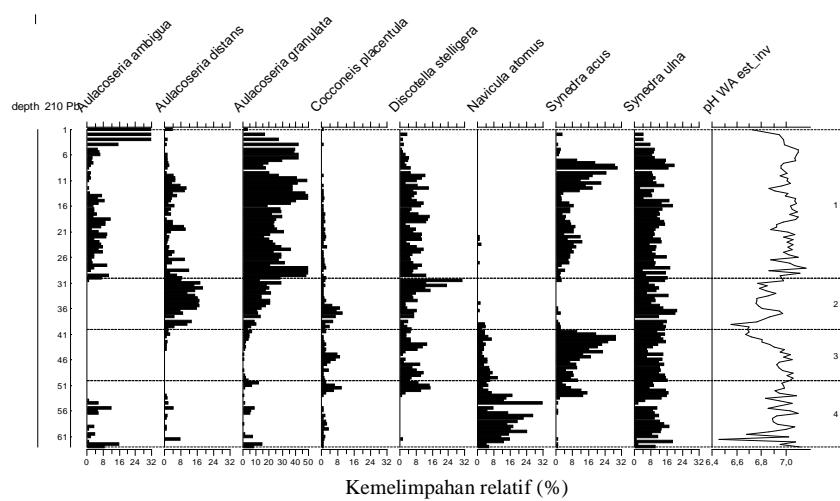
Biostratifikasi

Stratigrafi endapan danau menyimpan informasi sejarah perkembangan danau. Fosil diatom dalam endapan tersebut merupakan perekam kualitas air ketika diatom tersebut masih hidup, sehingga ditemukannya kumpulan diatom yang sama dalam strata yang berbeda menunjukkan persamaan kondisi ekologis danau.

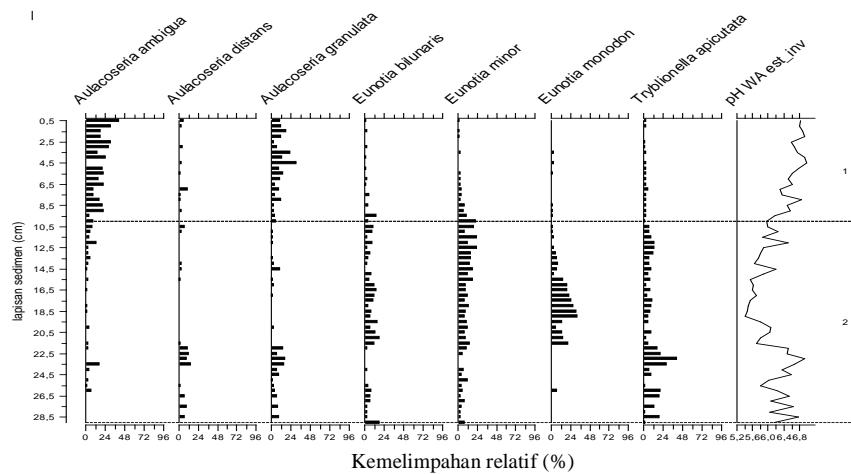
Biostratigrafi akan memberikan informasi paleolimnologi Danau Rawapening. Diatom arafid yang dijumpai dominan pada hampir semua lapisan sedimen adalah *Synedra ulna*. Jenis *S. ulna* merupakan diatom dominan di perairan tawar Indonesia baik pada ekosistem lotik maupun lenthik (Soeprobawati dkk, 2001; Soeprobawati *et al.*, 2005). Jenis *S. ulna* atau sekarang bernama *Ulnaria ulna* (karena *Synedra* sekarang merupakan tipikal spesies laut) tampaknya memiliki sifat toleransi yang tinggi, terbukti dengan kehadirannya pada hampir semua perlapisan sedimen dengan populasi yang cukup melimpah. Melimpahnya jenis *S. ulna* pada semua lapisan sedimen mengindikasikan bahwa perairan Danau Rawapening dalam kondisi eutrofik dengan kandungan total fosfor 20 – 1.000 $\mu\text{g/L}$, pH 5 – 9. Jenis *S. ulna* termasuk spesies toleran dan banyak dijumpai di ekosistem sungai maupun danau dengan kandungan bahan organik yang tinggi (Gell *et al.*, 1999; Sonneman *et al.*, 2000).

