

**STATUS TROFIK PERAIRAN RAWA PENING DITINJAU DARI
KANDUNGAN UNSUR HARA (NO_3 dan PO_4) SERTA KLOOROFIL-a**

***TROPHIC STATUS OF RAWA PENING WATERS EVALUATED FROM THE
NUTRIENTS (NO_3 dan PO_4) and CHLOROPHYLL-a***

Naila Zulfia dan Aisyah

Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumberdaya Ikan
Teregistrasi I tanggal: 15 September 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal: 25 November 2013;
Disetujui terbit tanggal: 03 Desember 2013
Email: naila_chubby@rocketmail.com

ABSTRAK

Danau Rawa Pening merupakan danau alami yang multi fungsi yaitu sebagai pembangkit listrik, irigasi, perikanan, air baku dan pariwisata. Aktivitas antropogenik manusia mendorong terjadinya perubahan status trofik perairan.. Ledakan populasi fitoplankton dan tumbuhan air terapung merupakan indikasi terjadinya eutrofikasi di danau ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui status terkini kondisi kesuburan Perairan Rawa Pening dengan pendekatan nilai unsur hara (nitrat dan fosfat) serta hubungannya dengan klorofil-a. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2007 di Perairan Rawa Pening. Parameter kimia seperti nitrat, fosfat dan klorofil-a dianalisa di laboratorium menggunakan metode spektrofotometri. Selain itu dilakukan pengukuran insitu beberapa parameter fisika dan kimia (suhu, kecerahan, kedalaman dan pH). Hubungan antara nitrat dan fosfat terhadap klorofil-a dianalisa dengan regresi linier berganda menggunakan software Excel 2007. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kisaran nilai nitrat, fosfat dan klorofil-a pada Bulan Mei dan Juni masing-masing adalah 1,38–2,18 mg/L dan 1,32–2,12 mg/L (eutrofik); 0,013–0,030 mg/L dan 0,012–0,031 mg/L (mesotrofik) serta 4,67–7,22 mg/L dan 4,71–7,30 mg/L (mesotrofik). Persamaan hubungan antara nitrat dan fosfat terhadap klorofil pada Bulan Mei dan Juni sebagai berikut $Y = 0,549 + 2,599 X_1 + 36,513 X_2$ ($R^2=0,97$) dan $Y = 1,457 + 1,628 X_1 + 73,638 X_2$ ($R^2=0,97$). Peningkatan kandungan klorofil-a di Rawa Pening berbanding lurus dengan kandungan nitrat dan fosfat. Konsentrasi nitrat pada Bulan Mei sangat mempengaruhi konsentrasi klorofil sementara pada Bulan Juni terjadi sebaliknya dimana fosfat yang berpengaruh besar terhadap klorofil-a.

KATA KUNCI : Nitrat, fosfat, klorofil-a, Rawa Pening, eutrofik, mesotrofik.

ABSTRACT

Rawa Pening Lake is a natural lake that has multi-function as electricity power, irrigation, fisheries, raw water as well as tourism. Human anthropogenic activities around lake lead to the changes of trophic status of waters. Eutrophication indicated by blooming of phytoplankton and aquatic plants. The purpose of this study was to obtain information on the current condition of the trophic status and determine the relationship between nitrate, phosphate with chlorophyll-a. This research was conducted from May to June 2007 in Rawa Pening, Ambarawa. Water samples were taken to analyze nitrate, phosphate and chlorophyll-a concentrations in laboratory by using spectrophotometry and multiple linear regression analysis using Excel 2007 software to show the relationship between those three parameters. Measurements of several parameters (temperature, brightness, depth and pH) were also done. The results showed that concentration of nitrate, phosphate and chlorophyll-a in May and June, ranged from 1.38 – 2.18 mg/L and 1.32 – 2.12 mg/L (eutrophic); 0.013 – 0.030 mg/L and 0.012 – 0.031 mg/L (mesotrophic) also 4.67 – 7.22 mg/L and 4.71 – 7.30 mg/L (mesotrophic), respectively. The relationship between nitrate and phosphate to the chlorophyll-a in May and June was: $Y = 0.549 + 2.599 X_1 + 36.513 X_2$ ($R^2=0.97$) and $Y = 1.457 + 1.628 X_1 + 73.638 X_2$ ($R^2=0.97$). Relationship between nitrate and phosphate with chlorophyll-a concentration, i.e. increased the content of chlorophyll-a in Rawa Pening directly, proportional to the content of nitrate and phosphate. In May chlorophyll-a significantly influenced by nitrate concentration while in June phosphat is the influential concentrate.

KEYWORDS: Nitrate, phosphate, chlorophyll-a, Rawa Pening, eutrophic, mesotrophic

PENDAHULUAN

Kondisi perairan umum pada beberapa danau dan waduk mengalami penurunan atau terdegradasi, seperti di Danau Rawa Pening. Degradasi ini disebabkan oleh eksploitasi dan pemanfaatan yang berlebihan. Pemanfaatan tersebut berkaitan antara lain untuk kepentingan komersial atau rekreasi perikanan, tingkat eksploitasi untuk memenuhi kebutuhan protein ikan atau jasa estetika, serta aspek sosial ekonomi (Cowx, 2002). Haryani (2013) menyimpulkan setidaknya ada 6 permasalahan yang terjadi di perairan umum daratan, seperti sedimentasi dan pencemaran, degradasi lebar sungai dan konversi badan air, ancaman keanekaragaman hayati, ancaman perikanan darat seperti adanya aktivitas Karamba Jaring Apung (KJA), pariwisata serta banjir dan kekeringan. Sedimentasi dan pencemaran merupakan masalah yang sering terjadi di perairan danau, seperti di Danau Limboto, Maninjau, Singkarak, Rawa Pening, Tempe, Kerinci dan Rawa Taliwang (Soeprbowati *et al.*, 2005; Krismono *et al.*, 2009; Suryono *et al.*, 2010; Chrismadha *et al.*, 2011; Anonim, 2011). Permasalahan yang juga sering terjadi adalah pengkayaan unsur hara akibat dari peningkatan jumlah KJA. Umumnya terjadi di waduk dan danau, seperti Waduk Saguling, Cirata, Jatiluhur, Lahor, Cirata, Karangkates, Sengguruh, Danau Limboto, Maninjau, Toba serta Singkarak (Yahia, 2010; Anonim, 2011; Chrismadha *et al.*, 2011).

Danau Rawa Pening merupakan danau alami yang multi fungsi, sebagai pembangkit listrik, irigasi, perikanan, air

baku serta pariwisata (Sutarwi, 2008). Danau Rawa Pening mengalami sedimentasi tingkat ringan dan pengurangan luasan perairan akibat tutupan tanaman air eceng gondok yang mencapai hingga 30% (Anonim, 2011). Berdasarkan konsentrasi nitrat dan fosfat, kecerahan perairan serta kelimpahan fitoplankton dan komunitas benthik, menunjukkan adanya perubahan status trofik perairan ini, dari eutrofik (Putra, 1987; Wibowo, 2004; Soeprbowati *et al.*, 2005; Anonim, 2011) mesotrofik hingga oligotrofik (Wibowo, 2004; Zulfia dan Umar, 2009; Jayanti, 2009).

