

PRODUKSI DAN KONSUMSI OKSIGEN TERLARUT OLEH BEBERAPA TUMBUHAN AIR

Mawar Puspitaningrum*, Munifatul Izzati*, Sri Haryanti*

*Laboratorium Biologi Struktur Fungsi Tumbuhan Jur Biologi FMIPA UNDIP

ABSTRACT

Production and consumption oxygen in water ecosystem main problem because of plant respiration, animal, bacteri and other organism. aquatic plant effective that si hypothesized capable in increasing oxygen level throug photosynthesis. But aquatic plant is wear potential bigger oxygen respiration. The aim of study production and consumption is measure *Hidrilla verticillata* Royle, *Ceratophyllum demersum*, *Eicchornia crassipes* Solm, *Salvinia molesta* All. This experiment was to understand production and consumption of plants and species study potential to supply oxygen in the water. This experiment was designed using Complete Randomized Desingned (CRD). This result is rate of oxygen production highest is *Ceratophyllum demersum* 0,9 mg/L, while lowest rate oxygen negative is *Salvinia molesta* - 0,58 mg/L is species no oxygen production water, but consumtive water oxygen. Greates oxygen consumption is *Hidrilla verticillata* royl 1,43 mg/L, and lowest is *Ceratophyllum demersum* 0,12 mg/L. Aquatic species plant potencial oxygen production is *Ceratophyllum demersum* , much oxygen production and some oxygen consumption

Key word : consumption, production, oxygen , aquatic plant

ABSTRAK

Konsumsi oksigen dalam ekosistem perairan merupakan problem disebabkan karena respirasi oleh tanaman, hewan, bakteri dan organisme lain. Tumbuhan air efektif meningkatkan kadar oksigen dalam air melalui proses fotosintesis. Akan tetapi, tumbuhan air berperan sebagai pengguna oksigen terbesar melalui respirasi. Pengetahuan produksi dan konsumsi oksigen oleh *Hydrilla verticillata* Royle, *Ceratophyllum demersum*, *Eichhornia crassipes* Solms, *Salvinia molesta* All, dan *Lemna minor* sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi dan konsumsi oksigen oleh tumbuhan air tersebut, serta mengetahui jenis yang paling potensial dalam mensuplai oksigen. Rancangan percobaan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL). Hasil penelitian menunjukkan rata-rata produksi oksigen paling tinggi adalah *Ceratophyllum demersum* yaitu sebesar 0,9 mg/L, sementara paling rendah adalah *Salvinia molesta* All dengan rata-rata produksi oksigennya negatif yaitu -0,58 mg/L artinya spesies tersebut tidak memproduksi oksigen ke dalam air tetapi justru mengkonsumsi oksigen di dalam air. Konsumsi oksigen paling banyak oleh *Hydrilla verticillata* Royle sebesar 1,43 mg/L, yang paling rendah oleh *Ceratophyllum demersum* sebesar 0,12 mg/L. Jenis tumbuhan air yang paling potensial menghasilkan oksigen adalah *Ceratophyllum demersum* karena memproduksi oksigen paling banyak dan mengkonsumsi oksigen paling sedikit

Kata kunci: oksigen, konsumsi, produksi, tumbuhan air.

PENDAHULUAN

Tumbuhan air efektif meningkatkan kadar oksigen dalam air melalui proses fotosintesis. Karbondioksida dalam proses fotosintesis diserap dan oksigen dilepas ke dalam air. Menurut Boyd (1991) dalam

Izzati (2002), proses fotosintesis mempunyai manfaat penting dalam akuakultur, di antaranya adalah menyediakan sumber bahan organik bagi tumbuhan itu sendiri serta sumber oksigen yang digunakan oleh semua organisme

dalam ekosistem perairan. Pengendalian jenis dan jumlah tumbuhan akuatik merupakan salah satu cara untuk mengelola ekosistem perairan.