Synedra acus lebih sensitif, cukup melimpah di As tetapi tidak di Tg. Sementara spesies-spesies benthik maupun epifitik (seperti *Cocconeis placentula*) tidak dijumpai melimpah di lokasi As namun dijumpai cukup melimpah di Tg dan sangat melimpah di Pj. Pengaruh inlet dan outlet sepertinya merupakan faktor yang menyebabkan eceng gondok tidak banyak dijumpai di lokasi As, sehingga populasi diatom epifitik kurang melimpah dibandingkan dengan lokasi Tg, apalagi di Pj yang airnya lebih banyak didominasi oleh eceng gondok.

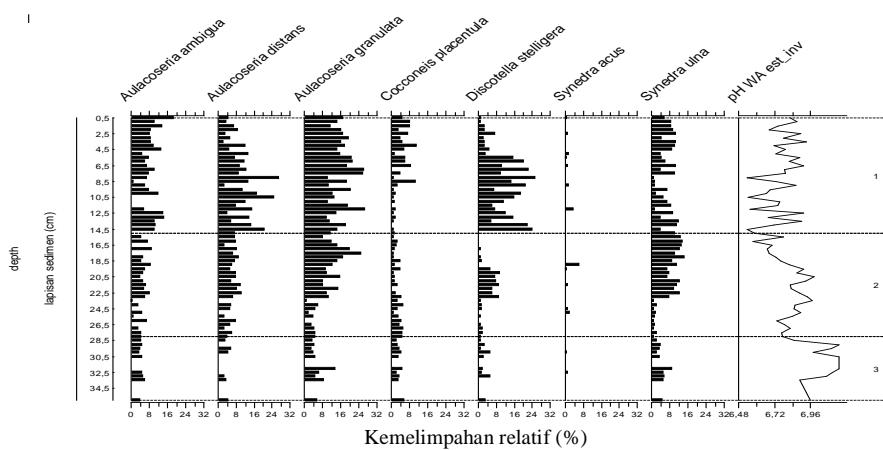
Stratigrafi pada empat lokasi penelitian Danau Rawapening secara umum menunjukkan kecenderungan serupa yaitu dominannya diatom eusentrik pada lapisan atas) pada semua lokasi, dengan spesies yang dominan antara lain *Aulacoseira ambigua*, *A. distans*, *A. granulata*, dan *Discostella stelligera*. Dominansi *Discostella setlligera* mengindikasikan danau dengan turbulensi yang tinggi, yang dapat terjadi pada danau yang semakin dangkal sehingga dasar danau dapat teraduk atau oleh tingginya aktivitas (umunya bakteri) di dasar danau (Lairn & Cumming, 2008). Sebagai akibatnya nutrient menjadi melimpah di perairan diikuti oleh *blooming* diatom centrik (Gambar 2).



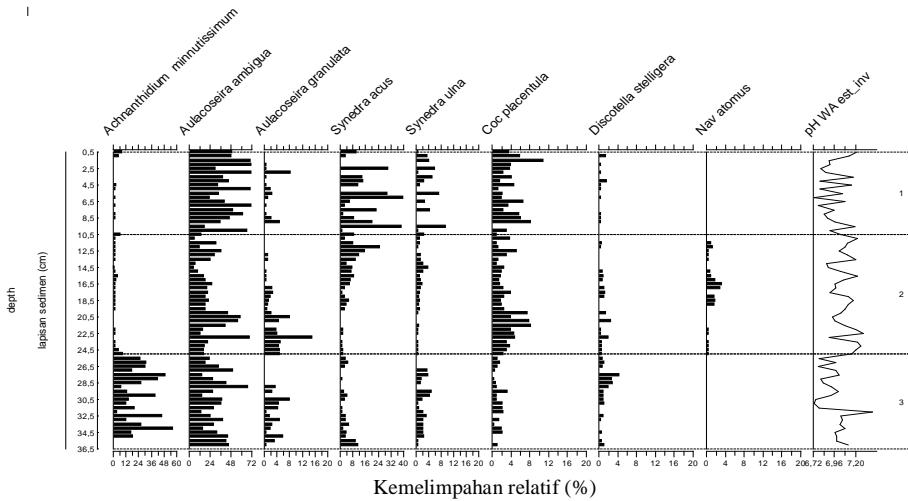
Gambar 2. Diagram stratigrafi diatom dan rekonstruksi pH perairan D. Rawapening di lokasi As



