

# Produktivitas Duckweed (*Lemna minor*) Sebagai Hijauan Pakan Alternatif Ternak pada Intensitas Cahaya yang Berbeda

Nopriani U, Karti PDMH, Prihantoro I.

Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor  
Jl. Agatis, Kampus IPB, Darmaga, Bogor, Indonesia  
E-mail: utinopriani86@yahoo.com

(Diterima 25 Oktober 2014 ; disetujui 24 Desember 2014)

## ABSTRACT

Nopriani U, Karti PDMH, Prihantoro I. 2014. Productivity of duckweed (*Lemna minor*) as alternative forage feed for livestock in different light intensities. JITV 19(4): 272-286. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v19i4.1095>

Duckweed (*Lemna minor*) is a small aquatic plant that grow and float in water and spread extensively. *Lemna minor* is potential as a source of high quality forage. This study aimed to determine optimal light intensity on *Lemna minor* to generate maximum productivity. Parameters observed were physical-biological and chemical characteristics of the media (pH value, temperature, cover area, decreased of media volume, BOD, COD, nitrate, nitrite and phosphate), plant growth acceleration (number of shoots, leaf diameter and chlorophyll-a), biomass production, doubling time of cover area and the number of daughters. This study was done based on a completely randomized design with 4 levels of shading. While treatment was: without shading, shading 30%, shading 50% and shading 70% using paranet shade. Each treatment consisted of 4 replications. Result showed that the productivity of *Lemna minor* included the number of daughters, chlorophyll-a, biomass production, cover area, absorbed phosphate and doubling time the number of daughters reached the highest level without shading treatment (1007,21-2813,57 lux). The decrease of intensity of light, the increase the diameter of leaf. Decrease of media volume was positively correlated to size of cover area. Biomass production influenced by a wide doubling time of cover area and number of daughters.

**Key Words:** *Lemna minor*, Light Intensity, Media, Productivity

## ABSTRAK

Nopriani U, Karti PDMH, Prihantoro I. 2014. Produktivitas duckweed (*Lemna minor*) sebagai hijauan pakan alternatif ternak pada intensitas cahaya yang berbeda. JITV 19(4): 272-286. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v19i4.1095>

Duckweed (*Lemna minor*) adalah tanaman air kecil yang ditemukan tumbuh mengapung diatas air dengan tingkat penyebaran yang sangat luas diseluruh dunia dan potensial sebagai sumber hijauan pakan yang berkualitas tinggi bagi ternak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui intensitas cahaya yang optimal dalam menghasilkan produktivitas *Lemna minor* yang maksimal. Parameter yang diamati adalah karakteristik fisik-biologi dan kimia media (pH media, suhu media, luas cover area, penyusutan volume media, BOD, COD, nitrat, nitrit dan fosfat), percepatan tumbuh tanaman (jumlah anakan, diameter daun dan klorofil-a), produksi biomassa dan doubling time luas cover area dan jumlah anakan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan level naungan yakni tanpa naungan, naungan 30%, naungan 50% dan naungan 70% menggunakan naungan paranet. Tiap perlakuan terdiri dari 4 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas *Lemna minor* meliputi jumlah anakan, klorofil-a, produksi biomassa, luas cover area, serapan fosfat dan doubling time jumlah anakan tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan (1007,21-2813,57 lux). Penurunan intensitas cahaya meningkatkan diameter daun. Penyusutan volume media tanam berkorelasi positif terhadap luas cover area. Produksi biomassa dipengaruhi oleh doubling time luas cover area dan jumlah anakan.

**Kata Kunci:** *Lemna minor*, Intensitas Cahaya, Media, Produktivitas

## PENDAHULUAN

Duckweed (*Lemna minor*) adalah tanaman air kecil yang ditemukan tumbuh mengapung diatas air dengan tingkat penyebaran yang sangat luas diseluruh dunia dan potensial sebagai sumber hijauan pakan yang berkualitas tinggi bagi ternak. *Lemna minor* lebih dikenal sebagai gulma di perairan yang cenderung sulit untuk dikendalikan (Said 2006), meskipun demikian

tanaman ini memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Selain itu, tanaman ini memiliki kemampuan fitoremediasi yang efektif dalam memperbaiki kualitas air yang tercemar limbah. *Lemna minor* efektif dalam memfiksasi nitrogen perairan yang tercemar limbah (Zimmo et al. 2005).

Hijauan merupakan pakan utama bagi ternak yang digunakan untuk hidup pokok, pertumbuhan dan produksi hasil ternak. Kebutuhan hijauan pakan ternak

harus dipenuhi secara kuantitas, kualitas dan tersedia setiap tahun. Penyediaan hijauan pakan di Indonesia memiliki beberapa kendala baik dari segi kuantitas dan kualitas. Kuantitas hijauan yang diproduksi berhubungan dengan area lahan budidaya dan musim. Area lahan yang digunakan untuk hijauan pakan bersaing dengan lahan pangan, sehingga salah satu cara untuk mengatasi ketersediaan lahan budidaya adalah memanfaatkan lahan air untuk budidaya. Potensi lahan air di Indonesia cukup tinggi, seperti lahan rawa menjadi peluang sebagai wilayah pengembangan tanaman air untuk hijauan pakan. Tingginya produktivitas *Lemna minor* dapat digunakan sebagai pakan alternatif dan suplemen pakan. Pada kondisi optimal, produksi biomassa *Lemna minor* menjadi dua kali lipat dalam dua hari (Landesman et al. 2005). Secara umum pertumbuhan *Lemna minor* dipengaruhi oleh temperatur, intensitas cahaya dan kecukupan nutrisi pada media yang digunakan (Leng et al. 1994). *Lemna minor* memiliki potensi sebagai hijauan pakan alternatif kaya protein dan mineral. Kandungan protein kasar dari *Lemna minor* cukup tinggi yakni 37,6% dan serat yang relatif rendah yakni 9,3% (Culley et al. 1981), sehingga tanaman ini potensial digunakan sebagai suplemen protein bagi ternak unggas (Indarsih & Tamsil 2012). *Lemna minor* memiliki kandungan mineral yang tinggi yakni N sebanyak 0,8-7,8% dari total berat kering, P sebanyak 0,03-2,8% dari total berat kering (Landolt & Kandeler 1987). *Lemna minor* juga memiliki banyak manfaat yakni sebagai *biofertilizer* untuk meningkatkan pertumbuhan plankton (Astrid et al. 2013), pakan ternak dan pakan ikan (Culley et al. 1981).

Hingga saat ini kajian tentang produktivitas *Lemna minor* pada kultur terkontrol masih relatif terbatas. Salah satu faktor penentu produktivitas tanaman adalah lingkungan. Faktor-faktor lingkungan yang sangat mempengaruhi produktivitas tanaman yakni suhu dan radiasi matahari. Dengan mengetahui faktor lingkungan tersebut, pertumbuhan tanaman, tingkat fotosintesis dan respirasi yang berkembang secara dinamis dapat disimulasi (Setiawan 2009a).