Menurut Effendi (2003) sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air. Proses respirasi tumbuhan air dan hewan serta proses dekomposisi bahan organik dapat menyebabkan hilangnya oksigen dalam suatu perairan. Selain itu, peningkatan suhu akibat semakin meningkatnya intensitas cahaya juga mengakibatkan berkurangnya oksigen. Meningkatnya suhu air akan menurunkan kemampuan air untuk mengikat oksigen, sehingga tingkat kejenuhan oksigen di dalam air juga akan menurun. Peningkatan suhu juga akan mempercepat laju respirasi dan dengan demikian laju penggunaan oksigen juga meningkat (Afrianto dan Liviawati, 1992). Peningkatan suhu sebesar 1°C meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10% (Effendi, 2003). Menurut Boyd (1990) konsumsi oksigen dilakukan oleh semua organisme melalui proses respirasi dan perombakan bahan organik.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kapasitas produksi dan konsumsi oksigen beberapa spesies tumbuhan air. Tumbuhan air yang akan diuji diantaranya *Hydrilla verticillata* Royle, *Ceratophyllum demersum*, *Eichhornia crassipes*

Solms, *Salvinia molesta* All, dan *Lemna minor*.

Dinamika oksigen terlarut dalam ekosistem perairan ditentukan oleh keseimbangan antara produksi dan konsumsi oksigen. Tumbuhan akuatik merupakan faktor yang penting dalam menentukan keseimbangan oksigen dalam ekosistem perairan. Menurut Boyd (1990) produksi oksigen berlangsung melalui proses fotosintesis oleh komunitas autotrof, sedangkan konsumsi oksigen dilakukan oleh semua organisme melalui proses respirasi dan perombakan bahan organik.

Tumbuhan akuatik lebih menyukai karbondioksida sebagai sumber karbon dibandingkan dengan bikarbonat dan karbonat. Bikarbonat sebenarnya dapat berperan sebagai sumber karbon. Namun, di dalam kloroplas bikarbonat harus dikonversi terlebih dahulu menjadi karbondioksida dengan bantuan enzim karbonik anhidrase (Effendi, 2003). Energi matahari diserap oleh klorofil dan digunakan untuk menguraikan molekul air, membentuk gas oksigen dan mereduksi molekul NADP menjadi NADPH (Sutarmi dkk, 1983).

Menurut Effendi (2003) sebagian besar oksigen dalam perairan dihasilkan oleh proses fotosintesis tumbuhan air dan fitoplankton. Akan tetapi, sebagian besar oksigen tersebut digunakan untuk respirasi fitoplankton. Perairan dangkal suplai

oksigen didominasi oleh tanaman tepi, makrofita dan alga bentik. Jenis dan kelimpahan tanaman merupakan faktor penting yang mempengaruhi fotosintesis (Boyd, 1990). *H. verticillata* dapat menggunakan CO₂ bebas yang tersedia di sekitar perairan dan dapat juga memanfaatkan bikarbonat ketika berada pada kondisi tertentu, yaitu pH tinggi, dan konsentrasi karbonat tinggi. Kondisi tersebut disebabkan karena produktivitas perairan dan proses fotosintesis yang tinggi (Salvucci dan Bowes, 1983). Fotosintesis pada *C. demersum* terjadi pada cakupan suhu 10-30 °C dan mencapai maksimal pada suhu 20 °C. Aktivitas fotosintesis *C. demersum* dapat diukur dari berat kering, dimana berat kering paling tinggi terdapat pada daun yang pertama kali dewasa. Menurut Spencer dan Wetzel (1993) respirasi *C. demersum* dapat meningkatkan konsentrasi CO₂ dalam suatu perairan. Tanaman enceng gondok dapat meningkatnya evapotranspirasi melalui daunnya yang lebar serta pertumbuhannya cepat, menyebabkan menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan sehingga menyebabkan berkurangnya tingkat kelarutan oksigen dalam air. Daun *S. molesta* yang berbentuk kanopi menyebabkan cahaya yang dapat diserap oleh daun hanya 88 % saja (Sale *et al*, 1985). Menurut Widyastuti, dkk (2008) *S. molesta* tergolong dalam tumbuhan air yang

muncul di atas permukaan, sehingga oksigen hasil fotosintesis dilepas ke udara. Salah satu faktor penting dalam fotosintesis dan respirasi *L. minor* adalah adanya unsur fosfor serta kalium membantu kerja enzim yang berperan dalam fotosintesis dan respirasi.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca (*Green House*) Jurusan Biologi F. MIPA UNDIP Semarang dari bulan April sampai Juni 2008. Alat-alat yang digunakan antara lain DO meter, pH meter, lux meter, timbangan, ember, jas hujan/terpal, stopwatch/jam, rafia, kayu/bambu, kertas koran, gunting, dan kamera digital. Bahan tanaman yang digunakan adalah *Hydrilla verticillata* Royle, *Ceratophyllum demersum*, *Eichhornia crassipes* Solms, *Salvinia molesta* All yang didapat dari danau Rawa Pening Ambarawa serta *Lemna minor* yang didapat dari kawasan Terboyo, Semarang.