Gambar 3. Diagram stratigrafi diatom dan rekonstruksi pH perairan D. Rawapening di lokasi Dk



Gambar 4. Diagram stratigrafi diatom dan rekonstruksi pH perairan D. Rawapening di lokasi Tg



Gambar 2. Diagram stratigrafi diatom dan rekonstruksi pH perairan D. Rawapening di lokasi Pj

Berdasarkan strata diatom, maka di lokasi As dapat dibagi menjadi empat zona (Gambar 2). Zonasi yang terbentuk berdasarkan diatom ini menunjukkan kecenderungan perubahan pH perairan. Zona I As, didominasi oleh *A. granulata*, *D. stelligera*, diatom arapid terutama *Synedra ulna*, dan diatom naviculoid (dalam hal ini *Navicula atomus*) dengan populasi rendah dibandingkan zona di bawahnya. Berdasarkan gambar stratigrafi dapat dilihat bahwa *A. ambigua* dan *A. distans* dominan pada As lapisan permukaan hingga 18 cm. Kondisi pH Danau Rawapening bervariasi antara 6,5 – 9 dengan kandungan total fosfor berkisar antara 20 sampai 200 $\mu\text{g/L}$ (Sonneman *et al.*, 2000). *A. granulata* dominan pada kedalaman permukaan hingga 40 cm mengindikasikan bahwa kandungan total fosfor lebih tinggi (20 – 1.000 $\mu\text{g/L}$) dengan pH lebih basa. Menurut Sonneman *et al.* (2000), *A. granulata* mendominasi perairan jika kondisi perairan tersebut basa dan lingkungan yang turbulen. Berdasarkan dominansi *A. ambigua* dan *A. granulata* sampai ketebalan contoh sedimen 40 cm mengindikasikan bahwa sejak tahun 1982, kandungan total fosfor cenderung naik, meskipun sejak tahun 1990 menunjukkan penurunan.

Pada zona II dan III As, *D. stelligera* masih mendominasi dan tidak dijumpai pada lapisan sedimen di bawahnya, yang didominasi oleh diatom naviculoid, arafid eunotiod, nitzschioid, dan cymbeloid dibandingkan dengan *A. granulata*.

Zona IV As didominasi oleh diatom berukuran kecil, yang paling melimpah adalah *Navicula atomus*. Lokasi Dk memiliki tren serupa, ada

pergantian kemelimpahan diatom sentrik dan pennata pada zonasinya, yang menarik adalah melimpahnya beberapa jenis *Eunotia* di tanah gambut Rawapening, khususnya di lokasi Dk, yang mengindikasikan lingkungan asam. Berdasarkan biostratigrafi dan rekonstruksi konduktivitas, maka Dk 0,5-20,5 serupa dengan As 1-12, sehingga Dk 21 –29 cm kemungkinan diendapkan sebelum tahun 1984. Jadi meskipun ketebalan contoh sedimen yang diperoleh berbeda, namun menunjukkan kecenderungan waktu pengendapan yang relatif sama, tergantung pada jenis sedimennya. Sementara itu, zona II (bawah) Pj didominasi oleh *Achnanthidium minutissima*.

Kondisi pH Danau Rawapening cenderung fluktuatif. Pada penelitiannya di tahun 1979, Goltenboth menyampaikan bahwa pH berkisar antara 7,2 – 7,6. Pada tahun 1999 Badan Pengendalian Dampak Lingkungan – Pusat Penelitian Lingkungan Hidup UNDIP mendapatkan pH berkisar antara 7,5 – 8,8. Tahun 2003, Wibowo(2004) mendapatkan pH berkisar antara 6,5 – 7,7. Pada penelitian di tahun 2004 dan 2005 pH di sungai (inlet) dan Danau Rawapening cenderung netral, kecuali di sumber mata air, Bukit Cinta dan pulau terapung dengan pH tertinggi 9,52 di sumber mata air (Soeprobawati *et al.*, 2005). Pada tahun 2008, pH Danau Rawapening lebih basa lebih dari 11. Diatom yang secara signifikan berkorelasi dengan pH >7,46 antara lain *Achnanthidium minutissima*, *A. pusilla*, *Brachysira zellensis*, *Cyclotella rossii*, *Cymbella minuta*, *Navicula radiosua*, *Nitzschia dissipata* dan *Nitzschia palea* (Bigler & Hall, 2002). Spesies - spesies tersebut termasuk yang digunakan sebagai indikator perubahan iklim melalui paleo-rekonstruksi.