Status trofik merupakan indikator tingkat kesuburan suatu perairan yang dapat diukur dari unsur hara (nutrien) dan tingkat kecerahan serta aktivitas biologi lainnya yang terjadi di suatu badan air (Shaw *et al.*, 2004; Leitão, 2012). Penggolongan status trofik meliputi hipertrofik, eutrofik, mesotrofik, oligotrofik serta distrofik (Welcomme, 2001, Wetzel, 2001, Jorgensen, 1980). Namun secara garis besar dikenal 3 kategori yaitu eutrofik, mesotrofik dan oligotrofik. Perairan dikatakan eutrofik jika memiliki nutrien tinggi dan mendukung tumbuhan dan hewan air yang hidup di dalamnya. Perairan tipe oligotrofik pada umumnya jernih, dalam dan tidak dijumpai melimpahnya tanaman air serta alga. Kondisi tersebut menggambarkan nutrien yang rendah sehingga tidak mendukung populasi ikan yang relatif besar. Perairan tipe mesotrofik berada di antara tipe eutrofik dan oligotrofik, dengan kondisi nutrien sedang. Beberapa kriteria kualitas air yang menggambarkan status trofik suatu perairan tersaji dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Klasifikasi status trofik
Table 1. Trophic status classification

Parameter/ Parameter	Status trofik/Trophic level			Sumber/Source
	Eutrofik	Mesotrofik	Oligotrofik	
Kecerahan/Transparency(m)	3-1,5	6-3	> 6	Wetzel (2001)
N-NO ₃ (mg/l)	>0,2	0,1-0,2	<0,1	Golman & Horne (1983)
P-PO ₄ (mg/l)	0,031-0,1	0,011-0,03	0,003-0,01	Vollenweider dalam Effendi (2003)
Klorofil-a/Chlorophyll-a (mg m ⁻³)	8-25	2,5-8	<2,5	Likens (1975) dalam Jorgensen (1980)
Kelimpahan plankton/Plankton abundance (ind/l)	>15.000	2.000-15.000	<2.000	Lander dalam Basmi (1994)

Kesuburan perairan merupakan fungsi beban masukan unsur hara (nutrien) yang berlebih dan klorofil (Jeffrey, 1980). Unsur hara yang terjadi di Rawa Pening disebabkan oleh pembusukan gulma air di rawa itu sendiri dan oleh tumpukan erosi dari daerah hulu. Selain itu, peningkatan unsur hara juga dapat disebabkan oleh adanya sisa pakan dan sisa metabolisme ikan budidaya yang masuk ke perairan (Guritno, 2003). Proses dekomposisi akan menghasilkan unsur-unsur hara seperti nitrat dan fosfat yang dibutuhkan oleh tumbuhan.

Gambaran status trofik suatu perairan dapat diperoleh salah satunya dengan menghitung konsentrasi total fosfor (zat penting bagi pertumbuhan alga), konsentrasi klorofil a (gambaran jumlah kehadiran alga di perairan) serta tingkat kecerahan air. Metode lain untuk mengklasifikasi tingkat kesuburan adalah dengan menghitung kandungan nitrat dan fosfat serta kelimpahan plankton (Nybakken, 1988). Nitrat dan fosfat dalam keadaan normal merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat merupakan pengontrol

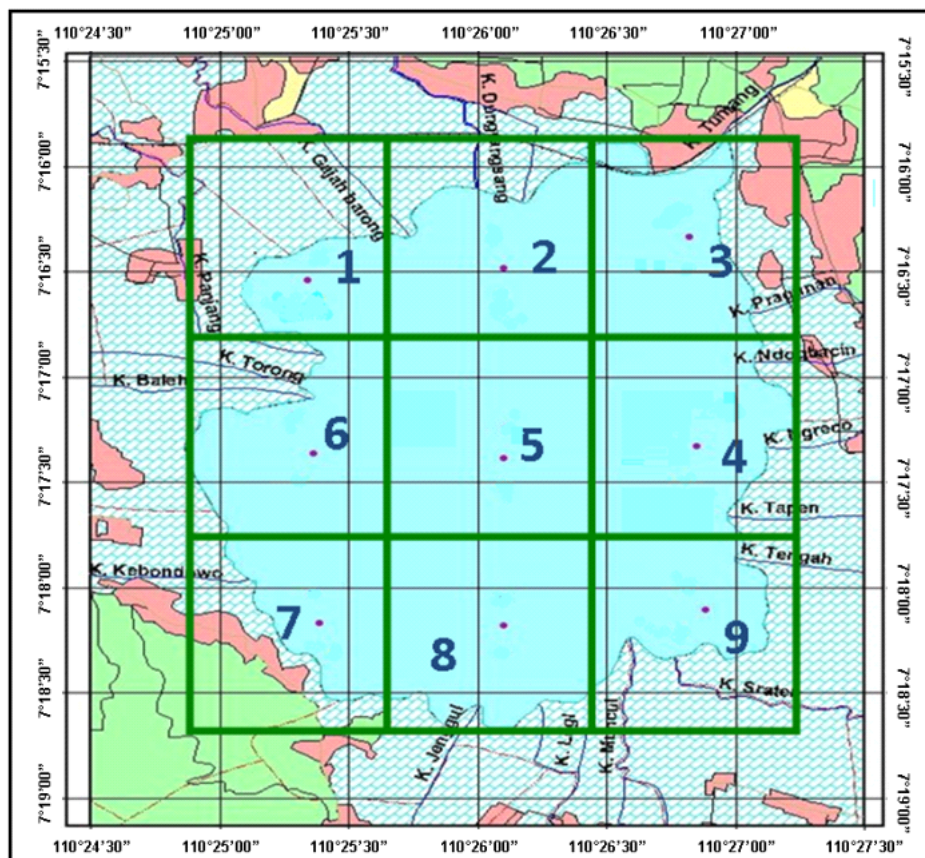
produktivitas primer perairan di zona eufotik dan dapat menjadi pupuk pada tanaman air. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan dengan bantuan bakteri (Effendi, 2003). Davis dan Cornwell dalam Effendi (2003) menyatakan fosfat merupakan bentuk fosfor yang berfungsi sebagai unsur esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga akuatik serta mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Klorofil-a merupakan jenis klorofil yang paling banyak terdapat pada fitoplankton (Jeffrey, 1980). Oleh karena itu terdapat saling keterkaitan antara unsur hara (nitrat dan fosfat) dengan klorofil-a.