Cara Kerja

a. Persiapan

Ditimbang *H. verticillata*, *C. demersum*, *E. crassipes*, *S. molesta* dan *L. minor* masing-masing seberat 30 g, kemudian diikat tali rafia, kecuali *E. crassipes*, dan *L. minor*. Disiapkan media air pada ember-ember yaitu masing-masing 10 L sebanyak 40 ember.

Selanjutnya sebanyak 20 ember diberi perlakuan gelap (tanpa cahaya dengan cara ditutup plastik warna hitam), 20 ember yang lainnya tidak ditutup

b. Perlakuan :

P1: *Hydrilla verticillata* Royle seberat 30 g/L/jam dalam 10 L air

P2: *Ceratophyllum demersum* seberat 30 g/L/jam dalam 10 L air .

P3: *Lemna minor* seberat 30 g/L/jam dalam 10 L air

P4 : *Eichhornia crassipes* Solms seberat 30 g/L/jam dalam 10 L air

P5: *Salvinia molesta* All seberat 30 g/L/jam dalam 10 L air

Pengukuran produksi oksigen dilakukan dengan cara:

Pengukuran DO air tawar dilakukan sebelum dimasukkan tumbuhan tersebut disebut DO awal. Tumbuhan tersebut dimasukan ke dalam air tawar, kemudian didedahkan di bawah sinar matahari langsung selama 1 jam kemudian konsentrasi oksigen tersebut diukur disebut produksi oksigen terlarut dalam air.

Rumus:

Produksi oksigen terlarut dalam air – DO awal

Pengukuran konsumsi oksigen dilakukan dengan cara:

Pengukuran DO air tawar dalam kondisi gelap dilakukan sebelum dimasukkan tumbuhan tersebut disebut DO awal kondisi gelap. Tumbuhan tersebut dimasukan ke dalam air tawar yang sudah digelapkan/ditutup dengan plastik hitam selama 1 jam kemudian konsentrasi oksigen tersebut diukur disebut konsumsi / respirasi / penurunan oksigen terlarut pada air

Rumus:

DO awal kondisi gelap – konsumsi oksigen terlarut dalam air

c. Rancangan Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri dari 5 dengan 4 ulangan . Data dianalisis menggunakan Analisa Varian(ANOVA) untuk mengetahui ada tidaknya beda nyata antar perlakuan. Analisis dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf signifikansi 95% bila terdapat beda nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1. Produksi dan konsumsi oksigen (O₂) oleh beberapa tumbuhan air

Perlakuan	Oksigen terlarut (mg/L)		Produksi O ₂	Oksigen terlarut (mg/L)		Konsumsi O ₂
	Awal	Akhir		Awal	Akhir	
<i>Hydrilla verticillata</i> Royle						
Rata-rata	3,85	4,1	0,26^{ab}	4,51	3,14	1,43^b
<i>Ceratophyllum demersum</i>						
Rata-rata	3,38	4,27	0,9^b	3,01	2,89	0,12^a
<i>Lemna minor</i>						
Rata-rata	4,075	4,2075	0,13^{ab}	4,3475	3,9025	0,45^a
<i>Eichhornia crassipes</i> Solms						
Rata-rata	3,11	2,83	-0,28^a	3,425	3,3175	0,13^a
<i>Salvinia molesta</i> All						
Rata-rata	3,75	3,18	-0,58^a	4,2575	3,8925	0,37^a

Keterangan: angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan pengaruh yang nyata pada uji Duncan, taraf uji 95%.