Weigthed Averaging (WA) merupakan proses fungsi transfer untuk estimasi kualitas air atau kimia air berdasarkan kumpulan diatom (Koster *et al.*, 2004; Gell *et al.*, 2005). Secara prinsip takson tertentu akan melimpah pada kondisi optimum untuk perkembangannya. Nilai optimum suatu variabel lingkungan dihitung berdasarkan rerata konsentrasi tiap lokasi. Tiap nilai variabel di *weighted*-kan dengan kemelimpahan jenis diatom. Untuk estimasi konsentrasi variabel tertentu berdasarkan fosil kumpulan diatom di perlapisan sedimen, dilakukan infersi dari persamaan WA-nya. Berdasarkan rekonstruksi pH perairan dengan data set diatom kombinasi Eropa yang diinfersikan dengan fosil diatom

Danau Rawapening, maka terdapat fluktuasi pH yang berkecenderungan untuk naik. Kecenderungan ini serupa dengan perubahan curah hujan di stasiun pengukuran Banyubiru dan Ambarawa. Meskipun rekonstruksi pH menggunakan data set diatom Eropa, namun mampu memberi gambaran perubahan lingkungan yang terjadi. Guna memberikan hasil yang lebih akurat, maka sangat perlu dikembangkan diatom data set Indonesia yang hingga saat ini belum tersedia.

Pengelolaan Danau

Konservasi Danau Rawapening merupakan prioritas danau nasional hasil Kesepakatan Bali 2009 yang harus dilakukan secara terpadu dan berkelanjutan. Selama ini menurut Sutarwi (2008), ketidakberlanjutan pengelolaan Danau Rawapening diindikasikan oleh faktor ekonomi, ekologi, sosial, dan institusional. Penelitian ini dapat mendukung penyelesaian permasalahan ekologi terkait dengan degradasi lingkungan danau seperti percepatan deposisi dan *blooming* eceng gondok sehingga menginduksi pendangkalan danau. Kondisi masa lampau harus menjadi landasan dalam pengembangan pengelolaan danau.