Proses alami yang terjadi di suatu perairan dan kegiatan manusia di sekitar perairan (seperti pertanian, pemukiman, peternakan, budidaya ikan) menjadi penyebab terjadinya perubahan status trofik perairan. Pencemaran bahan organik saat ini telah menjadi fenomena umum dijumpai di hampir semua perairan danau. Ledakan populasi fitoplankton dan tumbuhan air terapung seperti eceng gondok merupakan indikasi terjadinya eutrofikasi (Chrismadha *et al.*, 2011). Status trofik berguna untuk

memonitor kualitas air (Leitão, 2012) melalui pemahaman terhadap siklus nutrien dan interaksinya dengan jejaring makanan dalam suatu ekosistem (Dodds, 2007). Pentingnya aspek tersebut serta relatif tingginya dinamika pemanfaatan sumberdaya perairan Rawa Pening melatarbelakangi dilakukannya penelitian ini. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai gambaran status trofik Perairan Rawa Pening melalui pendekatan nilai unsur hara (nitrat dan fosfat) serta hubungannya dengan klorofil-a, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk perencanaan pembangunan dan pengelolaan danau ini secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Mei dan Juni 2007 di Perairan Rawa Pening, Ambarawa, Jawa Tengah. Lokasi pengambilan sampel air ditetapkan sebanyak sembilan stasiun yang dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu bagian dekat outlet (stasiun 1, 2 dan 3), bagian tengah danau (stasiun 4, 5 dan 6) dan dekat dermaga (stasiun 7, 8 dan 9). Lokasi dan deskripsi ke-sembilan stasiun tersebut disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 2.



Keterangan :
Daerah Outlet : Stasiun 1,2,3; Bag. Tengah Danau : Stasiun 4,5,6; Daerah Dermaga : Stasiun 7,8,9

Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel di Perairan Rawa Pening, Ambarawa.
Figure 1. Map of Sampling Location in Lake Rawa Pening, Ambarawa

Tabel 2. Deskripsi lokasi pengambilan sampel di Perairan Rawa Pening, Ambarawa
 Table 2. Description of Sampling Sites in Rawa Pening Water, Ambarawa

Bagian Danau/ Zone Lake	Stasiun/ Sampling site	Deskripsi/ Description
Dekat Outlet/ Outlet	1	Daerah penangkapan ikan, kegiatan budidaya, dan tumbuhan air (Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) dan Ganggang Rante (<i>Hydrilla verticillata</i>))
	2	Daerah yang jauh dari tumbuhan air Eceng Gondok dan kegiatan pariwisata, terdapat aliran sungai yang masuk dari Sungai Dungrangsang dan Sungai Gajah Barong
	3	Kawasan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) dan terdapat aliran sungai yang masuk dari Sungai Pragunan
Tengah Danau/ Middle Part	4	Kawasan bebas dari kegiatan budidaya dan tumbuhan air (Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)) serta terdapat aliran sungai yang masuk dari Sungai Ndogbacin, Sungai Ngreco dan Sungai Tapen
	5	Kawasan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) dan kegiatan budidaya
	6	Kawasan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>), kegiatan budidaya dan daratan serta terdapat aliran sungai yang masuk dari Sungai Torong, Sungai Panjang, Sungai Galeh.
Dekat Dermaga/ Pier	7	Kawasan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) dan Ganggang Rante (<i>Hydrilla verticillata</i>), kegiatan budidaya, daerah penangkapan ikan, Sungai Kebondowo, dekat dengan kegiatan pertanian, daerah pariwisata, daerah budidaya, serta pemukiman
	8	Merupakan daerah kawasan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) serta terdapat aliran sungai yang masuk dari Sungai Jenggul, Sungai Legi
	9	Daerah kawasan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) dan Ganggang Rante (<i>Hydrilla verticillata</i>), kegiatan budidaya, penangkapan ikan, Sungai Tengah, Sungai Sraten, Sungai Muncul

Contoh air pada masing-masing stasiun diambil di permukaan dengan menggunakan *Snacth Bottle Sampler*. Pengambilan sampel ini diasumsikan untuk mendapatkan homogenitas sampel air danau, sehingga diharapkan dapat mewakili kualitas lingkungan danau sesungguhnya (Hadi, 2005). Contoh air diawetkan melalui proses pendinginan pada suhu $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dalam keadaan tertutup rapat sehingga tidak ada pengaruh udara luar yang dapat merubah komposisi atau menimbulkan gangguan saat analisis dilakukan (Hadi, 2005).

Pengukuran kualitas air meliputi nitrat, fosfat dan klorofil-a menggunakan metode *Spectrophotometry* (Radojevic and Bashkin, 1999). Pengukuran terhadap pH, suhu air, kedalaman dan kecerahan secara insitu. Metode analisis parameter kualitas air mengacu pada APHA (1989) dan Radojevic and Bashkin (1999) yang disajikan pada Tabel 3. Data dan informasi mengenai kelimpahan fitoplankton di perairan ini dirujuk dari hasil penelitian di perairan yang sama tahun 2009 (Jayanti, 2009).

Analisa regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui korelasi antara kandungan nitrat dan fosfat terhadap klorofil-a, menggunakan *software Excel 2007*, dengan model hubungan : $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$. Dari model regresi diketahui nilai koefisien model yang menggambarkan hubungan berbanding lurus atau terbalik dengan Y. Dilakukan uji signifikansi Anova untuk mendapatkan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} sehingga bisa diketahui ketepatan persamaan regresi yang digunakan, uji t dilakukan untuk memperinci variabel yang berpengaruh signifikan terhadap variabel bergantung (Y).

HASIL DAN BAHASAN

HASIL

Hasil pengukuran dan analisa beberapa kualitas air di Perairan Danau Rawa Pening disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 4.

Tabel 3. Parameter fisika dan kimia yang diamati serta cara pengukurannya
 Table 3. Physical and chemical parameter and measurement method

Parameter / Parameters	Satuan / Unit	Metode dan Alat / Method and Instrument
Pengamatan Insitu :		
Parameter Fisika		
Suhu	°C	Termometer
Kecerahan	m	Secchi disk
Kedalaman	m	Tongkat berskala
Parameter Kimia		
pH		pH meter
Analisis di Laboratorium :		
Parameter Kimia		
Nitrat	mg/l	Brucine-Sulfanilik, dan Spektrofotometer
Fosfat	mg/l	Stannous Chlorida Spectrophotometry dan Spektrofotometer
Klorofil-a	mg m ⁻³	Spectrophotometry dan Spektrofotometer

Tabel 4. Pengukuran suhu, kecerahan dan kedalaman pada beberapa stasiun pengamatan di Perairan Rawa Pening, Ambarawa Bulan Mei dan Juni tahun 2007
 Table 4. Temperature, transparency and depth of sampling sites in Rawa Pening Water, Ambarawa on May and June 2007