Berdasarkan hasil analisis varian menunjukkan adanya produksi oksigen yang berbeda nyata antar spesies (P=0,013), sehingga disimpulkan bahwa perbedaan spesies berpengaruh terhadap produksi oksigen. Hasil uji Duncan dengan taraf signifikan 95 % menunjukkan bahwa produksi oksigen oleh *C. demersum* berbeda nyata dengan *H. verticillata*, *E. crassipes*, *S. molesta*, maupun dengan *L. minor*. Produksi oksigen oleh *H. verticillata* tidak beda nyata dengan *L. minor*. Demikian juga produksi oksigen oleh *E. crassipes* tidak berbeda nyata dengan *S. molesta*. Berdasarkan hasil analisis varian terhadap konsumsi oksigen menunjukkan adanya perbedaan konsumsi oksigen yang nyata antar spesies (P=0,016). Hal ini membuktikan bahwa pada penelitian

ini perbedaan spesies berpengaruh terhadap konsumsi oksigen.

Berdasarkan hasil uji Duncan dengan taraf signifikan 95 % menunjukkan bahwa konsumsi oksigen oleh *H. verticillata* berbeda nyata dengan keempat spesies tumbuhan air yang diamati. Konsumsi oksigen antara *C. demersum*, *E. crassipes*, *S. molesta*, maupun *L. minor* tidak berbeda nyata.

Produksi oksigen atau suplai oksigen merupakan konsentrasi oksigen terlarut pada saat pengukuran. Produksi oksigen mengandung arti bahwa oksigen yang ada merupakan hasil dari fotosintesis. Menurut Nybakken (1992) nilai produksi oksigen diperoleh dari pengurangan kadar oksigen akhir dengan kadar oksigen awal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan air yang paling banyak mensuplai oksigen adalah *C. demersum* berturut-turut diikuti oleh *H. verticillata*, *L. minor*, *E. crassipes*, dan *S. molesta*. *H. verticillata* dan *C. demersum* termasuk tumbuhan yang tenggelam seluruhnya dalam air. Oleh karena itu hasil fotosintesis berupa oksigen dilepaskan ke dalam perairan, sehingga dapat meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut. Suplai oksigen oleh *C. demersum* lebih tinggi jika dibandingkan *H. verticillata*. Hal ini disebabkan karena morfologi daun *C. demersum* berbentuk lebih kecil daripada *H. verticillata*. Disamping itu, jumlah daun juga lebih banyak dibandingkan dengan *H. verticillata*. Morfologi yang kecil mempunyai luas permukaan kontak yang lebih luas, sehingga mengandung klorofil lebih banyak. Hal ini mengakibatkan fotosintesis berjalan secara efisien. Daun *H. verticillata* lebih tebal dibandingkan dengan *C. Demersum*, sehingga banyak sel-sel yang melakukan konsumsi daripada produksi. Sesuai pernyataan Soegiarto dkk (1978) morfologi daun yang lebar dan tebal mengakibatkan penggunaan oksigen semakin besar (tabel 4.1)

Suplai oksigen oleh *C. demersum* lebih tinggi daripada *H. verticillata*, tetapi konsumsi oksigen oleh *C. demersum* lebih rendah daripada *H. verticillata*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa

konsumsi oksigen paling tinggi terjadi pada *H. verticillata*. Meningkatnya kecepatan respirasi akan mempercepat penurunan konsentrasi oksigen. Konsumsi oksigen ditandai adanya peningkatan suhu. Sesuai dengan pernyataan Afrianto dan Liviawati (1992) salah satu faktor yang mempengaruhi konsumsi oksigen adalah suhu. Peningkatan suhu akan mempercepat laju respirasi dan dengan demikian laju penggunaan oksigen juga meningkat.

Hasil pengamatan menunjukkan konsumsi oksigen oleh *C. demersum* lebih rendah daripada *H. verticillata*. Konsumsi oksigen ini dipengaruhi oleh morfologi daun *H. verticillata* yang tebal dan lebar daripada *C. demersum*, sehingga penggunaan oksigennya banyak. Selain itu, menurut Widyastuti, dkk (2008) *H. verticillata* termasuk dalam tumbuhan air yang bagian tubuhnya terbenam seluruhnya dalam air, sehingga oksigen yang digunakan dalam proses respirasi hanya berasal dari air saja. Hal tersebut menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air mengalami penurunan.