Dengan demikian, dalam penelitian ini dikaji lebih dalam level cahaya yang optimal sehingga dapat menghasilkan pertumbuhan dan produksi yang maksimal karena pertumbuhan *Lemna minor* sangat dipengaruhi oleh cahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui level cahaya yang optimal terhadap pertumbuhan dan produktivitas *Lemna minor*.

## MATERI DAN METODE

### Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2013-Januari 2014 di Laboratorium Lapang Agrostologi

Fakultas Peternakan IPB, Laboratorium Ilmu Nutrisi Ternak Perah Fakultas Peternakan IPB, Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan Fakultas Peternakan IPB, Laboratorium Spektrofotometri UV-VIS Fakultas Pertanian IPB dan Laboratorium Lingkungan Akuakultur Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.

## MATERI PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari kolam terpal (1x1x1 m), paranet (30%, 50% dan 70%), gelas ukur, kain kasa, saringan ikan, penggaris, pingset, jangka sorong, gunting, timbangan, oven, pH meter, lux meter dan Hygro-Thermometer type HTC-1. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah inokulan *Lemna minor*, air, lumpur sawah dan pupuk kompos.

## METODE PENELITIAN

### Persiapan media tanam

Media tanam berupa pupuk kompos 0,5 g/l dan lumpur sawah (1%) pada kolam terpal ukuran 1x1x1 m yang berisi seratus lima puluh liter air. Selanjutnya media tanam didiamkan selama satu minggu.

### Persiapan inokulan *Lemna minor*

Pembiakan *Lemna minor* dilakukan pada media tumbuh yang terdiri dari air, lumpur sawah (1%) dan pupuk kompos 0,5 g/l selama seminggu. Selanjutnya tanaman tersebut digunakan sebagai inokulan.

### Penanaman dan pemeliharaan

Inokulan *Lemna minor* sebanyak 2 g dimasukkan pada masing-masing bak perlakuan. Pemeliharaan tanaman dilakukan selama 14 hari.

### Koleksi data

Data intensitas cahaya, suhu dan kelembaban lingkungan dicatat setiap hari pada pukul 07:00, 11:00 dan 16:00 WIB. Pengukuran kandungan nutrisi *Lemna minor* dilakukan secara komposit.

### Rancangan percobaan

Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 perlakuan level naungan yakni tanpa naungan, naungan 30%, naungan 50% dan naungan 70% dengan 4 ulangan. Perlakuan naungan dengan menggunakan paranet. Data yang diperoleh dianalisis dengan metode analisis sidik ragam

(ANOVA), untuk pengaruh perlakuan yang berbeda nyata diuji lanjut dengan uji DMRT (Steel & Torrie 1995). Pengolahan dan analisis data menggunakan program Excel dan SPSS 17.0 for windows.

### Variabel yang diamati

#### Karakteristik sifat fisik-biologi dan kimia media tanam

Karakteristik sifat fisik media tanam yang diukur adalah pH, suhu, volume penyusutan dan luas cover area. Nilai pH diukur setiap hari. Sedangkan nilai suhu, volume penyusutan dan luas cover area diukur setiap dua hari.

Karakteristik biologi dan kimia media tanam yang diukur adalah BOD, COD, nitrat, nitrit dan fosfat. Nilai BOD, COD, nitrat, nitrit dan fosfat diukur pada akhir penelitian. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Lingkungan Akuakultur Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.

#### Percepatan tumbuh tanaman

Percepatan tumbuh tanaman yang diukur adalah jumlah anakan, diameter daun dan kandungan klorofil-a. Nilai jumlah anakan dihitung setiap hari. Nilai diameter daun diukur pada awal dan akhir penelitian. Nilai kandungan klorofil-a diukur pada akhir penelitian.

#### Doubling time

*Doubling time* (waktu penggandaan) adalah waktu yang dibutuhkan oleh *Lemna minor* untuk bertambah secara teratur menjadi dua kali lipat dari semula berdasarkan luas area. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus (ISO 20079 2004):

$$GR_i = \frac{\ln Nt_i - \ln Nt_0}{t_1 - t_0}$$

$$T_i = \frac{\ln 2}{GR_i}$$

Keterangan

GR<sub>i</sub> : *Growth Rate* atau laju pertumbuhan tanaman (hari<sup>-1</sup>)

ln : Logaritma natural

N<sub>t<sub>0</sub></sub> : Luas *cover* area tanaman pada waktu t<sub>0</sub>

N<sub>t<sub>i</sub></sub> : Luas *cover* area tanaman pada waktu t<sub>i</sub>

t<sub>i</sub>-t<sub>0</sub> : Selang atau selisih waktu pengukuran awal dan akhir

T<sub>i</sub> : *Doubling time* atau waktu replikasi (hari<sup>-1</sup>)

#### Produksi biomassa segar

Pengukuran hasil panen *Lemna minor* dilakukan dengan mengurangi hasil panen dengan bobot tanaman awal.

#### Produksi bahan kering

Produksi bahan kering dihitung dengan mengalikan bobot segar *Lemna minor* yang diproduksi dengan persen bahan kering *Lemna minor* hasil analisis. Persen bahan kering *Lemna minor* dapat diketahui dengan mengurangkan bilangan 100% dengan persen kadar air total pada tanaman. Analisis kadar air total dilakukan dengan dua tahap yaitu analisis kadar air dengan oven 60°C (t' Mannetje & Jones 2000) dan 105°C.

#### Kandungan nutrisi

Pengukuran kandungan nutrisi dilakukan dengan analisis proksimat lengkap, di Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan IPB. Sampel yang digunakan adalah hasil dari pemanenan *Lemna minor* kering oven pada suhu 60°C selama 48 jam kemudian dianalisis proksimat (AOAC 2005).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keadaan umum penelitian

Intensitas cahaya merupakan faktor pembatas penting bagi produktivitas tanaman (Alianto et al. 2008). Proses fotosintesis membutuhkan cahaya sebagai sumber energi dalam pemanfaatan CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> untuk membentuk karbohidrat. Semakin besar jumlah energi yang tersedia akan menghasilkan produk fotosintesis yang optimum.

