

Variabilitas Keanekaragaman dan Distribusi Vertikal Diatom Danau Rawa Pening

Tri Retnaningsih Soeprbowati

Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: trsoeprbowati@yahoo.co.id

ABSTRAK

Secara spasial, diatom tersebar hampir di semua ekosistem perairan, bahkan di tempat lembab dan basah. Dinding sel diatom tersusun dari silika, sehingga fosil diatom dapat tersimpan dengan baik dalam sedimen. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji variabilitas keanekaragaman diatom Danau Rawa Pening secara vertikal. Perbedaan keanekaragaman dan kelimpahan diatom pada perlapisan sedimen mengindikasikan perbedaan lingkungan saat diatom tersebut diendapkan.

Sampel sedimen diambil dari 2 lokasi di Danau Rawa Pening, dengan representasi inlet dan tengah danau. Pengambilan sampel dilakukan dengan *hand auger*. Sampel sedimen dalam corer kemudian diiris tiap 0,5 cm. Diatom dipisahkan dari sedimen dengan perlakuan HCl dan H₂O₂. Identifikasi diatom dilakukan dengan mikroskop perbesaran 1.000 kali hingga dijumpai minimal 300 valva. Selanjutnya dilakukan penghitungan kelimpahan relatif dan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Secara vertikal, keanekaragaman diatom variatif antara 1,49 – 3,49. Rendahnya indeks keanekaragaman berkaitan dengan dominansi spesies. Diatom *centrales* mendominasi lapisan permukaan dengan populasi relatif tinggi dengan spesies dominan *Aulacoseira ambigua*, *A. distans* dan *A. granulata*. Genus *Eunotia* mendominasi pada lapisan tengah dan *Nitzschia palea* dan *Synedra ulna* mendominasi lapisan dalam. Berdasarkan perbedaan kelimpahan spesies tersebut mengindikasikan perbedaan kandungan total fosfor dan pH pada saat diatom tersebut diendapkan. Rekonstruksi masa lampau Danau Rawa Pening perlu dilakukan untuk memastikan adanya perubahan kualitas perairannya.

Keywords: diatom, keanekaragaman, Rawa Pening, distribusi vertikal, kualitas perairan

PENDAHULUAN

Danau Rawa Pening terletak pada 7°40' LS – 7°30' LS dan 110°24'46" BT – 110°49'06" BT merupakan ekosistem perairan tawar di Jawa Tengah. Danau ini dikelilingi empat kecamatan yaitu Tuntang, Bawen, Ambarawa dan Banyubiru, dan terletak 45 km sebelah selatan Semarang dan 9 km timur laut Salatiga, di segitiga pertumbuhan Yogyakarta, Solo (Surakarta) dan Semarang. Pengembangan wilayah di daerah tersebut berakibat terhadap perubahan tataguna lahan, karena terjadi konversi hutan menjadi lahan budidaya dan dari lahan pertanian menjadi permukiman.

Secara alami, Danau Rawa Pening terbentuk melalui proses letusan vulkanik yang mengalirkan larva basalt dan menyumbat aliran Kali Pening di daerah Tuntang (Wardani, 2002). Sebagai akibatnya lembah Pening yang berhutan tropik menjadi rawa, itulah sebabnya Danau Rawa Pening termasuk tipe "mangkok". Rawa Pening berubah menjadi Danau semi alami sejak

pembangunan pertama dam dikembangkan di hulu Sungai Tuntang pada tahun 1912 – 1916, sehingga permukaan air rawa naik. Penggenangan lembah tersebut membawa dampak besar terhadap perubahan ekosistemnya, seperti penggambutan sisa-sisa hutan tropik, invasi tumbuhan air, terbentuknya pulau terapung dan berkembangnya komunitas akuatik.