Stasiun/ Station	pH	Suhu air / Water Temperature (°C)	Kecerahan/ Transparency (cm)	Kedalaman/ Depth (cm)
Dekat Outlet				
1	7,2	27,70 - 27,80 27,75 ± 0,07	88 – 98	189 – 204
2	7,2	27,60 - 27,70 27,65 ± 0,07	100 – 107	288 – 319
3	7,2	27,60 - 27,70 27,65 ± 0,07	98 – 103	160 – 165
Tengah Danau				
4	7,3	27,80 - 27,90 27,85 ± 0,07	98 – 109	195 – 265
5	7,2	27,80 - 27,90 27,85 ± 0,07	85 – 88	334 – 360
6	7,1	27,80 - 27,90 27,85 ± 0,07	87 – 98	198 – 218
Dekat Dermaga				
7	7,2	28,50 - 28,60 28,55 ± 0,07	105 – 112	1120 – 1130
8	7,1	28,20 - 28,30 28,25 ± 0,07	86 – 97	179 – 282
9	7,4	28,00 - 28,10 28,05 ± 0,07	86 – 98	148 – 157

Derajat Keasaman

pH Perairan Rawa Pening berkisar antara 7,1 hingga 7,4, yang berarti masih bersifat alkalis/basa (Tabel 4.). Nilai pH tersebut hampir sama dengan penelitian terbaru yang berkisar 7,1 – 7,4 (Rovita *et al.*, 2012; Suparjo, 2013). Nilai pH tertinggi terjadi di stasiun 9 (dekat dermaga). Kisaran nilai tersebut sesuai dengan nilai kisaran pH pada perairan

air tawar alami yaitu berkisar antara 7-8 (Effendi, 2003). Nilai pH perairan sangat tergantung dengan keberadaan ion hidrogen, dimana kenaikan nilai pH seiring dengan berkurangnya ion hidrogen dan sebaliknya penurunan nilai pH terjadi seiring dengan bertambahnya ion hidrogen dalam perairan (Effendi, 2003). Kisaran nilai pH 7,0 - 7,7 juga terjadi di beberapa Danau seperti Limboto, Danau Tempe, (Wardoyo *et al.*, 2012; Suryono *et al.*, 2010).

Suhu

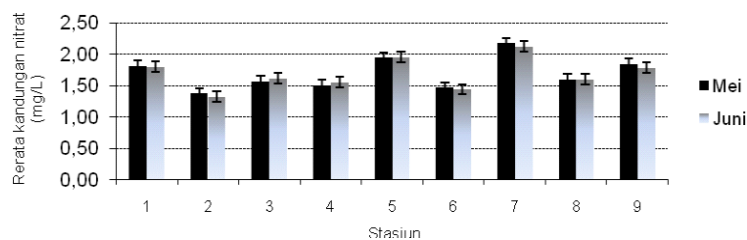
Rata-rata suhu perairan berkisar 27,65 – 28,55 °C (Tabel 4.). Penelitian sebelumnya menghasilkan nilai rerata suhu air yang tidak jauh berbeda. Sementara penelitian terbaru menyatakan rerata suhu air berada pada kisaran 26,69 – 28,34 °C (Rovita *et al.*, 2012). Nilai suhu tersebut masih dalam kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan biota di perairan yaitu antara 20 hingga 30°C serta merupakan suhu permukaan danau yang umum di wilayah tropis yang berkisar 28 - 29 °C (Nybakken, 1988).

Kecerahan

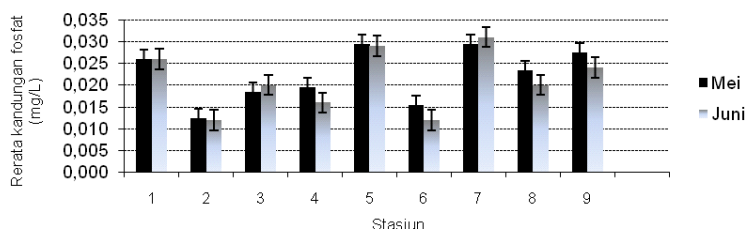
Nilai kecerahan berkisar antara 85 hingga 112 cm dengan kedalaman perairan berkisar antara 148 hingga 1.130 cm (Tabel 4.). Nilai kecerahan yang relatif tinggi dijumpai di bagian perairan yang bebas dari tanaman air dan kegiatan budidaya (stasiun 2 dan 4). Nilai kecerahan tergantung dengan keadaan cuaca, waktu pengukuran, warna air, kekeruhan dan padatan tersuspensi yang ada didalam perairan. Nilai kecerahan rendah terjadi pada stasiun 2, 6 dan 8. Danau yang mengalami penyuburan

yang relatif cepat seperti Limboto memiliki kisaran nilai kecerahan perairan 500 – 4.200 cm (Suryono *et al.*, 2010), Danau Tempe memiliki nilai kecerahan rerata 101,2 cm (Samuel *et al.*, 2012).

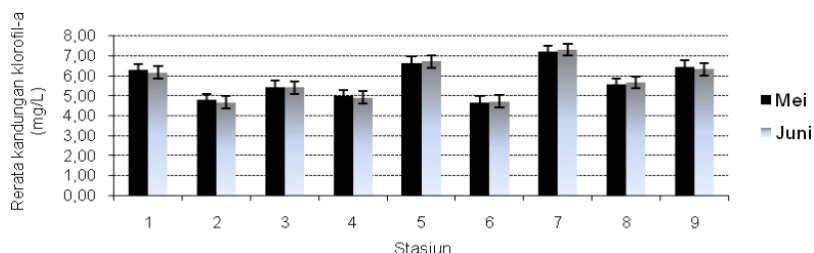
Dari Gambar 4. terlihat kisaran nitrat antara 1,32 hingga 2,18 mg/L. Nilai fosfat berkisar antara 0,012 hingga 0,031 mg/L, sedangkan untuk pengukuran klorofil-a berkisar antara 4,66 hingga 7,30 mg/L. Hasil pengamatan menunjukkan kisaran nitrat, fosfat dan klorofil-a tertinggi berada pada stasiun yang dekat dengan dermaga (Gambar 2, 3 dan 4). Kisaran nilai nitrat dan fosfat di perairan ini berada di bawah ambang batas sebagaimana yang ditetapkan dalam PP nomor 82 tahun 2001 yaitu 10 mg/L untuk penggunaan kelas I dan II, 20 mg/L untuk kelas III dan IV (Anonim, 2001). Sedangkan untuk kisaran nilai fosfat yaitu 0,2 mg/L untuk kelas I dan II, 1 mg/L untuk kelas III dan 5 mg/L untuk kelas IV. Tingkatan trofik berdasarkan Goldman & Horne (1983) mengklasifikasikan Danau Rawa Pening ke dalam perairan eutrofik, karena nilai nitrat perairan >0,2 mg/L. Sedangkan berdasarkan nilai fosfat dan klorofil-a, perairan ini tergolong mesotrofik (Vollenweider dalam Effendi, 2003; Likens 1975 dalam Jorgensen, 1980).