Intensitas cahaya pada setiap waktu pengamatan disajikan pada Tabel 1. Hasil sidik ragam perlakuan naungan pada setiap waktu pengamatan menunjukkan berbeda nyata (P<0,05). Berdasarkan waktu pengamatan intensitas cahaya tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan yakni 1007,21±8,77 lux pada waktu pagi, 2813,57±6,46 lux pada siang hari dan 1058,57±34,83 lux pada sore hari. Intensitas cahaya terendah diperoleh pada perlakuan naungan 70%. Intensitas cahaya cenderung menurun seiring meningkatnya naungan yang diberikan. Hal ini wajar karena naungan paranet membatasi jumlah cahaya yang masuk. Pada penelitian ini intensitas cahaya terhadap *Lemna minor* dari perlakuan naungan 70% (pagi dan sore) relatif rendah yakni 326,86±4,99 lux pada pagi

**Tabel 1.** Intensitas cahaya pada berbagai level naungan

Perlakuan	Intensitas cahaya (lux)		
	Pagi	Siang	Sore
Tanpa Naungan	1007,21 <sup>a</sup> ±8,77	2813,57 <sup>a</sup> ±16,46	1058,57 <sup>a</sup> ±34,83
Naungan 30%	759,36 <sup>b</sup> ±6,95	1857,50 <sup>b</sup> ±67,81	792,07 <sup>b</sup> ±28,77
Naungan 50%	496,79 <sup>c</sup> ±4,21	1395,00 <sup>c</sup> ±20,47	524,57 <sup>c</sup> ±25,54
Naungan 70%	326,86 <sup>d</sup> ±4,99	852,43 <sup>d</sup> ±10,52	341,71 <sup>d</sup> ±19,72

Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan (P<0,05)

**Tabel 2.** Suhu dan kelembaban lingkungan selama penelitian

	Waktu			Max	Min
	Pagi	Siang	Sore		
Suhu (°C)	26,21±0,41	28,96±1,46	28,19±1,10	35,64±2,42	23,90±0,52
Kelembaban (%)	86,29±0,61	81,29±1,91	84,64±1,22	88,43±0,43	42,07±2,11

hari dan 341,71±19,72 lux pada sore hari. Stanley & Madewell (1975) menyatakan kisaran intensitas cahaya optimum untuk pertumbuhan *Lemna minor* adalah 400 – 8000 lux.

Suhu dan kelembaban disajikan pada Tabel 2. Status nilai suhu berkisar 26,21±0,41-28,96±1,46°C dengan rata-rata kelembaban berkisar 81,29±1,91-86,29±0,61%. Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan *Lemna minor* dipengaruhi oleh intensitas cahaya, dimana pertumbuhan meningkat pada kisaran temperatur 6-33°C (Leng et al. 1994). Dengan demikian kondisi lingkungan selama penelitian dalam keadaan optimum.

#### Karakteristik sifat fisik-biologi dan kimia media tanam

Karakteristik sifat fisik media tanam yang diamati adalah derajat keasaman (pH), suhu media tanam, penyusutan volume media tanam, luas cover area tanaman, korelasi antara penyusutan media tanam dan luas cover area tanaman. Karakteristik sifat biologi dan kimia media tanam yang diamati adalah BOD, COD, nitrat, nitrit dan fosfat.

#### Derajat keasaman (pH) media tanam

Nilai derajat keasaman (pH) dapat menggambarkan status kualitas air. Nilai derajat keasaman (pH) media pada awal penelitian pada berbagai perlakuan adalah 8,5±0,00. Kondisi ini sebagai gambaran bahwa status pH air awal bersifat alkali. Sedangkan pada akhir penelitian masing-masing perlakuan mengalami penurunan yakni berkisar 6,53±0,48-7,04±0,19.

Nilai pH media tanam telah mengalami perubahan pada hari ke-2. Hasil sidik ragam pH media tanam antar perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda nyata (P<0,05). Media tanam berperan sangat penting dalam menentukan kehidupan suatu tanaman dari awal sampai akhir produksi. *Lemna minor* memiliki toleransi hidup pada kisaran pH 5-9 dan akan tumbuh baik pada pH 6,5-7,5 dengan temperatur 6-33°C (Leng et al. 1994).

Penurunan pH media disebabkan oleh pertumbuhan tanaman, ketika proses pertumbuhan tanaman menggunakan nutrisi yang ada sehingga pH media menurun. Hal ini dikarenakan kandungan unsur hara makro pada pupuk kompos tersedia secara maksimum dan terbatas dalam unsur mikro kecuali Molibdenum (Mo). Unsur Mo berperan dalam fiksasi nitrogen bebas untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Kandungan pupuk kompos dalam media tanam mencegah terjadinya keracunan Al, Fe dan Mn pada tanah masam, karena adanya kandungan bahan organik yang meningkatkan P-tersedia serta mikroorganisme pada pupuk kompos meningkatkan proses fotosintesis, modifikasi, nitrifikasi, dan fiksasi N yang berperan pada pertumbuhan tanaman (Setyorini et al. 2006). Selain itu penurunan pH juga disebabkan oleh penambahan lumpur pada media tanam, dimana karakteristik lumpur sawah yang ditambahkan merupakan jenis tanah masam yakni latosol tanah sawah dramaga memiliki kandungan nilai pH 4,0-5,5 (Hanafiah 2010). Namun fluktuasi media tanam selama penelitian berada pada kisaran pH netral. Nilai pH optimum untuk ketersediaan unsur hara adalah sekitar 7,0 (netral) dimana semua unsur makro (N, P, K, Ca, S, Mg) tersedia secara maksimum dan unsur mikro (Fe, Bo, Cu, Mn, Zn, Cl) yang tidak

**Tabel 3.** Status nilai pH media tanam pada berbagai level naungan selama penelitian

pH media tanam (hari)	Perlakuan			
	Tanpa naungan	Naungan 30%	Naungan 50%	Naungan 70%
1	8,50±0,00	8,50±0,00	8,50±0,00	8,50±0,00
2	8,40 <sup>ab</sup> ±0,12	8,20 <sup>b</sup> ±0,14	8,38 <sup>ab</sup> ±0,10	8,50 <sup>a</sup> ±0,22
3	8,33 <sup>a</sup> ±0,05	8,13 <sup>b</sup> ±0,13	8,15 <sup>b</sup> ±0,13	8,28 <sup>ab</sup> ±0,05
4	8,20±0,08	8,10±0,08	8,08±0,15	8,23±0,10
5	8,10 <sup>a</sup> ±0,08	7,88 <sup>c</sup> ±0,13	8,05 <sup>ab</sup> ±0,06	7,93 <sup>bc</sup> ±0,05
6	8,00 <sup>a</sup> ±0,00	7,73 <sup>b</sup> ±0,17	7,88 <sup>ab</sup> ±0,10	7,88 <sup>ab</sup> ±0,10
7	7,95 <sup>a</sup> ±0,04	7,45 <sup>c</sup> ±0,19	7,80 <sup>ab</sup> ±0,08	7,65 <sup>bc</sup> ±0,17
8	7,90 <sup>a</sup> ±0,08	7,30 <sup>c</sup> ±0,24	7,65 <sup>ab</sup> ±0,24	7,45 <sup>bc</sup> ±0,13
9	7,70 <sup>a</sup> ±0,08	7,25 <sup>b</sup> ±0,21	7,53 <sup>ab</sup> ±0,26	7,28 <sup>b</sup> ±0,17
10	7,65 <sup>a</sup> ±0,13	7,20 <sup>b</sup> ±0,22	7,45 <sup>ab</sup> ±0,24	7,20 <sup>b</sup> ±0,22
11	7,50 <sup>a</sup> ±0,00	7,18 <sup>ab</sup> ±0,31	7,33 <sup>ab</sup> ±0,26	7,08 <sup>b</sup> ±0,24
12	7,30±0,14	7,00±0,36	7,20±0,22	7,03±0,26
13	7,25 <sup>a</sup> ±0,10	6,80 <sup>b</sup> ±0,18	7,20 <sup>a</sup> ±0,29	6,93 <sup>ab</sup> ±0,26
14	7,04 <sup>a</sup> ±0,19	6,70 <sup>ab</sup> ±0,18	7,08 <sup>a</sup> ±0,25	6,53 <sup>b</sup> ±0,48

Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan (P<0,05)

maksimum kecuali molibdenum (Mo). Nilai pH dibawah 6,5 dapat terjadi defisiensi unsur P, Ca dan Mg serta terjadi toksisitas unsur B, Mn, Cu, Zn, dan Fe. Defisiensi unsur hara P, B, Mn, Cu, Zn, Ca dan Mg serta toksisitas B dan Mo pada pH diatas 7.5 (Hanafiah 2010).