Berdasarkan topografinya, Danau Rawa Pening terletak di daerah rendah dan dikelilingi oleh beberapa perbukitan dan gunung dengan kelerengan berkisar antara 8% hingga mencapai lebih besar dari 30%, seperti Gunung Telomoyo (1895 m), Gunung Butak (1000 m), Gunung Balak (700 m), Gunung Payung dan Gunung Rong (600 m). Air Danau Rawa Pening berasal dari curah hujan, air tanah, dan air permukaan (16 aliran air sungai sebagai inlet yang termasuk dalam 9 sub-sub DAS). Kondisi ini menyebabkan air di danau mengalami penambahan terus menerus, sementara air yang keluar hanya melalui 1 outlet yaitu Sungai Tuntang. Akan tetapi penambahan air tersebut juga 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. Distribusi sedimen ke danau pada musim penghujan mencapai 880 kg/hari dan di musim kemarau rata-rata 270 kg/hari (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000).

Secara ekonomis, Danau Rawa Pening 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%, permukiman 13,8%, perkebunan 8%, kebun campur 7,8%, rawa/danau 4,5%, penggunaan lahan lainnya 1% (Bappeda Jateng, 2000). Jumlah penduduk yang bergantung pada keberadaan Danau Rawa Pening sebanyak 311.772 jiwa (data tahun 1997) dengan tingkat pertumbuhan penduduk 0,93% (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000).

Permasalahan danau di Indonesia antara lain penurunan kualitas perairan, penurunan debit air dan pendangkalan danau. Danau Rawa Pening merupakan tipikal danau Indonesia, memiliki semua problem tersebut. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa volume air Danau Rawa Pening dalam kurun 22 tahun (tahun 1976 – 1998) mengalami penurunan 29,34%. Diprediksikan bahwa jika pendangkalan danau dan erosi di daerah hulu tidak berubah, maka pada tahun 2021 Rawa Pening akan berubah menjadi daratan (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000). Keadaan ini jelas sangat berpengaruh terhadap fungsi utamanya sebagai penyimpan air.

Secara ekologis, Danau Rawa Pening telah banyak mengalami perubahan, yang diindikasikan oleh tidak terkontrolnya pertumbuhan gulma air yang umumnya berkaitan dengan proses eutrofikasi. Kurang lebih 20 – 30% danau tertutup oleh *Eichhornia crassipes*, 10% oleh *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia cucullata* (Goltenboth & Timotius *et al.*, 1994). *Covering* permukaan oleh tumbuhan air tersebut semakin besar persentasenya, bahkan pada musim kemarau bisa mencapai 70%. Pertumbuhan yang tidak terkontrol ini menyebabkan penutupan permukaan perairan, terakumulasinya serasah/busukan eceng gondok di dasar perairan dan terperangkapnya

sedimen di akar tanaman sehingga mempercepat pendangkalan danau. Meskipun sejak tahun 1931 telah dilakukan upaya pengendaliannya namun sampai dengan saat ini belum sepenuhnya menunjukkan hasil yang memadai. Selama ini problem *blooming* eceng gondok diatasi dengan pemanenan secara periodik. Bahkan pada musim kemarau dilakukan pemanenan massal. Hal ini menyelesaikan permasalahan hanya sementara, tahun berikutnya *blooming* sudah tidak dapat dihindari lagi.

Diatom merupakan mikroalga yang dijumpai di berbagai macam habitat, ekosistem laut, perairan tawar, bahkan dapat pula dijumpai di tanah yang lembab. Berdasarkan sifat hidupnya, maka diatom ada yang bersifat planktonik dan ada yang bentonik. Diatom bentik dapat dipisahkan menjadi 5 yaitu: epipelik, hidup pada substrat lumpur; epilitik, hidup menempel pada batuan; episamnik, hidup pada pasir; epifitik, hidup menempel pada tumbuhan air; dan epizoik, hidup menempel pada hewan air. Keunikan diatom terletak pada dinding selnya dari silika sehingga dapat memfosil dan tersimpan baik dalam sedimen.