Berdasarkan rekonstruksi kondisi ekologi Danau Rawapening di masa lampau khususnya kondisi konduktivitas, pH, dan total fosfor (TP) diketahui bahwa pemicu utama dari problem tersebut adalah eutrofikasi yang disebabkan dari pupuk pertanian. Program pemanenan eceng gondok yang dilakukan sejak tahun 2005 bukan merupakan penyelesaian terbaik, karena secara riil penutupan permukaan danau oleh eceng gondok bahkan melebihi dari persentase yang diprediksi. Penyelesaian problem inti danau harus mempertimbangkan daerah tangkapan danau. Pengembangan pertanian yang lebih ramah lingkungan, dengan dibentuknya regulasi yang mengatur pemanfaatan pupuk pertanian di daerah tangkapan danau akan mengurangi masukan fosfor dan nitrogen ke danau. Pada tahun 2007 luasan karamba apung di Rawapening berkisar 7,5 Ha, masih di bawah dari luasan yang diperbolehkan yaitu 15 Ha (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007). Regulasi yang mengatur tentang pengembangan karamba di Danau Rawapening juga harus dibentuk, sehingga kualitas air danau tetap di bawah standar baku mutu lingkungan sesuai dengan peruntukannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kronostratigrafi dan biostratigrafi Danau Rawapening, maka zonasi yang terbentuk mencerminkan perubahan kualitas perairan berkaitan dengan pengembangan aktivitas di daerah tangkapan danau. Pengembangan manajemen danau secara terpadu dan berkelanjutan dapat dikembangkan berbasis hasil rekonstruksi kondisi ekologi di masa lampau, sehingga prediksi perubahan di masa mendatang dapat diantisipasi. Guna mendukung kajian paleolimnologi diperlukan data set diatom Indonesia sehingga hasil rekonstruksi dapat lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Riset Fundamental dengan Nomor Kontrak: 321/SP2H/PP/DP3M/III/2008 tanggal 5 Maret 2008, Hibah Penelitian Multi Tahun (Desentralisasi UNDIP) Nomor: 124a/H7.2/KP/2009, tanggal 18 Maret 2009; dan Hibah Penelitian Doktor dari Dikti dengan Nomor Kontrak: LPPM-UGM/1177/2009 Tanggal 19 Mei 2009. Ucapan terima kasih diucapkan kepada Rosie Grundell dan Keely Mills dari *University of Ballarat* Australia yang membantu dalam identifikasi diatom; dan Nina Desianti dari *Univesity of Oklahoma*, Amerika Serikat yang berkontribusi dalam analisis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2010. Program danau prioritas nasional tahun 2010 – 2014. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Bappeda Propinsi Jawa Tengah, 2005. Penyusunan Action Plan pengembangan kawasan Rawapening. Laporan Akhir. CV. Galihloka Semarang.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan – Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro, 1999. Pengembangan Indeks Mutu Lingkungan dan Indikator Biologi.
- Biggler, C. and R.I.Hall. 2002. Diatoms as indicators of climatic and limnological change in Swedish Lapland: 100-lake calibration set and its validation for paleoecological reconstructions. *Paleolimnology* 27: 97 – 115
- Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang. 2007. Kajian potensi sumber daya perikanan Rawapening Kabupaten Semarang 2007. Laporan Akhir. PT. Astri Bumi Semarang.

- Gell, P.; J.A. Sonneman; M.A. Reid; M.A. Ilman; and A.J. Sincock. 1999. An illustrated key to common diatom genera from Southern Australia. CRC for Freshwater Ecology, Thuringa, NSW.
- Gell, P.; J. Tibby; J. Fluin; P. Leahy; M. Reid; K. Adamson; S. Bulpin; A. Macgregor; P. Wallbrink; G. Hancock; And B. Walsh., 2005. Assessing Limnological Change And Variability Using Fossil Diatom Assemblages, South-East Australia. *River Res. Applic* 21: 257-269.
- Goltenboth, F. 1979. Preliminary final report. The Rawapening Project. Satya Wacana Christian University, Salatiga.
- Hehanusa, P.E. dan Haryani, G.S. 2009. Klasifikasi morfogenesis danau di Indonesia untuk mitigasi dampak perubahan iklim. Makalah disampaikan dalam Konferensi Nasional Danau Indonesia I, Sanur-Denpasar-Bali, 13-15 Agustus 2009.
- John, J. 2000. A Guide to Diatoms as Indicators of Urban Stream Health LWRRDC Occasional Paper 14/99 (Urban Sub Program, Report No.7).
- Juggins, S. 2001. The European Diatom Database User Guide Version 1.0, University Of Newcastle Newcastle Upon Tyne
- Juggins, S. 2003. User Guide C2. Software for ecological and palaeontological data analysis and visualisation. User Guide version 1.6. University of New Castle, New castle upon Tyne.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996. Sandi Stratigrafi Indonesia.
- Koster, D.; J.M. Racca; and R. Pienitz. 2004. Diatom-based inference models and reconstructions revisited: methods and transformation. *Journal of Paleolimnology* 32: 233 – 246.
- Kramer, K. Lange-Bertalot, H. 2004. Subwasserflora Von Mitteleuropa, Bd. 02/1: Bacillariophyceae: Teil 1: Naviculaceae. Spectrum, Berlin.
- Kramer, K. Lange-Bertalot, H. 2004. Subwasserflora Von Mitteleuropa, Bd. 02/2: Bacillariophyceae: Teil 2: Bacillariophyceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Spectrum, Berlin.
- Kramer, K. Lange-Bertalot, H. 2004. Subwasserflora Von Mitteleuropa, Bd. 02/3: Bacillariophyceae: Teil3: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae. Spectrum, Berlin.
- Kramer, K. Lange-Bertalot, H. 2004. Subwasserflora Von Mitteleuropa, Bd. 02/4: Bacillariophyceae: Teil 4: Achanthes S.I., Navicula Sstr. Spectrum, Berlin.
- Leirn, K.R. and Cumming, B.F. 2008. Diatom-inferred lake level from near-shore cores in a drainage lake from the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario, Canada. J Paleolimnol DOI 10.1007/s10933-008-9248-9