#### Suhu media tanam

Nilai suhu media pada awal penelitian pada perlakuan tanpa naungan, naungan 30%, naungan 50% dan naungan 70% secara berturut-turut yakni 29,03±0,01, 28,73±0,06, 27,83±0,04 dan 27,28±0,05°C, sedangkan pada akhir penelitian mengalami penurunan suhu media pada kisaran 25,15±0,02-26,62±0,04°C. Hasil sidik ragam terhadap suhu media selama penelitian menunjukkan berbeda nyata (P<0,05). Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan tanpa naungan memiliki nilai suhu media yang lebih tinggi. Penurunan suhu media kemungkinan disebabkan oleh penambahan luas cover area tanaman. Penurunan suhu media berkorelasi dengan suhu lingkungan dan intensitas cahaya yang semakin rendah disebabkan lamanya penelitian. Nilai suhu media tersebut masih dalam kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan tanaman air. Hasil penelitian Rovita et al. (2012) menyebutkan bahwa rataan suhu air untuk tanaman air yang optimum berada pada kisaran 26,69-28,34°C. Suhu air mempengaruhi aktivitas metabolisme dan

perkembangan suatu organisme (Sahabuddin & Tangko 2008).

#### Luas cover area (LCA)

Laju pertumbuhan tanaman menggambarkan tingkat efektivitas tanaman didalam berproduksi dan memanfaatkan ruang tumbuh. Laju pertumbuhan *Lemna minor* memiliki spesifikasi yang berbeda pada berbagai perlakuan naungan (Tabel 5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Lemna minor* dapat tumbuh optimal pada hari ke-2. Pertambahan luas cover area terbaik yakni pada perlakuan tanpa naungan. Tingginya luas cover area menggambarkan tingginya produktivitas tanaman. Semakin tinggi pertumbuhan tanaman maka hasil luas cover area pun semakin tinggi. *Lemna minor* termasuk tanaman C3 dengan tingkat fotosintesis yang tinggi, dimana keseimbangan antara fotosintesis dan fotorespirasi tergantung dari rasio CO<sub>2</sub> : O<sub>2</sub> pada atmosfer. Tingginya luas cover area kemungkinan disebabkan oleh cahaya yang tinggi, dimana cahaya sangat berperan penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Beberapa faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah curah hujan, temperatur, angin, sinar matahari, kelembaban dan evapotranspirasi (Setiawan 2009b). Secara umum, tanaman mengalami pertumbuhan dengan baik yang digambarkan dengan bertambahnya luas cover area tanaman didalam media tanam.

**Tabel 4.** Suhu media tanam pada berbagai level naungan selama penelitian

Suhu media tanam (°C/m <sup>2</sup> ) (hari)	Perlakuan			
	Tanpa naungan	Naungan 30%	Naungan 50%	Naungan 70%
1	29,03 <sup>a</sup> ±0,01	28,73 <sup>b</sup> ±0,06	27,83 <sup>c</sup> ±0,04	27,28 <sup>d</sup> ±0,05
2	27,79 <sup>a</sup> ±0,08	27,20 <sup>b</sup> ±0,03	26,63 <sup>c</sup> ±0,03	26,06 <sup>d</sup> ±0,05
4	27,77 <sup>a</sup> ±0,04	27,18 <sup>b</sup> ±0,03	26,62 <sup>c</sup> ±0,02	26,03 <sup>d</sup> ±0,09
6	27,73 <sup>a</sup> ±0,21	27,07 <sup>b</sup> ±0,04	26,51 <sup>c</sup> ±0,07	26,00 <sup>d</sup> ±0,07
8	27,38 <sup>a</sup> ±0,02	26,78 <sup>b</sup> ±0,05	26,21 <sup>c</sup> ±0,02	25,58 <sup>d</sup> ±0,06
10	27,20 <sup>a</sup> ±0,03	26,64 <sup>b</sup> ±0,06	26,13 <sup>c</sup> ±0,05	25,44 <sup>d</sup> ±0,03
12	26,71 <sup>a</sup> ±0,02	26,21 <sup>b</sup> ±0,04	25,65 <sup>c</sup> ±0,04	25,16 <sup>d</sup> ±0,02
14	26,62 <sup>a</sup> ±0,04	26,09 <sup>b</sup> ±0,02	25,61 <sup>c</sup> ±0,03	25,15 <sup>d</sup> ±0,02

Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan (P<0,05)

**Tabel 5.** Pertambahan luas cover area (LCA) pada berbagai level naungan selama penelitian

Luas cover area (cm/m <sup>2</sup> ) (hari)	Perlakuan			
	Tanpa naungan	Naungan 30%	Naungan 50%	Naungan 70%
1	42,00±0,00	42,00±0,00	42,00±0,00	42,00±0,00
2	102,75 <sup>a</sup> ±5,50	44,50 <sup>b</sup> ±6,56	25,00 <sup>c</sup> ±4,97	16,25 <sup>d</sup> ±2,87
4	68,50 <sup>a</sup> ±18,70	65,25 <sup>a</sup> ±11,35	39,60 <sup>b</sup> ±5,45	21,00 <sup>c</sup> ±3,83
6	421,00 <sup>a</sup> ±113,20	262,75 <sup>b</sup> ±24,98	128,75 <sup>c</sup> ±7,41	46,25 <sup>c</sup> ±3,50
8	1718,25 <sup>a</sup> ±244,18	762,50 <sup>b</sup> ±13,80	158,28 <sup>c</sup> ±9,80	74,50 <sup>c</sup> ±4,93
10	2147,75 <sup>a</sup> ±864,90	607,55 <sup>b</sup> ±42,10	262,50 <sup>b</sup> ±21,61	90,38 <sup>b</sup> ±9,83
12	2051,00 <sup>a</sup> ±339,46	352,45 <sup>b</sup> ±55,86	147,40 <sup>b</sup> ±43,50	88,75 <sup>b</sup> ±13,52
14	1575,25 <sup>a</sup> ±419,27	391,33 <sup>b</sup> ±13,19	145,43 <sup>b</sup> ±43,37	91,48 <sup>b</sup> ±13,85

Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan (P<0,05)

### Penyusutan volume media tanam

Ketersediaan air akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyusutan volume media tanam tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan (Tabel 6). Penyusutan volume media telah terjadi pada hari ke-2 (P<0,05). Secara umum penyusutan volume media tanam mengalami peningkatan seiring lamanya waktu penelitian. Hal ini disebabkan oleh penggunaan media tanam oleh tanaman (transpirasi) dan terjadinya proses penguapan (evaporasi), dimana tanaman membutuhkan unsur hara dalam air untuk proses pertumbuhan sehingga semakin cepat pertumbuhannya maka akan mempercepat proses penyerapan air. Faktor penentu yang menyebabkan terjadinya penguapan adalah kondisi klimatologi, meliputi radiasi matahari, temperatur udara, kelembaban udara dan kecepatan angin (Triatmodjo 2010).