TUJUAN

Perbedaan kumpulan diatom pada pelapisan sedimen yang berbeda mengindikasikan kualitas air pada saat diatom tersebut diendapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variabilitas kelimpahan dan diversitas diatom secara vertikal di Danau Rawa Pening.

CARA KERJA

Penelitian ini terdiri dari kegiatan lapang untuk koleksi sampel sedimen dan kegiatan laboratorium untuk analisis diatom. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 22 Oktober 2008 dengan *hand auger*. Pada penelitian ini pengambilan sampel sedimen dan pengukuran kualitas air dilakukan di daerah inlet (Asinan) dan bagian tengah danau (Dangel, Gambar 1). Sampel sedimen kemudian diris setiap 0,5 cm. Pembersihan frustula diatom dari sedimen dilakukan dengan HCl 10% dipanaskan di tas hot plate selama 2 jam, diendapkan selama 12 jam dan dilakukan pencucian 3 kali masing-masing dengan jeda waktu minimal 2 jam. Setelah perlakuan dengan HCl diikuti perlakuan dengan H₂O₂ 10%. Perlakuan kedua ini dengan tahapan seperti pada

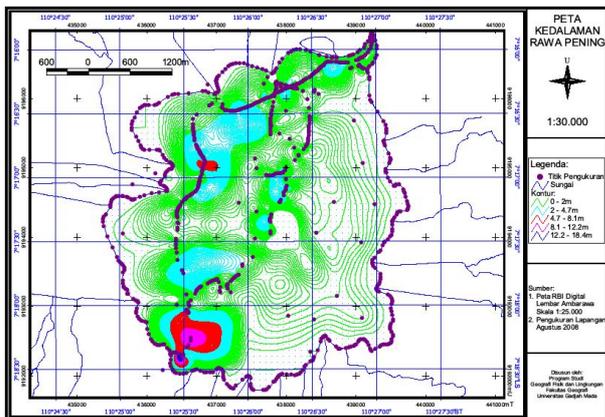
perlakukan HCl, hingga setelah pencucian ke 3 diperoleh residu diatom. 800 µL residu diambil dengan mikropipet, ditetaskan di atas gelas penutup dan dikeringkan di atas hot plate. Pekerekat Hyrax dioleskan pada gelas benda, kemudian gelas penutup dengan residu diatom yang telah mengering direkatkan pada gelas benda. Gelembung udara harus dihilangkan dari preparat ini, setelah kering dan diberi label, preparat siap untuk diidentifikasi. Identifikasi menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1000x, penghitungan individu dari spesies diatom dilakukan hingga dijumpai minimal 300 valva (Soeprbowati, 2009). Identifikasi menggunakan buku Gell *et al* (2002), Kramer & Lange Bertalot vol 1 - 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dijumpai 187 spesies diatom di Danau Rawa Pening, 162 spesies dijumpai di inlet Asinan dan 154 spesies di tengah danau (Dangkel). Ketebalan sampel sedimen yang diperoleh setebal 63 cm, sedangkan di Dangkel 29 cm. Di Asinan proses sedimentasi lebih banyak dibandingkan dengan Dangkel, terkait dengan lokasinya yang dekat dengan inlet, sehingga banyak spesies sungai yang terakumulasi disini.

namun memiliki kontribusi besar pada komunitas diatom epipelik (Sonneman, 2000; Soeprbowati *et al.*, 2001, 2005).