- Mann, D.G. 1999. The species concept in diatoms. *Phycologia* 38 (6): 437-495.
- Pemerintah Kabupaten Semarang. 2000. Proyek Perencanaan Tata Lingkungan Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawapening. PT. Comarindo Mahameru, Semarang.
- Round, F.E; R.M. Crawford; and D.G. Mann. 2000. The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera. 2^{ed}. Cambridge University Press, UK.
- Smol, J.P. 2008. Pollution of Lakes and Rivers A Paleoenvironmental Perspective. 2nd ed. Blackwell Publishing, USA.
- Soeprobawati, T.R. 2009. Variabilitas Keanekaragaman Dan Distribusi Vertikal Diatom Danau Rawapening. Makalah Disampaikan Dalam *Seminar Nasional Peran Biosistematika Dalam Pengelolaan Sumberdaya Hayati Indonesia*, Fakultas Biologi - Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto, 12 Desember 2009
- Soeprobawati, T.R; H. Sugondo; I.B. Hendrarto; I. Sumantri; and B. Toha. 2001. Diatom and Ecological Changes of the River. *Seri Penelitian Fakultas Biologi* 4(2): 72-97, edisi khusus *Prociding Seminar Nasional Peranan Fungsi Ekologis dalam Pengelolaan Lingkungan*. Universitas Satya Wacana, Salatiga.
- Soeprobawati, T.R; W.A. Rahmanto; J.W. Hidayat; and K. Baskoro. 2005. Diatoms and present Condition of Rawapening Lake. *International Seminar on Environmental Chemistry and Toxicology*, April 2005, INJECT Yogyakarta.
- Sonneman, J.A.; Sincock, A.; Fluin, J.; Reid, M.; Newall, P.; Tibby, J.; And Gell, P. 2000. An Illustrated Guide To Common Stream Diatom Species From Temperate Australia. Cooperative Research Centre For Freshwater Ecology, Identification Guide No. 33. NSW.
- Sutarwi. 2008. Kebijakan pengelolaan sumber daya air danau dan peran kelembagaan informal, menggugat peran Negara atas hilangnya nilai *ngepen* dan *wening* dalam pengelolaan danau Rawapening di Jawa Tengah. *Disertasi*. Program Pascasarjana Studi Pembangunan. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga
- Wibowo, H. 2004. Tingkat Eutrofikasi Rawapening dalam Kerangka Kajian Produktivitas Primer Fitoplankton. *Thesis* magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro Semarang.

DISKUSI

Pemberi saran : Peter E. Hehanusa
Saran : Di kompleks Danau Malili, diatom banyak ditemukan. Kondisinya dari tahun 1936 dibandingkan sekarang, kondisinya tidak banyak berubah. Peneliti luar memang lebih banyak mempunyai foto koleksi diatom – diatom berdasarkan informasi dari jurnal, sehingga penelitian mengenai diatom perlu diperbanyak lagi.

Penanya : Fauzan Ali (Puslit Limnologi LIPI)

Pertanyaan :

1. Apakah ilmu paleolimnologi dapat diterapkan dalam tambak udang, dimana produktivitas tinggi hanya pada saat kolam baru. Apakah struktur sedimen dapat dideteksi di tambak udang?
2. Apa rekomendasi untuk tambak – tambak udang yang sudah tidak produktif?

Jawaban :

1. Paleolimnologi dapat digunakan untuk kajian daerah tambak tetapi penyaji belum pernah melakukan kajian. Dari kajian jurnal, Paleolimnologi dapat juga digunakan untuk kajian ekosistem sungai.
2. Data set diatom di Indonesia perlu dikembangkan.