### Korelasi antara penyusutan volume media tanam dengan luas cover area *Lemna minor*

Nilai penyusutan volume media dengan luas cover area *Lemna minor* antar perlakuan memiliki korelasi positif dimana nilai penyusutan volume media dipengaruhi oleh luas cover area (Gambar 1). Korelasi antara penyusutan volume media dan luas cover area pada perlakuan tanpa naungan dapat dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{A1} = 1,10x_{A1} - 49,66$  dengan nilai  $R^2 = 0,99$ , korelasi antara penyusutan volume media dan luas cover area pada perlakuan naungan 30% dapat dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{A2} = 1,04x_{A2} - 149,11$  dengan nilai  $R^2 = 0,99$ , korelasi antara penyusutan volume media dan rata-rata luas cover area pada perlakuan naungan 50% dapat dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{A3} = 1,03x_{A3} - 21,82$  dengan nilai  $R^2 = 0,99$ , korelasi antara penyusutan volume media dan luas cover area pada perlakuan naungan 70%

dapat dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{A4} = 1,04x_{A4} + 79,73$  dengan nilai  $R^2 = 0,99$ . Penyusutan volume media dipengaruhi oleh proses evapotranspirasi. Proses evapotranspirasi dapat terjadi akibat pengaruh lingkungan dan tanaman. Pengaruh tanaman yang mengakibatkan evapotranspirasi media adalah proses fotosintesis atau dikenal dengan transpirasi yang

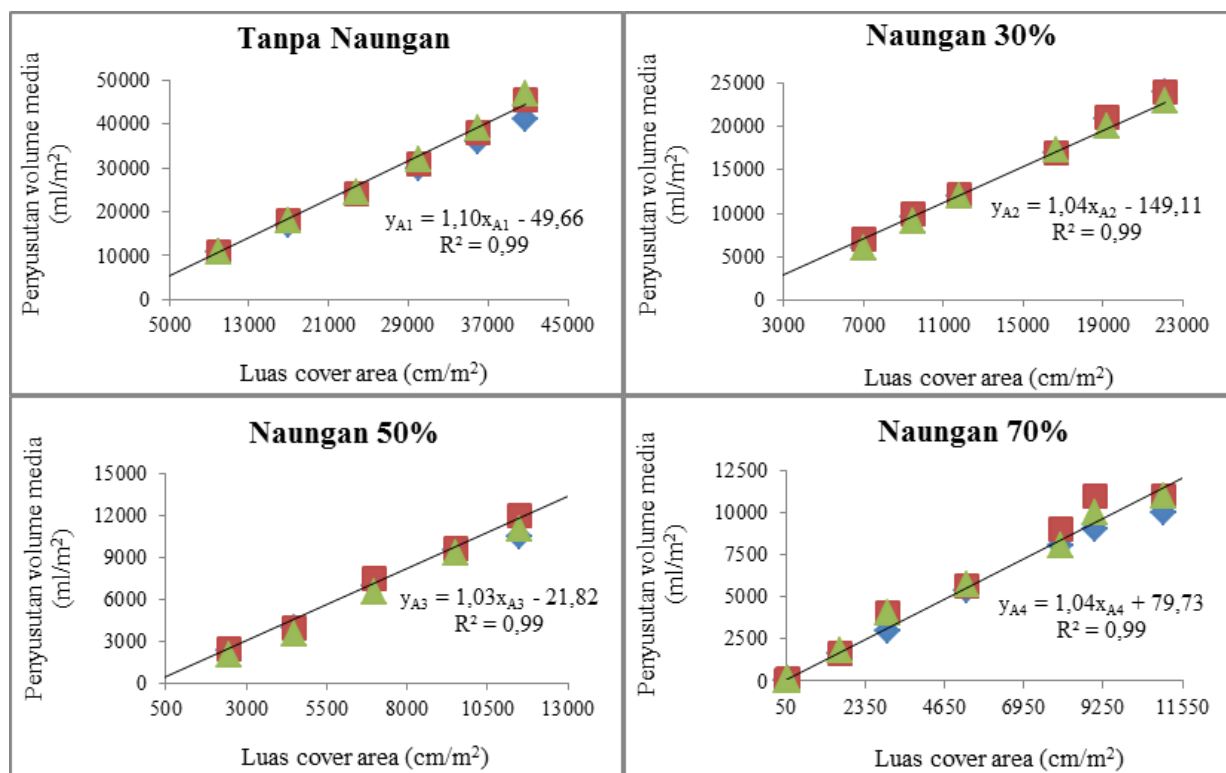
dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan kerapatan tanaman (Kartasapoetra & Sutedjo 1994).

Hasil sidik ragam terhadap nilai BOD, COD, nitrat dan nitrit tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ). Menurut El-Kheir et al. (2007) *Lemna gibba* mampu menurunkan beberapa padatan tersuspensi diantaranya BOD, COD, nitrit, ortofosfat, timbal, seng, kadmium dan tembaga.

**Tabel 6.** Tingkat penyusutan volume media tanam pada berbagai level naungan selama penelitian

Penyusutan volume media tanam (ml/m <sup>2</sup> ) (hari)	Perlakuan			
	Tanpa naungan	Naungan 30%	Naungan 50%	Naungan 70%
2	3500,00 <sup>a</sup> ±577,35	2500,00 <sup>b</sup> ±141,42	2337,5 <sup>b</sup> ±228,67	1667,5 <sup>c</sup> ±122,85
4	10750,00 <sup>a</sup> ±500,00	6500,00 <sup>b</sup> ±577,35	4000,00 <sup>c</sup> ±408,25	3500,00 <sup>c</sup> ±577,35
6	17500,00 <sup>a</sup> ±577,35	9500,00 <sup>b</sup> ±408,25	7000,00 <sup>c</sup> ±408,25	5500,00 <sup>d</sup> ±182,57
8	24000,00 <sup>a</sup> ±204,12	12000,00 <sup>b</sup> ±163,30	9500,00 <sup>c</sup> ±122,47	8250,00 <sup>d</sup> ±500,00
10	30750,00 <sup>a</sup> ±957,43	17000,00 <sup>b</sup> ±244,95	11250,00 <sup>c</sup> ±645,50	9750,00 <sup>d</sup> ±957,43
12	37250,00 <sup>a</sup> ±1500,00	20250,00 <sup>b</sup> ±822,60	13750,00 <sup>c</sup> ±957,43	10750,00 <sup>d</sup> ±500,00
14	43500,00 <sup>a</sup> ±3108,05	23250,00 <sup>b</sup> ±888,82	15750,00 <sup>c</sup> ±500,00	12500,00 <sup>d</sup> ±408,25

Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan ( $P < 0,05$ )



**Gambar 1.** Korelasi antara penyusutan volume media dengan luas cover area *Lemna minor*

**Tabel 7.** Status BOD, COD, nitrat, nitrit dan fosfat pada media tanam pada akhir penelitian

Perlakuan	Peubah yang diamati				
	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Fosfat (mg/l)
Tanpa Naungan	0,73±0,05	1,38±0,40	1,07±0,01	0,20±0,01	0,21 <sup>a</sup> ±0,01
Naungan 30%	0,75±0,06	1,78±0,40	1,06±0,01	0,20±0,01	0,32 <sup>b</sup> ±0,01
Naungan 50%	0,78±0,05	1,98±0,46	1,06±0,01	0,20±0,01	0,42 <sup>c</sup> ±0,06
Naungan 70%	0,75±0,06	1,98±0,46	1,06±0,01	0,20±0,01	0,49 <sup>d</sup> ±0,06

Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan ( $P < 0,05$ )

Hasil sidik ragam terhadap fosfat menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Nilai fosfat pada perlakuan tanpa naungan (0,21 mg/l) paling rendah dibandingkan dengan nilai fosfat lainnya. Penurunan fosfat disebabkan oleh *Lemna minor* merupakan tanaman remediasi yang mampu mengasimilasi senyawa organik dan anorganik yang terdapat dalam media tanam. Penurunan fosfat juga disebabkan intensitas cahaya yang tinggi yang berpengaruh terhadap lajunya proses fotosintesis, dimana fosfat merupakan bentuk fosfor yang dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman (Romimohtarto & Juwana 2005). Hal ini menggambarkan fosfat yang diserap oleh tanaman dimanfaatkan secara langsung untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman (Tabel 7).

#### Percepatan tumbuh tanaman

Percepatan tumbuh tanaman yang diamati dalam penelitian ini adalah jumlah anakan, diameter daun dan kandungan klorofil-a. Hasil nilai rata-rata percepatan tumbuh tanaman dapat dilihat pada Tabel 8.

#### Jumlah anakan

Jumlah anakan antar perlakuan berkisar 1,68-5,31 anak/cm<sup>2</sup> (Tabel 8). Jumlah anakan tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan (5,31 anak/cm<sup>2</sup>) sedangkan jumlah anakan terendah diperoleh pada perlakuan naungan 50% (1,68 anak/cm<sup>2</sup>). Hasil sidik ragam terhadap jumlah anakan menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Jumlah anakan pada perlakuan tanpa naungan (5,31 anak/cm<sup>2</sup>) paling tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan perlakuan naungan 30%, naungan 50% dan naungan 70%. Namun demikian antara perlakuan naungan 30% (3,04 anak/cm<sup>2</sup>), naungan 50% (1,68 anak/cm<sup>2</sup>) dan naungan 70% (2,16 anak/cm<sup>2</sup>) berbeda tidak nyata ( $P > 0,05$ ). Jumlah anakan merupakan salah satu bagian yang menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada fase vegetatif. Tingginya jumlah anakan dapat digunakan untuk menduga bobot tanaman yang dihasilkan.

Intensitas cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman secara khusus jumlah anakan (Sawen 2012).

#### Diameter daun

Diameter daun antar perlakuan berkisar 4,05-4,16 mm/m<sup>2</sup> (Tabel 8). Diameter daun tertinggi diperoleh pada perlakuan naungan 30% (4,16 mm/m<sup>2</sup>), sedangkan diameter daun terendah diperoleh pada perlakuan tanpa naungan (4,05 mm/m<sup>2</sup>). Hasil sidik ragam terhadap diameter daun menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Diameter daun pada perlakuan tanpa naungan (4,05 mm/m<sup>2</sup>) paling rendah ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan nilai diameter daun lainnya, sedangkan perlakuan naungan 30%, naungan 50% dan naungan 70% menghasilkan diameter daun yang sama ( $P > 0,05$ ).

Diameter daun dapat memberi gambaran tentang proses dan laju fotosintesis pada suatu tanaman, yang pada akhirnya berkaitan dengan pembentukan biomassa tanaman. Peningkatan diameter daun merupakan upaya tanaman dalam mengoptimalkan penangkapan energi cahaya untuk fotosintesis secara normal pada kondisi intensitas cahaya rendah. Intensitas cahaya sangat mempengaruhi tanaman dalam meningkatkan pembukaan luas daun dan pemanjangan tangkai daun (Ferita et al. 2009). Edmond et al. (2005) menyatakan bahwa produktivitas dan perkembangan suatu tanaman erat kaitannya dengan luas daun yang dibentuk oleh tanaman tersebut.

#### Klorofil-a

Kandungan klorofil-a tanaman pada berbagai perlakuan berkisar antara 0,14-0,21 mg/g (Tabel 8). Klorofil-a tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan (0,21 mg/g) sedangkan nilai klorofil-a tanaman terendah diperoleh pada perlakuan naungan 70% (0,14 mg/g). Hasil sidik ragam terhadap kandungan klorofil-a menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Kandungan klorofil-a pada perlakuan tanpa naungan (0,21 mg/g) paling tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan perlakuan naungan 30%, naungan



**Tabel 8.** Jumlah anakan, diameter daun dan kandungan klorofil-a pada berbagai perlakuan naungan

Perlakuan	Peubah yang diamati		
	Jumlah anakan (anak/cm <sup>2</sup> )	Diameter daun (mm/m <sup>2</sup> )	Klorofil-a (mg/g)
Tanpa Naungan	5,31 <sup>a</sup> ±2,66	4,05 <sup>b</sup> ±0,04	0,21 <sup>a</sup> ±0,04
Naungan 30%	3,04 <sup>b</sup> ±0,84	4,16 <sup>a</sup> ±0,03	0,17 <sup>b</sup> ±0,01
Naungan 50%	1,68 <sup>b</sup> ±0,48	4,14 <sup>a</sup> ±0,03	0,17 <sup>b</sup> ±0,01
Naungan 70%	2,16 <sup>b</sup> ±0,73	4,15 <sup>a</sup> ±0,04	0,14 <sup>b</sup> ±0,02

Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan ( $P < 0,05$ )