Gambar 2. Kandungan nitrat (mg/L) di Danau Rawa Pening, Ambarawa tahun 2007
Figure 2. Content of Nitrate (mg/L) in Lake Rawa Pening, Ambarawa in 2007



Gambar 3. Kandungan fosfat (mg/L) di perairan Rawa Pening, Ambarawa tahun 2007
Figure 3. Content of Phosphate (mg/L) in Lake Rawa Pening, Ambarawa in 2007



Gambar 4. Kandungan klorofil-a (mg/L) di perairan Rawa Pening, Ambarawa tahun 2007
Figure 4. Content of Chlorophyll-a (mg/L) in Lake Rawa Pening, Ambarawa in 2007

BAHASAN

Nilai pH, Suhu, Kecerahan

Kisaran nilai pH (derajat keasaman) Perairan Danau Rawa Pening bersifat alkalis/basa (Effendi, 2003). Menurut Boyd (1982) dalam Effendi (2003), secara umum bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis (basa), karena yang diperlukan dalam proses dekomposisi bahan organik dan proses oksidasi adalah bakteri, maka nilai pH Perairan Rawa Pening mendukung adanya proses tersebut. Sebaliknya, proses fotosintesis akan mengalami laju penurunan jika pH terlalu asam atau terlalu basa.

Nilai pH tertinggi baik pada Bulan Mei dan Juni terjadi di stasiun 9 (dekat dermaga). pH bervariasi terjadi pada saat terjadinya proses fotosintesis yaitu pH cenderung naik karena fitoplankton menggunakan CO_2 untuk keperluan fotosintesisnya sehingga asam karbonat terbuang dan proses respirasi menyebabkan pH cenderung turun karena adanya pelepasan CO_2 bebas ke dalam air yang menghasilkan asam karbonat (H_2CO_3).

Suhu air berkisar antara 27,6-28,5°C. Kisaran suhu tertinggi terjadi di stasiun 7-9 yang berada di dekat dermaga. Kisaran suhu tersebut umum terjadi di perairan pada wilayah tropis, yaitu 25-30°C, dimana dalam kisaran suhu tersebut masih dimungkinkan terjadinya proses reaksi dan pertumbuhan alga (Manahan, 1991). Tingginya suhu disebabkan oleh waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada siang hari, dimana pada waktu tersebut intensitas cahaya matahari terjadi maksimal sehingga suhu pada zona epilimnion relatif tinggi.

Pengukuran kedalaman dan kecerahan air berkisar antara 148 – 1.130 cm dan 85-112 cm. Kedalaman menentukan seberapa dalam cahaya matahari dapat menembus lapisan air. Cahaya matahari dalam suatu perairan sangat penting dalam membantu proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton, dan melalui proses fotosintesis dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut (Welch, 1952). Nilai kecerahan menunjukkan jumlah cahaya matahari masuk ke dalam perairan yang dipengaruhi oleh adanya padatan tersuspensi baik organik maupun anorganik (Boyd, 1982). Kecerahan suatu perairan ditentukan oleh adanya kandungan bahan organik yang ada di dalamnya. Semakin tinggi kandungan bahan organik menyebabkan nilai kecerahan semakin berkurang.

Berdasarkan klasifikasi status trofik Likens (1975) dalam Jorgensen (1980) sebagaimana tertera dalam Tabel 1., nilai kecerahan Perairan Danau Rawa Pening tergolong dalam perairan hyper-eutrofik. Sedangkan menurut Novotny & Olem (1994), dilihat dari nilai kecerahan Danau Rawa Pening memiliki tingkat kesuburan eutrofik. Kondisi

perairan hyper-eutrofik juga terjadi di Perairan Danau Limboto dan Danau Tempe, nilai kecerahan masing-masing berkisar antara 10-90 cm dan 18-50 cm (Krismono *et al*, 2009).

Kandungan Nitrat

Kandungan nitrat yang diperoleh dari hasil analisa berada pada kisaran 1,38–2,18 mg/L pada Bulan Mei dan 1,32 – 2,12 mg/L pada Bulan Juni. Nilai tertinggi terdapat di stasiun 1, 5, 7 dan 9, terendah terdapat di stasiun 2 dan 6 yaitu bagian tengah danau dan bagian outlet (Gambar 2.). Kisaran nilai ini relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil pengukuran sebelumnya yaitu 0,027 – 0,60 mg/L (Afiati & Brotohadikusumo, 2002; Jayanti, 2009; Yahia, 2010; Rovita *et al.*, 2012). Kisaran nilai nitrat yang diperoleh masih berada di bawah standar nilai yang disyaratkan dalam PP No. 82 tahun 2001, yaitu 10 mg/L untuk penggunaan kelas I (air minum dan peruntukan lain dengan mutu yang disyaratkan sama) dan II (rekreasi air, budidaya, pertanian) serta 20 mg/L untuk penggunaan kelas III (budidaya, pertanian) dan IV (pertanian dan peruntukan lain dengan mutu yang disyaratkan sama). Secara umum, konsentrasi nitrat pada perairan dengan kondisi baik (belum terkontaminasi polusi) berada pada kisaran rendah bahkan tidak terdeteksi hingga mencapai 10 mg/L (Wetzel, 2001). Dilihat dari kisaran nilai nitrat >0,2 mg/L, perairan Rawa Pening tergolong tipe eutrofik (Goldman & Horne, 1983) Kisaran nilai nitrat yang hampir sama juga terjadi di Danau Limboto (Krismono *et al.*, 2009) dan Danau Tempe (Direktorat Sumberdaya Ikan, 2009 dalam Anonim, 2013).

Tingginya nilai kandungan nitrat diduga karena adanya masukan zat hara dari buangan kegiatan budidaya dan pertanian di sekitar stasiun tersebut (Fried *et al.*, 2003). Peningkatan unsur hara menjadi penyebab tumbuhnya alga serta tumbuhan air secara berlebihan yang juga disebut *eutrofikasi* (Paytan & McLaughlin, 2007). Selain itu, pada stasiun 7 dan 9 (dekat dermaga) merupakan daerah penangkapan ikan yang mengindikasikan terjadinya pengkayaan nutrisi pada perairan tersebut, karena nitrat merupakan salah satu nutrisi penting bagi tumbuhan dan *algae* yang secara tidak langsung merupakan konsumsi bagi ikan karnivora yang terdapat di danau ini (Effendi, 2003). Kandungan nitrat rendah cenderung terjadi pada bagian perairan yang banyak terdapat eceng gondok, seperti di stasiun 3, 6 dan 8. Rendahnya nilai nitrat diduga karena dimanfaatkan oleh tumbuhan eceng gondok dan fitoplankton.