H. verticillata menurut Van *et al.*, (1976) dan Bowes *et al.*, (1977) dalam melakukan fotosintesis dapat menggunakan intensitas cahaya pendek. Hal tersebut menyebabkan *H. verticillata* dapat berfotosintesis lebih awal di pagi hari, sehingga *H. verticillata* dapat melakukan fotosintesis lebih dahulu daripada

tumbuhan air lainnya. Keadaan tersebut menyebabkan jika semakin tinggi intensitasnya, maka proses fotosintesis dari *H. verticillata* akan meningkat. Selain itu adanya peningkatan suhu menyebabkan efek panas, dimana panas menambah kegiatan respirasi. Hal tersebut yang menyebabkan konsumsi oksigen *H. verticillata* paling tinggi daripada spesies lainnya. Suplai oksigen *L. minor* berada pada urutan ketiga atau lebih rendah dibandingkan dengan *H. verticillata* dan *C. demersum*. Hal ini, disebabkan karena *L. minor* tidak seratus persen tenggelam tetapi daunnya berada di permukaan air. Akibatnya sebagian oksigen yang dihasilkan akan dilepas ke udara dan hanya sebagian kecil yang dilepas ke air. Hal tersebut mengakibatkan suplai oksigennya tidak sebanyak *C. demersum* dan *H. verticillata*, tetapi masih lebih tinggi daripada *E. crassipes*, dan *S. molesta*.

Konsumsi oksigen oleh *L. minor* tidak sebanyak makrofitanya yang tenggelam seluruhnya dalam air seperti *H. verticillata*. Akan tetapi, masih lebih banyak daripada makrofitanya yang muncul diatas permukaan air seperti *E. crassipes*, dan *S. Molesta* (tabel 4.1)

Menurut Ismail dan Mohamad (1995) *L. minor* mempunyai talus kecil dimana bagian atas talus tersebut terdapat stomata yang berfungsi menyerap oksigen dan karbon dioksida dari udara. Hal

tersebut menyebabkan oksigen hasil fotosintesis dilepaskan ke udara melalui stomata, sehingga mengurangi suplai oksigen dalam air. Akan tetapi, akar *L. minor* yang tenggelam dalam air mengandung kloroplas yang aktif untuk proses fotosintesis menyebabkan suplai oksigen dalam air bertambah. Selain itu, menurut Landolt (1986) daun *L. minor* mempunyai aerankim, sehingga dapat mengatasi proses respirasinya yang menyebabkan konsumsinya tidak sebanyak *H. verticillata*, tetapi masih lebih tinggi daripada *E. crassipes*, dan *S. molesta*.

E. crassipes dan *S. molesta* termasuk makrofitanya yang tumbuh muncul di permukaan air, akibatnya oksigen yang dihasilkan pada proses fotosintesis dilepas ke udara. Disamping itu, daunnya terletak diatas permukaan air menyebabkan kedua tanaman tadi tidak dapat mensuplai oksigen ke dalam air, sehingga menurunkan kandungan oksigen dalam air. Sementara itu, akar dari kedua tumbuhan tersebut berada di dalam air. Akar tidak berperan terhadap fotosintesis tetapi justru melakukan respirasi. Maka keberadaan akar kedua jenis tumbuhan air tersebut akan mengurangi jumlah oksigen terlarut dalam air. Hal itu juga dikarenakan bulu akarnya sangat lebat.

Selain itu, dilihat dari morfologi *E. crassipes* dan *S. molesta* terutama daunnya yang tidak berada di dalam air

sangat berpengaruh terhadap konsentrasi oksigen terlarut dalam air. Daun merupakan bagian tanaman yang berperan penting pada fotosintesis, dan respirasi. Molekul air diambil melalui akar, kemudian melalui proses fotosintesis diubah menjadi gas oksigen yang dilepas ke udara melalui stomata daun. Selain itu, sesuai dengan pernyataan Sutarmi, dkk (1983) dimana seluruh gas oksigen yang terbentuk berasal dari molekul air dan dalam proses fotosintesis terbentuk molekul-molekul air yang baru. Suplai oksigen paling rendah terjadi pada perairan yang diberi *S. molesta*. Hal ini disebabkan karena akar *S. molesta* tidak mengandung klorofil, sebab akarnya tidak berwarna hijau. Penurunan konsentrasi oksigen terlarut yang disebabkan oleh kehadiran *E. crassipes* relatif lebih sedikit dibanding dengan *S. Molesta*. Hal ini disebabkan karena tangkai daun *E. crassipes* masih mempunyai klorofil, sehingga masih dapat mensuplai oksigen ke dalam air dan penurunan konsentrasi oksigen terlarut oleh pernafasan akar *E. crassipes* dapat dikurangi. Selain itu, menurut Anonim (2001) akar *E. crassipes* berwarna hijau keunguan, sehingga terdapat klorofil yang dapat membantu dalam mensuplai oksigen. *E. crassipes* mempunyai rongga udara (aerenkim) yang terdapat dalam tangkai daun, dan daun berfungsi sebagai tempat

penyimpanan oksigen dari proses fotosintesis.