50% dan naungan 70%. Namun demikian antara perlakuan naungan 30% (0,17 mg/g), naungan 50% (0,17 mg/g) dan naungan 70% (0,14 mg/g) berbeda tidak nyata ( $P > 0,05$ ). Tingginya kandungan klorofil-a *Lemna minor* pada perlakuan tanpa naungan (0,21 mg/g) disebabkan oleh sintesis klorofil yang tinggi dan tidak terjadi fotooksidasi klorofil, hal tersebut menunjukkan tingginya laju fotosintesis. Klorofil-a merupakan parameter yang menunjukkan kandungan klorofil yang berpengaruh pada proses metabolisme tumbuhan melalui proses fotosintesis. Klorofil-a lebih dominan dimiliki oleh tanaman air, hal itu juga yang menyebabkan klorofil-a memiliki peranan sangat penting terhadap proses pertumbuhan. Kandungan klorofil relatif berkorelasi positif dengan laju fotosintesis sehingga kandungan klorofil dapat dipakai sebagai indikator yang terpercaya untuk mengevaluasi ketidakseimbangan metabolisme antara fotosintesis dan hasil produksi tanaman (Li et al. 2006). Jadid (2008) menyatakan bahwa semakin banyak pembentukan klorofil maka proses fotosintesis semakin optimal. Sintesis klorofil dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti cahaya, gula atau karbohidrat, air, temperatur, faktor genetik, unsur-unsur hara seperti N, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S dan O (Hendriyani & Setiari 2009).

### Produktivitas *Lemna minor*

Hasil sidik ragam pengaruh perlakuan naungan terhadap produktivitas *Lemna minor* (*doubling time*, produksi biomassa dan produksi bahan kering) menunjukkan perbedaan yang nyata ( $P < 0,05$ ). Nilai rata-rata produktivitas *Lemna minor* dapat dilihat pada Tabel 9.

### Berat segar

*Lemna minor* merupakan tanaman yang dapat tumbuh pada intensitas cahaya rendah dengan lingkungan ternaungi maupun intensitas cahaya tinggi dengan lingkungan yang terbuka, tetapi ternyata dari data diatas tersebut dapat dikatakan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi produksi biomassa tanaman (Tabel 9). Berat segar tanaman antar perlakuan berkisar 17,88-176,38 g/m<sup>2</sup>. Berat segar tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan (176,38 g/m<sup>2</sup>) sedangkan berat segar tanaman terendah diperoleh pada

perlakuan naungan 70% (17,88 g/m<sup>2</sup>). Hasil sidik ragam terhadap berat segar menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Berat segar pada perlakuan tanpa naungan (176,38 g/m<sup>2</sup>) paling tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan perlakuan naungan 30%, naungan 50% dan naungan 70%. Namun demikian antara perlakuan naungan 30% (49,38 g/m<sup>2</sup>), naungan 50% (18,00 g/m<sup>2</sup>) dan naungan 70% (17,88 g/m<sup>2</sup>) berbeda tidak nyata ( $P > 0,05$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa tanaman memiliki adaptasi yang tinggi pada masing-masing perlakuan dan perubahan pH tidak mengganggu produktivitas tanaman. Terjadinya peningkatan berat segar disebabkan oleh lajunya fotosintesis, dimana cahaya mempunyai peranan yang sangat penting terhadap proses fotosintesis (Sudjadi 2005).

### Bahan kering

Bahan kering tanaman antar perlakuan berkisar 0,56-6,24 g/m<sup>2</sup> (Tabel 9). Bahan kering tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan (6,24 g/m<sup>2</sup>), sedangkan bahan kering tanaman terendah diperoleh pada perlakuan naungan 70% (0,56 g/m<sup>2</sup>). Hasil sidik ragam terhadap bahan kering menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Bahan kering pada perlakuan tanpa naungan (6,24 g/m<sup>2</sup>) paling tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan perlakuan naungan 30%, naungan 50% dan naungan 70%. Namun demikian antara perlakuan naungan 30% (2,05 g/m<sup>2</sup>), naungan 50% (0,71 g/m<sup>2</sup>) dan naungan 70% (0,56 g/m<sup>2</sup>) berbeda tidak nyata ( $P > 0,05$ ). Bahan kering merupakan material yang dihasilkan dari proses fotosintesis tanaman. Oleh karena itu terdapat hubungan yang erat antara radiasi cahaya matahari dengan pertumbuhan dan hasil tanaman. Intensitas cahaya matahari yang optimal akan berpengaruh positif terhadap proses fotosintesis yang pada akhirnya akan menghasilkan bahan kering tanaman yang tinggi. Semakin besar jumlah energi yang tersedia akan memperbesar jumlah hasil fotosintesis sampai dengan optimum (maksimal). Dengan demikian, untuk menghasilkan bahan kering yang maksimal, tanaman memerlukan intensitas cahaya tinggi. Intensitas cahaya yang makin tinggi dapat meningkatkan daya tanaman mengisap air, sehingga tanaman menyerap air lebih banyak dibanding dengan intensitas cahaya yang rendah (Heddy 2002).

**Tabel 9.** Pengaruh level naungan terhadap produktivitas *Lemna minor*

Perlakuan	Doubling time (hari)		Produksi biomassa (g/m <sup>2</sup> )	
	LCA	Jumlah anakan	Segar	Kering
Tanpa Naungan	2,03 <sup>a</sup> ±0,38	3,61 <sup>a</sup> ±0,69	176,38 <sup>a</sup> ±139,74	6,24 <sup>a</sup> ±4,73
Naungan 30%	2,40 <sup>ab</sup> ±0,18	4,08 <sup>a</sup> ±0,51	49,38 <sup>b</sup> ±15,32	2,05 <sup>b</sup> ±0,77
Naungan 50%	3,19 <sup>bc</sup> ±0,51	5,06 <sup>±ab</sup> 1,01	18,00 <sup>b</sup> ±6,76	0,71 <sup>b</sup> ±0,03
Naungan 70%	3,38 <sup>c</sup> ±0,89	6,09 <sup>b</sup> ±1,90	17,88 <sup>b</sup> ±10,97	0,56 <sup>b</sup> ±0,23