Kisaran nilai nitrat tertinggi terdapat di perairan dekat dermaga, dimana pada lokasi tersebut terdapat aktivitas budidaya dan dekat dengan kegiatan pertanian. Diduga nitrat tinggi berasal dari limbah kegiatan budidaya dan pertanian, sesuai dengan sifat nitrat yang mudah pindah melalui air (Goldman & Horne, 1983). Kiranya hal ini sesuai

dengan kaidah alamiah bahwa kecenderungan tingginya nilai nitrat adalah terjadi pada perairan yang dekat dengan daratan.

Kandungan Fosfat

Kandungan fosfat yang diperoleh dari hasil analisa berada pada kisaran 0,013 – 0,030 mg/L pada Bulan Mei dan 0,012 – 0,031 mg/L pada Bulan Juni. Berbeda dengan nitrat, nilai fosfat pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Wibowo (2004), dengan nilai fosfat 0,260 mg/L dan Rovita *et al.* (2012) dengan kisaran nilai fosfat 0,029-0,048 mg/L. Sebagaimana kisaran nilai nitrat, kecenderungan nilai tertinggi kandungan fosfat terjadi di stasiun 1, 5, 7 dan 9, sementara nilai terendah terjadi di stasiun 2 dan 6 (Gambar 3.). Kisaran nilai ini masih berada dalam batas yang disyaratkan oleh PP no. 82 tahun 2001, yaitu 0.2 mg/L untuk kelas I dan II, 1 mg/L untuk kelas III dan 5 mg/L untuk kelas IV. Jika mengacu pada Vollenweider *dalam* Effendi (2003), kisaran nilai fosfat yang diperoleh pada penelitian ini tergolong ke dalam tipe mesotrofik. Perbedaan status trofik berdasarkan kandungan nitrat dan fosfat di suatu perairan adalah umum terjadi. Hal tersebut disebabkan oleh sifat nitrat yang mudah larut dalam air dan lebih stabil sementara keberadaan fosfat biasanya relatif kecil daripada kandungan nitrat (Effendi, 2003). Sumber fosfat perairan berasal dari limbah peternakan, limbah manusia terutama detergen, pertanian terutama penggunaan pupuk anorganik seperti TSP/Triple Super Phosphat), limbah industri serta dari proses alamiah di lingkungan itu sendiri (Fried *et al.*, 2003).

Sementara itu, rendahnya nilai fosfat di stasiun 2 dan 6 diduga karena lokasi kedua stasiun ini yang relatif dekat dengan outlet Danau Rawa Pening, sehingga fosfat yang terbawa masuk oleh aliran sungai Dungrangang, Gajah Barong, Torong, Panjang dan Sungai Galeh akan terbawa keluar kembali melalui outlet (mengalami pencucian yang relatif cepat). Pemanfaatan fosfat oleh eceng gondok atau tanaman lain kemungkinan bisa terjadi di stasiun 6 karena di stasiun ini terdapat tumbuhan air tersebut. Sebagaimana diketahui bahwa fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Tchobanoglous, 1991; Dugan, 1972 dalam Effendi, 2003; Romimohtarto dan Juwana, 2005). Sementara di stasiun 2 tidak terdapat tumbuhan air.

Kandungan Klorofil-a

Kandungan klorofil-a yang diperoleh dari hasil analisa berada pada kisaran 4,67 – 7,22 mg/L pada bulan Mei dan 4,71 – 7,30 mg/L pada bulan Juni (Gambar 4.). Kisaran nilai tersebut mengindikasikan Perairan Danau Rawa Pening tergolong dalam perairan mesotrofik atau tingkat kesuburan sedang (Likens, 1975 dalam Jorgensen, 1980). Sebagaimana nitrat dan fosfat, nilai konsentrasi klorofil-a tertinggi terdapat di stasiun 1, 5, 7 dan 9, terendah terdapat di stasiun 2, 4 dan 6. Tingginya klorofil-a di stasiun tersebut karena tingginya konsentrasi nitrat dan fosfat pada stasiun yang sama. Konsentrasi klorofil-a pada suatu perairan bergantung pada konsentrasi nitrogen dan fosfor (Levinton, 1982). Krismono (2010) memperoleh nilai regresi yang menunjukkan adanya hubungan positif antara biomassa klorofil-a dengan nitrat, sehingga dapat dinyatakan bahwa biomassa klorofil-a dipengaruhi oleh nitrat. Komponen hara lain tidak memberikan nilai hubungan yang positif, namun tidak disimpulkan bahwa komponen hara lainnya tidak berpengaruh, anomali tersebut diduga disebabkan oleh keberadaan eceng gondok (Krismono, 2010).

Pengaruh Nitrat dan Fosfat terhadap Klorofil-a

Hasil analisa regresi berganda antara nitrat dan fosfat terhadap konsentrasi klorofil-a pada Bulan Mei dan Juni menunjukkan pola hubungan yang berbanding lurus yang ditandai dengan kemiringan (*slope*) yang bernilai positif (Tabel 5.). Pola pada Bulan Mei menggambarkan bahwa setiap peningkatan konsentrasi nitrat dan fosfat sebesar 1,0 mg/L dapat meningkatkan konsentrasi klorofil-a sebesar 2,60 dan 36,51 mg/L dan pada Bulan Juni sebesar 1,63 dan 73,64 mg/L. Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan bahwa 97% klorofil-a dipengaruhi oleh nitrat dan fosfat. Hasil uji-t menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat pada Bulan Mei sangat mempengaruhi konsentrasi klorofil-a sementara pada Bulan Juni terjadi sebaliknya dimana fosfat yang berpengaruh besar terhadap konsentrasi klorofil-a. Hasil uji-F menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} pada kedua bulan tersebut lebih besar dari pada F_{tabel} ($F_{hitung} > F_{tabel}$) sehingga dapat dikatakan bahwa model regresi yang digunakan tepat secara signifikan.

Tabel 5. Korelasi antara Nitrat dan Fosfat terhadap Klorofil-a
Table 5. Correlation between Nitrate and Phosphate with Chlorophyll-a

Bulan/ Month	Persamaan Regresi/ Regression Equation	R^2	F_{hitung} / F_{value}	F_{tabel} / F_{table}
Mei	$Y = 0,549 + 2,599 X_1 + 36,513 X_2$	0,97	101,56	5,14
Juni	$Y = 1,457 + 1,628 X_1 + 73,638 X_2$	0,97	96,56	5,14

Beberapa penelitian menggambarkan bahwa fosfat merupakan unsur penting penyebab terjadinya eutrofikasi (Schindler *et al.*, 1971 dalam Dillon dan Rigler, 1974; Fried *et al.*, 2003). Keberadaannya dihubungkan dengan pertumbuhan alga sebagaimana ditemukan pertama kali tahun 1968 (Fried *et al.*, 2003), serta konsentrasi klorofil di suatu perairan sebagaimana pertama kali diperkenalkan oleh Sakamoto tahun 1966. Hubungan antara klorofil dan fosfat ini kemudian digunakan untuk memprediksi konsentrasi rata-rata klorofil melalui pengukuran fosfat.