Konsumsi oksigen oleh *E. crassipes* lebih sedikit daripada *S. molesta*. Hal tersebut dipengaruhi oleh morfologi *E. crassipes*, dimana pangkal petiolusnya yang menggelembung berupa lubang-lubang yang berisi udara, sehingga membantu mengapung serta merupakan cara untuk mendukung proses respirasinya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ismail dan Mohamad (1995) *E. crassipes* dapat mengapung dengan bantuan pangkal petiolusnya yang menggelembung tersebut dan merupakan cara untuk mendukung proses respirasi, sehingga konsumsi oksigen oleh *E. crassipes* tidak sebanyak *S. molesta*.

Keberadaan tumbuhan air secara tidak langsung berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi hewan, sebab tumbuhan merupakan dasar rantai makanan dalam suatu perairan, mampu meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air, memberi manfaat dalam meningkatkan produksi suatu budidaya air atau akuakultur melalui kemampuannya dalam mensuplai oksigen.

KESIMPULAN

1. Produksi oksigen tertinggi dihasilkan oleh *Ceratophyllum demersum* sebesar 0,9 mg/L, sedangkan terendah oleh *Salvinia molesta* All yaitu -0,58 mg/L.

2. Konsumsi oksigen paling banyak oleh *Hydrilla verticillata* Royle yaitu 1,43 mg/L, sedangkan paling sedikit oleh *Ceratophyllum demersum* yaitu 0,12 mg/L.
3. Tumbuhan air yang paling potensial dalam menghasilkan oksigen adalah yang memproduksi oksigen paling banyak tetapi mengkonsumsi oksigen paling rendah yaitu *Ceratophyllum demersum*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, F dan Liviawati, F. 1992. Pengendalian Hama dan Penyakit Ikan. Kanisius. Yogyakarta.
- Anonim. 2001. *Eichhornia crassipes*. [http://www.sms.si.edu/irlspec/Eichhornia crassipes. htm](http://www.sms.si.edu/irlspec/Eichhornia%20crassipes.htm). 30 Januari 2009.
- Ardiwinata, R.O. 1985. Musuh Dalam Selimut di Rawa Pening. Kementrian Pertanian. Bandung
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing. Alabama.
- Boyd, C.E (1991) dalam Izzati, M (2002). 2004. Peranan Rumput Laut dalam mengendalikan kualitas air tambak pada model budidaya ganda udang windu. *Disertasi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Landolt, E. 1986. Duckweed Anatomy: The Structure of Duckweed Fronds. <http://www.mobot.org/jwccross/duckweed/duckweed-anatomy.htm#Pockets>. 25 Mei 2008.
- Sale, P.J.M., Orr, P.T., Shell, G.S. 1985. Photosynthesis and growth rates in *Salvinia molesta* and *Eichhornia crassipes* Journal: The Journal of Applied Ecology. <http://cswgcin.harvard.edu/issue/invasives/?citationIn=7358&J>. 20 April 2008.
- Salvucci, M. E. and G. Bowes. 1983. Two photosynthetic mechanisms mediating the low photorespiratory state in submersed aquatic angiosperms. *Plant Physiol.* 73:488-96.
- Sutarmi, S., Harra, S., Sudiarto, A. 1983. Botani umum 2. Angkasa. Bandung.
- Widyastuti, T; Dewi, S.S; Haryono. 2008. Dasar-dasar Agronomi. http://72.14.235.132/search?q=cache:BOgBodF2ozgJ:fp.elcom.umy.ac.id/file.php/11/DIKTAT_05_DASARDASAR_AGRONOMI.doc+faktor+produksi+total+fotosintesis&hl=id&ct=clnk&cd=37&gl=id&client=firefox-a. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jogjakarta. 3 Desember 2008.