Di daerah inlet Asinan, secara vertikal, keanekaragaman Shanon-Wiener berkisar antara 1,49 – 3,49 dengan jumlah spesies berkisar antara 17 – 58. Berdasarkan indeks keanekaragaman diatom, maka sampai dengan kedalaman 26 cm, indeks keanekaragaman berkisar sekitar 2 – 2,7, sedangkan pada kedalaman 35 – 63 cm indeks keanekaragaman lebih tinggi yaitu berkisar 2,5 – 3,5. Hal ini mengindikasikan bahwa pada lapisan 35 cm ke bawah ekosistem perairan Asinan lebih stabil dibandingkan lapisan 0,5 – 26 cm. Pada kedalaman 26,5 – 34,5 indeks keanekaragaman menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Pada lapisan 0,5 cm, keanekaragaman paling rendah, berkaitan dengan dominannya *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen, dan *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen. Dominannya spesies tersebut berkaitan langsung dengan tingginya kandungan total fosfor perairan, yaitu 0,84 mg/L di Asinan, 0,48 mg/L di Dangkel dan pH basa (Tabel 1). Berdasarkan kandungan total fosfor dan total nitrogen, maka Danau Rawa pening termasuk kategori eutrofik.



Gambar 1. Lokasi penelitian. As = inlet Asinan, Dk= Dangkel

Jumlah spesies diatom Centrales lebih sedikit dibandingkan Pennales, namun populasi Centrales jauh lebih banyak dibandingkan Pennales. Spesies Centrales yang dijumpai antara lain *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Melosira*, dan *Orthoseira*. Kebanyakan spesies Centrales bersifat planktonik,

Tabel 1. Kualitas Air Danau Rawa Pening

| PARAMETER | | Asinan | Dangkel |
|--------------------|------|-----------|-----------|
| Koordinat | LS | 07.16.37 | 07.17.324 |
| | BT | 110.26.20 | 110.25.96 |
| Philscale Tuntang | cm | 180 | |
| pH | | 11,7 | 11,1 |
| konduktivitas | | 0,26 | 0,22 |
| temperatur | oC | 31 | 32 |
| kecerahan | m | 0,5 | 0,6 |
| kedalaman | m | 4 | 5 |
| timbal (Pb+2) | mg/L | 0,155 | 0,315 |
| Cadmium (Cd+2) | mg/L | 0,02 | 0,025 |
| Cromium (Cr) Total | mg/L | 0,137 | 0,027 |
| tembaga (Cu+2) | mg/L | 0,049 | 0,027 |
| Silika (SiO2) | mg/L | 11,2 | 29,9 |

| | | | |
|---------------------------|------|-------|-------|
| Fosfat (PO ₄) | mg/L | 0,84 | 0,48 |
| Amonia (NH ₄) | mg/L | 0,05 | 0,04 |
| Nitrat (NO ₃) | mg/L | 0,63 | 0,01 |
| Nitrit (NO ₂) | mg/L | 0,133 | 0,015 |
| Total P | mg/L | 0,84 | 0,48 |
| Total N | mg/L | 0,813 | 0,065 |

Pada lokasi tengah Danau Rawa Pening (Dangkal), ekosistem perairan relatif lebih stabil dibandingkan dengan Asinan, indeks keanekaragaman berkisar sekitar 1,9 – 3,49. Rendahnya indeks keanekaragaman pada layer 23 cm disebabkan oleh dominansi *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen, *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen dan *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg. *Aulacoseira* merupakan spesies diatom dengan ukuran relative besar, bentuk sel silindris dengan valve berbentuk lingkaran. Valve datar dengan punctata menyebar di dekat tepi valve. Bagian tepi valve mengalami penebalan dan mempunyai barisan duri. Mantel valve mempunyai ornament areolata (punctata besar) membentuk baris spiral atau lurus. Sel-selnya seringkali berkelompok membentuk rantai panjang/filamen lurus, melengkung atau melingkar. *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen berbentuk silindris, valve punctata, tepi mantel dengan spina yang saling mengunci dengan valve pada koneksi sel, striae areolata kasar. Sel membentuk rantai filament yang panjang, diameter valve 4-30 µm, tinggi mantel; valve 4 – 24 µm, sedangkan pada *A. ambigua* (Grunow) Simonsen diameter valve 4 – 17 µm dengan tinggi mantel 5 – 13 µm (Gambar 4).