Berdasarkan hasil analisa hubungan antara kandungan nitrat dan fosfat terhadap klorofil-a terlihat bahwa kandungan klorofil-a pada perairan meningkat seiring dengan peningkatan kandungan nitrat dan fosfat pada perairan. Nitrat dan fosfat merupakan unsur hara yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae. Sedangkan Klorofil-a merupakan jenis klorofil yang paling banyak terdapat pada fitoplankton, sehingga secara tidak langsung gambaran hubungan antara nutrisi dengan klorofil-a merupakan gambaran hubungan nutrisi dengan fitoplankton (Jeffrey, 1980; Darmono, 2001; Effendi, 2003; Warsa *et al.*, 2006).

Walaupun keanekaragaman dan keseragaman fitoplankton di perairan Danau Rawa Pening tergolong rendah, namun memiliki kelimpahan tinggi. Fitoplankton yang ditemukan terdiri atas 33 genus yang berasal dari 4 kelas, yaitu *Bacillariophyceae*, *Dinophyceae*, *Chlorophyceae* serta *Cyanophyceae*. Ke empat kelas tersebut sering ditemukan di suatu perairan umum seperti danau (Sachlan, 1982; Krienitz, 2009). Wijaya & Hariyati (2013) menemukan 16 genus yang berasal dari 4 kelas fitoplankton, yaitu *Chrysophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanophyta* dan *Dynophyta*. Sementara Wibowo (2004) menemukan 6 kelas fitoplankton yaitu *Desmids*, *Diatom*, *Chrysophyta*, *Chlorophyta*, *Dinoflagellata* serta *Cyanophyta*. Jayanti (2009) menyatakan bahwa kelimpahan fitoplankton di Perairan Rawa Pening tertinggi adalah 456,890 sel/L yang berasal dari genus *Dinophyceae*. Keberadaan fitoplankton tersebut merupakan sumber pakan alami beberapa jenis ikan pemakan plankton yang mempunyai pergerakan aktif seperti Nilem, Tawes, Sepat Siam (Saputra *et al.*, 1998).

KESIMPULAN

Nilai konsentrasi nitrat, fosfat dan klorofil-a menunjukkan kecenderungan yang relatif sama yaitu tinggi di dekat outlet (stasiun 1), tengah danau (stasiun 5) dan dekat dermaga (stasiun 7 dan 9). Dilihat dari nilai kecerahan dan nitrat, Perairan Danau Rawa Pening tergolong dalam perairan eutrofik hingga hyper-eutrofik. Sementara nilai fosfat dan klorofil-a menggolongkan danau ini ke dalam tipe perairan mesotrofik. Terdapat hubungan antara kandungan nitrat dan fosfat terhadap konsentrasi

klorofil-a di Perairan Rawa Pening, Ambarawa, Jawa Tengah. Konsentrasi nitrat pada Bulan Mei sangat mempengaruhi konsentrasi klorofil-a sementara pada Bulan Juni terjadi sebaliknya dimana fosfat yang berpengaruh besar terhadap nilai klorofil-a.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang sudah banyak membantu hingga selesainya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiati N. dan Brotohadikusumo. 2002. Struktur Komunitas Makroinvertebrata, Plankton dan Bakteri Sebagai Penduga Kualitas Lingkungan Air Tawar di Rawa Pening. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*. Universitas Indonesia. Jakarta 22 (1) : 75-93.
- Anonim, 2001. Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. 31 p.
- Anonim, 2011. Pengelolaan Danau dan Waduk di Indonesia, Balai Lingkungan Keairan (<http://www.pusair-pu.go.id/artikel/kesatu.pdf>). diunduh pada tanggal 11 Maret 2011 pukul 14.30 WIB. 6 p.
- Anonim. 2013. Kebijakan dan Strategi Konservasi Sumberdaya Ikan dan Lingkungannya di Perairan Umum Daratan. images.surajis.multiply.com/.../diunduh pada tanggal 21 Maret 2013 pukul 11.45 WIB.
- APHA (American Public Health Association). 1989. *Standar Methods for The Examination of Water and Water Waste*. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF) 17th Ed. Washington. 1.134 p.
- Basmi, J. 1994. *Planktonologi: Teknik Menghitung Plankton* (Tidak Dipublikasikan). Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 37 p.
- Boyd, C.E. 1979. *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn, Alabama, USA. 359 p.
- Boyd, C. E. 1982. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Elsevier Scientific Pub. Co. 318 p.
- Chrismadha, T., G. S. Haryani, M. Fakhruddin dan P. E. Hehanussa. 2011. aplikasi ekohidrologi dalam

- pengelolaan danau. *Prosiding Seminar Nasional Ekohidrologi*. p. 25-44.
- Cowx I.G. 2002. Principles and Approaches to the Management of Lake and Reservoir Fisheries dalam buku *Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries*, edited by I.G. Cowx. p. 376-393.
- Dillon, P.J., F.H. Rigler. 1974. The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. *Limnology and Oceanography*. 19(5):767-773.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. 176 p.
- Doods, W. K., 2007. Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams. *TRENDS in Ecology and Evolution* Vol.22 No.12. p. 669-676. www.sciencedirect.com. diunduh tanggal 19 Maret 2013 pukul 23.15.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 243 p.
- Fried, S., B. Mackie, E. Nothwehr. 2003. *Nitrate and phosphate levels positively affect the growth of algae species found in Perry Pond*. Biology Department, Grinnell College, Grinnell, IA 50112, USA. p. 21-24.
- Goldman, C.R dan A.J. Horne. 1983. *Limnology*. Mc. Graw Hill International Book Company. 464 p.
- Guritno, B. 2003. Program Penyelamatan Rawa Pening. *Prosiding Pekan Ilmiah Mahasiswa Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga*. Senat Mahasiswa Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga. p. 29-37.
- Hadi, A. 2005. *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 134 p.
- Haryani, G. S. 2002. *Menuju pemanfaatan sumber daya perikanan darat berkesinambungan : permasalahan dan solusinya*. Pusat Penelitian Biologi-LIPI. 8 p.
- Jayanti, I.K. 2009. Kajian Sumberdaya Danau Rawa Pening Untuk Pengembangan Wisata Bukit Cinta, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 100 p.
- Jeffrey, S.W. 1980. *Algal Pigment System in P.G Falhowsky (ed) Primary Productivity in the Sea*. Plenum Press. New York. p. 33-58.
- Jorgensen, S.E. 1980. *Lake Management, Water Development, Supply and Management, Developments in Hydrology*. Vol 14. Pergamon Press, Oxford, UK. 167 p.
- Krienitz, L. 2009. *Algae (including cyanobacteria): planktonic and attached. One of chapters in plankton of inland waters: a derivative of encyclopedia of inland waters*. Book published by Elsevier Inc. All rights reserved. p. 99-109.
- Krismono, L. P. Astuti, & Y. Sugiyanti. 2009. Karakteristik kualitas air Danau Limboto, Provinsi Gorontalo. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 15 (1): 59-68.
- Krismono. 2010. Hubungan antara kualitas air dengan klorofil-a dan pengaruhnya terhadap populasi ikan di perairan Danau Limboto. *Limnotek* 17 (2). p. 171-180.
- Leitão, P. C., 2012. Management of the trophic status in Portuguese reservoirs. 20 p. <http://swat.tamu.edu/media/56573/b4-3-leitao.pdf>. Diunduh tanggal 19 Maret 2013 pukul 23.05 WIB.
- Levinton, J.S. 1982. *Marine Ecology*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs N.J. 526 p.
- Manahan, S.E. 1991. *Environmental Chemistry*. Lewis Publisher, Michigan. 898 p.
- Novotny, V. and Olem, H. 1994. *Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrans Reinhold, New York. 1054 p.
- Nybakken, J.W. 1988. *Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologi*. Alih bahasa oleh M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukarjo, Gramedia Jakarta : 459 p.
- Putra, I. N. N. S. 1987. The relative abundance of benthic macroinvertebrates in relation to eutrophication processes in Lake Rawa Pening, Central Java, Indonesia. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/27962>. Diunduh dalam bentuk PDF, tanggal 18 Januari 2012.
- Paytan, A and K. Mclaughlin. 2007. *Phosphorus in Our Waters, Oceanography* (20) 2 : 200 – 208.
- Radojevic, M. and V. N. Bashkin. 1999. *Practical Environmental Analysis*. Royal Society of Chemistry. Cambridge. 466 p.
- Romimohtarto K dan S. Juwana. 2005. *Biologi Laut*. Penerbit Djambatan. Jakarta. 540 p.

- Rovita, G. D, P. W. Purnomo dan P. Soedarsono. 2012. Starifikasi Vertikal NO_f -N Dan PO₄ -P Pada Perairan Di Sekitar Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes* Solms) Dengan Latar Belakang Penggunaan Lahan Berbeda Di Rawa Pening. *Journal of Management of Aquatic Resources* : 1 (1). Universitas Diponegoro. Semarang. p. 1-7.
- Sachlan, M. 1982. *Planktonologi*. Fakultas Peternakan dan Perikanan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sakamoto, M. 1966. Primary production by phytoplankton community in some Japanese Lakes and Its Dependence on Lake Depth. *Arch. Hydrobiol.* 62: 1-28.
- Samuel, S. Makmur, P. R. P. Masak. 2012. Status trofik dan estimasi potensi produksi ikan di Perairan Danau Tempe, Sulawesi Selatan. *Bawal* IV(2) Agustus 2012 : 121-129.
- Saputra, S.W, A. Sholichin dan A. Setiarto. 1998. Analisis Potensi dan Tingkat Pemanfaatan Sumberdaya Ikan di Perairan Rawa Pening, Kabupaten Semarang. *Laporan Penelitian*, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. 26 p.
- Sastrawijaya, T. A. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Shaw, B., C. Mechenich, L. Klessig. 2004. Understanding lake data. 20 p. <http://www3.uwsp.edu/cnr-ap/weal/Documents/G3582.pdf>. Diunduh pada tanggal 19 Maret 2013 pukul 12.29 WIB.
- Soeprbowati, T. R., W. H. Rahmanto, Jafron W. Hidayat. 2005. Kajian Perubahan Lingkungan Ekosistem Lentik Danau Rawa Pening Menggunakan Diatom sebagai Bioindikator. *Laporan akhir hasil penelitian hibah bersaing*. Kerjasama Universitas diponegoro – Ditjen Pendidikan Tinggi, Depdiknas. 12 p.
- Suparjo, M. N. 2009. Kajian Potensi Kegiatan Sumberdaya Perikanan Rawa Pening Kabupaten Semarang. https://eprints.undip.ac.id/33694/1/Kajian_Potensi_Perikanan_Rawapening_Mustofa.pdf. Diunduh pada tanggal 21 Maret 2013.
- Suryono, T., S. Sunanisari, E. Mulyana dan Rosidah. 2010. Tingkat kesuburan dan pencemaran Danau Limboto, Gorontalo. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* Volume 36 (1): LIPI, Puslit. Oseanografi. p. 49-61.
- Sutarwi. 2008. *Proses Kebijakan Konservasi Sumber Daya Air Danau Rawa Pening Di Jawa Tengah*. Widyaprana, Vol (1) : 2. Desember 2008. p. 39-72.
- Tchobanoglous. 1991. *Wastewater Engineering*. 3rd ed. New York Graw Hill Int. 1334 p.
- Wardoyo, S. E., I. Iriana, B. Priono. 2012. Karakteristik fisika kimia dan biologi perairan Danau Tempe di sekitar Soppeng sebagai dasar teknik pengelolaan sumber daya perikanan tangkap. http://www.pustaka.litbang.deptan.go.id/bptpi/lengkap/IPTANA/fullteks/Puslitbangkan/9511/9511_9.pdf. P76-85. Diunduh tanggal 15 Juni 2012.
- Welch, P.S. 1952. *Limnology*. Mc Graw Hill. New York. 538 p.
- Welcomme, R.L. 2001. *Inland Fisheries: Ecology and Management*. Renewable Resources Assessment Group, Imperial College of Science Technology and Medicine, London, UK. Published for: Food and Agriculture Organization of the United Nations by Blackwell Science. 358 p.
- Wetzel R.G., 2001. *Limnology Lake and River Ecosystem*. Third Edition. Academic Press, California. 1006 p.
- Wibowo, H., 2004. Tingkat eutrofikasi Rawa Pening dalam kerangka kajian produktivitas primer fitoplankton. *Magister Ilmu Lingkungan. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro*. 82 p.
- Wijaya, T. S. dan R. Hariyati. 2013. Struktur komunitas fitoplankton sebagai bio indikator kualitas perairan Danau Rawapening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. eprints.undip.ac.id/.../7._JURNAL_SELULLA_RICHE.pdf. p. 55-61.
- Yahia, M.A.A. 2010. The Impact of Farming Activities to Water Quality of River and Lake Rawa Pening (Case Study in Semarang Regency, Indonesia). *Thesis. Environmental Sciences Post Graduate Degree Program Diponegoro University*. 66 p.
- Zulfia, N dan C. Umar. 2009. Sebaran Spasial Karakteristik Sedimen dan Beberapa Parameter Kualitas Air di Perairan Rawa Pening, Ambarawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 15 (3) : 211-219.