A. ambigua (Grunow) Simonsen merupakan diatom planktonik namun dapat terdeposit pada habitat epipelik atau epilitik, banyak dijumpai di dataran rendah, pada sungai yang mengalir lambat, pH 6,5 – 9, dan kandungan total fosfor 20 – 200 µg/L. *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen lebih banyak dijumpai pada perairan dengan kandungan total fosfor lebih tinggi (20 – 100 µg/L dengan pH lebih basa, dan lingkungan yang turbulen (Sonneman *et al.*, 2000).

Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg memiliki valve linier – lanceolata dengan ujung sel rostata, sub apiculata sampai capitata, Bagian aksial area (pseudoraphe) linier, dangkal. Area sentral bervariasi dari rektanguler sampai sirkuler, memanjang ke tepi sel, kandangkala dengan striae sangat pendek atau tidak ada. Striae transapikal parallel, kasar dengan punctata halus, panjang 27 – 600 µm, lebar 2 – 9 µm, densitas striae 7 – 15/10 µm (Gambar 5). *S. ulna* (Nitzsch) Ehrenberg dijumpai melimpah pada perairan dengan kandungan total fosfor 20 – 1000 µg/L, pH 5 – 9. *S. ulna* (Nitzsch) Ehrenberg termasuk spesies toleran dan banyak dijumpai di ekosistem sungai maupun danau. *Nitzschia palea* (Kutzing) W. Smith merupakan diatom epipelik atau epilitik yang tersebar luas pada perairan yang eutrofik (Gell, *et al.*, 1999; Soeprbowati *et al.*, 2001, 2005). Valve berbentuk linier – lanceolata dengan ujung membulat, subkapitata sampai kapiitata. Kanal rafe di tepi, fibula kecil dan dangkal, tidak ada nodul sentral. Striae 20 – 40 /10 µm, densitas fibula 9 – 17 µm, panjang valve 15 – 70 µm, lebar 2,5 – 5 µm.

Cukup melimpahnya *Eunotia*, dan *Gomphonema* pada layer tengah mengindikasikan pH yang lebih netral. pH Danau Rawa Pening berfluktuasi. Pada penelitiannya di tahun 1979, Goltenboth menyampaikan bahwa pH berkisar antara 7,2 – 7,6. Pada tahun 1999 Afiati mendapatkan pH berkisar antara 7,5 – 8,8. Tahun 2003, Wibowo mendapatkan pH berkisar antara 6,5 – 7,7. Pada penelitian di tahun 2004 dan 2005 ini 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 (Soeprbowati *et al.*, 2005). Pada tahun 2008, pH danau Rawa Pening lebih basa lebih dari 11 (Tabel 1). Diatom yang secara signifikan berkorelasi dengan pH >7,46 antara lain *Achnanthes minutissima* Kutzing, *A. pusilla* Grunow, *Brachysira zellensis* (Grunow) Round & D.G.Mann, *Cyclotella rossii* Hakansson, *Cymbella minuta* Hilse, *Navicula radiosa* Kutzing, *Nitzschia dissipata* Kutzing) Grunow dan *Nitzschia palea* (Kutzing) W. Smith (Bigler & Hall, 2002). Spesies tersebut termasuk yang digunakan sebagai indikator perubahan iklim melalui paleo-rekonstruksi.

Berdasarkan variasi kemelimpahan dan keanekaragaman diatom secara vertikal di Asinan

dan Dangkel, maka Danau Rawa Pening dapat dikelompokkan menjadi 3 zona, lapisan atas, tengah dan bawah. Semakin ke atas, maka perairan lebih bersifat basa, dengan kondisi yang eutrofik, hal ini dindikasikan oleh dominannya *Aulacoseira* di lapisan atas. Penelitian lebih lanjut perlu dikembangkan untuk merekonstruksi kondisi ekologis danau di masa lampau.

KESIMPULAN

Dijumpai 162 dan 154 spesies diatom di Asinan dan Dangkel. Secara vertical terdapat perbedaan kelimpahan dan keanekaragaman spesies diatom. Pada lapisan atas didominasi oleh *Aulacoseira*. Kelimpahan *Synedra* cenderung lebih tinggi pada layer yang lebih dalam. Keanekaragaman diatom cenderung lebih tinggi pada layer bawah dibandingkan layer atas. Perbedaan kelimpahan dan keanekaragaman spesies diatom berkaitan dengan kualitas airnya. Perlu kajian paleorekonstruksi kondisi ekologis danau di masa lampau.



Gambar 2. Variabilitas indeks keanekaragaman Shannon-Wiener secara vertikal di inlet Asinan, Danau Rawa Pening



Gambar 3. Variabilitas indeks keanekaragaman Shannon-Wiener secara vertikal di lokasi Dangkel Danau Rawa Pening



Gambar 4. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen dan *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen yang dijumpai di Danau Rawa Pening



Gambar 5. *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg yang dijumpai di Danau Rawa Pening

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bappeda Jateng, 2000. Penyusunan rencana pengelolaan kawasan Rawa Pening Propinsi Jawa Tengah. BAPPEDA JATENG – Pusat Penelitian Perencanaan Pembangunan Nasional, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [2] 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. *Journal of Paleolimnology* 27: 97 – 115
- [3] 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, Thurgoona, NSW.
- [4] Goltenboth, F. and K.H. Timotius. 1994. Danau Rawa Pening di Jawa Tengah, Indonesia. Satya Wacana University press, Salatiga.
- [5] Kramer, K. Lange-Bertalot, H. 2004. Subwasserflora Von Mitteleuropa, Bd. 02/1: Bacillariophyceae: Teil 1: Naviculaceae. Spectrum, Berlin.
- [6] Kramer, K. Lange-Bertalot, H. 2004. Subwasserflora Von Mitteleuropa, Bd. 02/2: Bacillariophyceae: Teil 2: Bacillariophyceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Spectrum, Berlin.

- [7] Kramer, K. Lange-Bertalot, H. 2004. Subwasserflora Von Mitteleuropa, Bd. 02/3: Bacillariophyceae: Teil3: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae. Spectrum, Berlin.
- [8] Kramer, K. Lange-Bertalot, H. 2004. Subwasserflora Von Mitteleuropa, Bd. 02/4: Bacillariophyceae: Teil 4: Achanthes S.I., Navicula Sstr. Spectrum, Berlin.
- [9] Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000. Proyek Perencanaan Tata Lingkungan Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawa Pening. Pemerintah Kabupaten Semarang.
- [10] Soeprbowati, T. R. 2009. The Minimal Valves Number In The Identification And Enumeration Of Diatoms Analysis For Water Quality Assessment. *International Conference on Biological Science: Respect to Biodiversity from Molecular to Ecosystem for Better Human Prosperity*, Faculty of Biology Gadjah Mada University, Yogyakarta, 16-17 October 2009
- [11] Soeprbowati, 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.
- [12] Soeprbowati, T.R; W.A. Rahmanto; J.W. Hidayat; and K. Baskoro. 2005. Diatoms and present Condition of Rawa Pening Lake. *International Seminar on Environmental Chemistry and Toxicology*, April 2005, INJECT Yogyakarta.
- [13] 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.
- [14] Wardani, N.S. 2002. Sisitem Geologi Rawa Pening. *Paper dalam Simposium dan Lokakarya Pelestarian DanauRawa Pening untuk Pemberdayaan Masyarakat*. 18-19 April 2002. Pusat Studi Rawa Pening, Universitas Kristen Satya Waca, Salatiga.
- [15] Wibowo H. 2004. Tingkat eutrofikasi Rawa Pening dalam Kerangka Kajian Produktivitas Primer Fitoplankton. Thesis Magister Ilmu Lingkungan, Program pasca sarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.