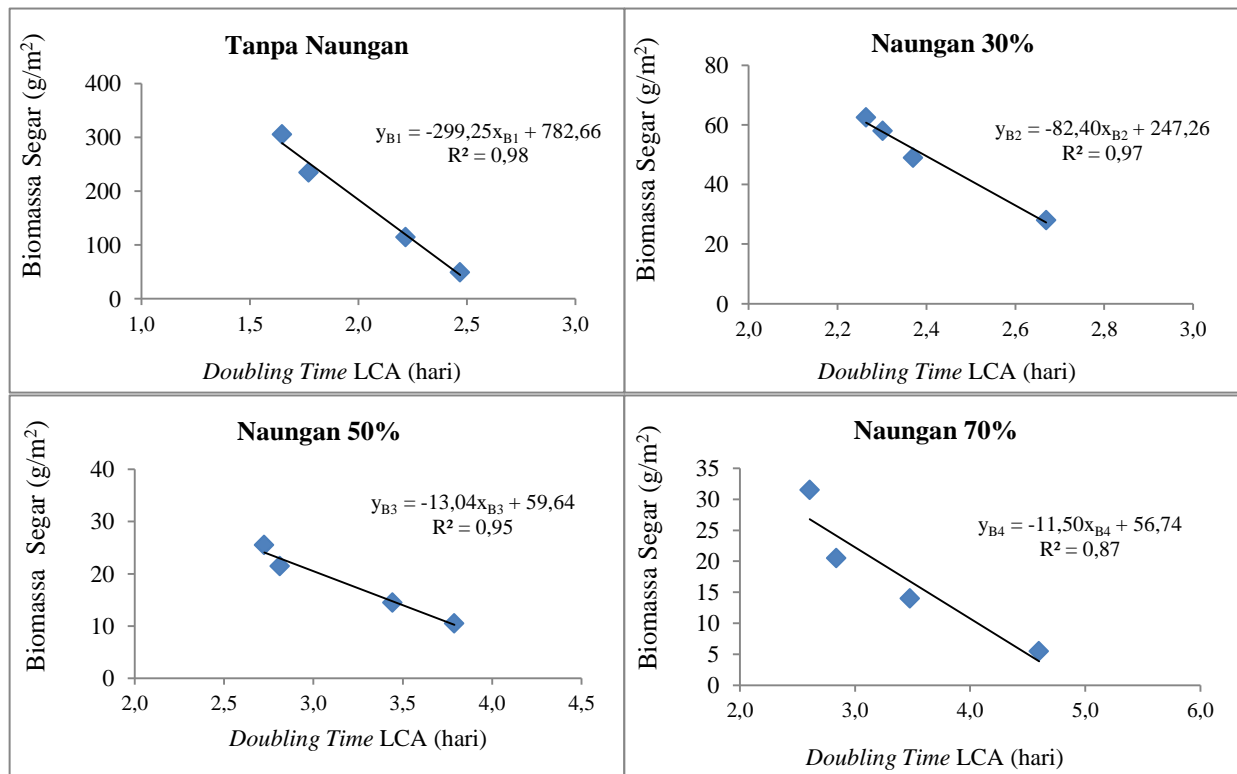
Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan (P<0,05)

**Korelasi antara doubling time luas cover area (LCA) dengan produksi biomassa *Lemna minor***

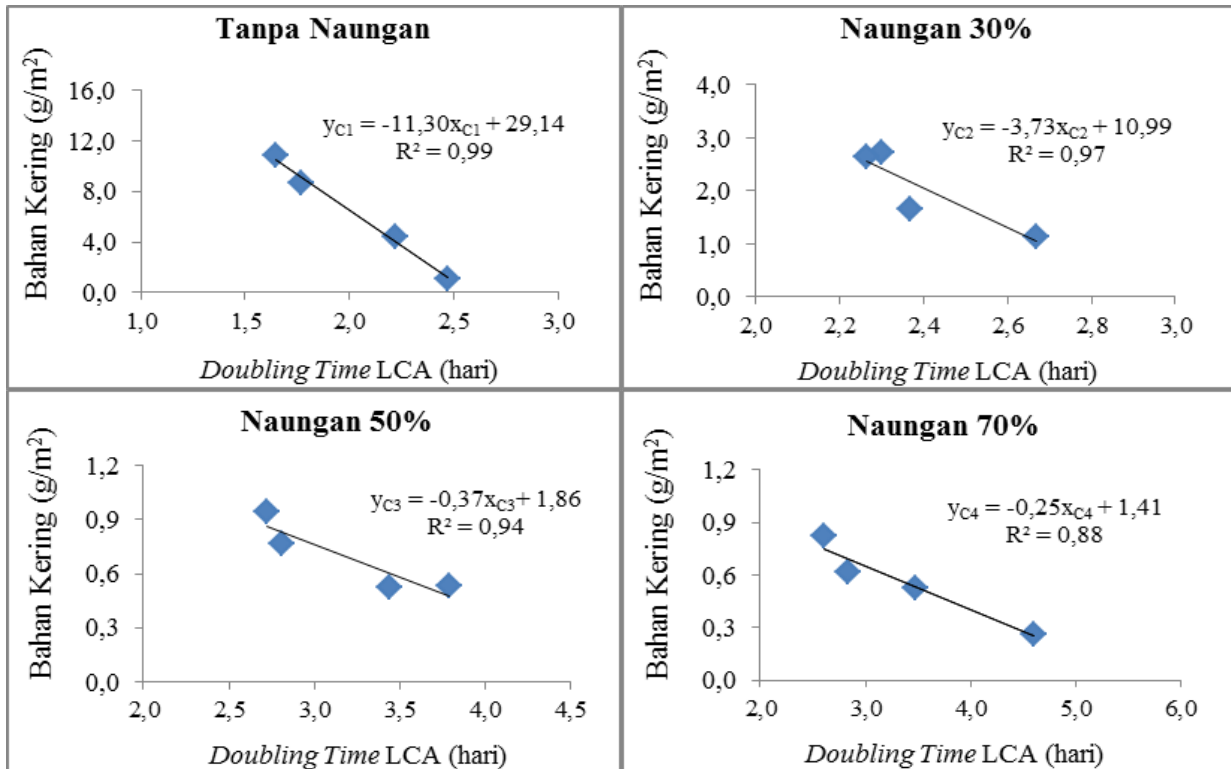
*Lemna minor* pada intensitas cahaya tinggi memiliki produktivitas paling tinggi dibandingkan intensitas cahaya rendah sampai cukup. Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, doubling time luas cover area menjadi lebih cepat, produksi biomassa segar dan bahan kering yang tinggi. Korelasi antara doubling time luas cover area dengan produksi biomassa segar pada perlakuan tanpa naungan dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{B1} = -299,25x_{B1} + 782,66$  ( $R^2 = 0,98$ ), korelasi antara doubling time luas cover area dengan produksi biomassa segar pada perlakuan naungan 30% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{B2} = -82,40x_{B2}$

+ 247,26 ( $R^2 = 0,97$ ), korelasi antara doubling time luas cover area dengan produksi biomassa segar pada perlakuan naungan 50% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{B3} = -13,04x_{B3} + 59,64$  ( $R^2 = 0,95$ ), korelasi antara doubling time luas cover area dengan produksi biomassa segar pada perlakuan naungan 70% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{B4} = -11,50x_{B4} + 56,74$  ( $R^2 = 0,87$ ).

Korelasi antara doubling time luas cover area dengan produksi bahan kering pada perlakuan tanpa naungan dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{C1} = -11,30x_{B1} + 29,14$  ( $R^2 = 0,99$ ), korelasi antara doubling time luas cover area dengan produksi bahan kering pada perlakuan naungan 30% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{C2} = -3,73x_{B2} + 10,99$  ( $R^2 = 0,97$ ), korelasi



**Gambar 2.** Korelasi antara doubling time LCA dengan produksi biomassa segar *Lemna minor*



Gambar 3. Korelasi antara doubling time LCA dengan produksi bahan kering *Lemna minor*

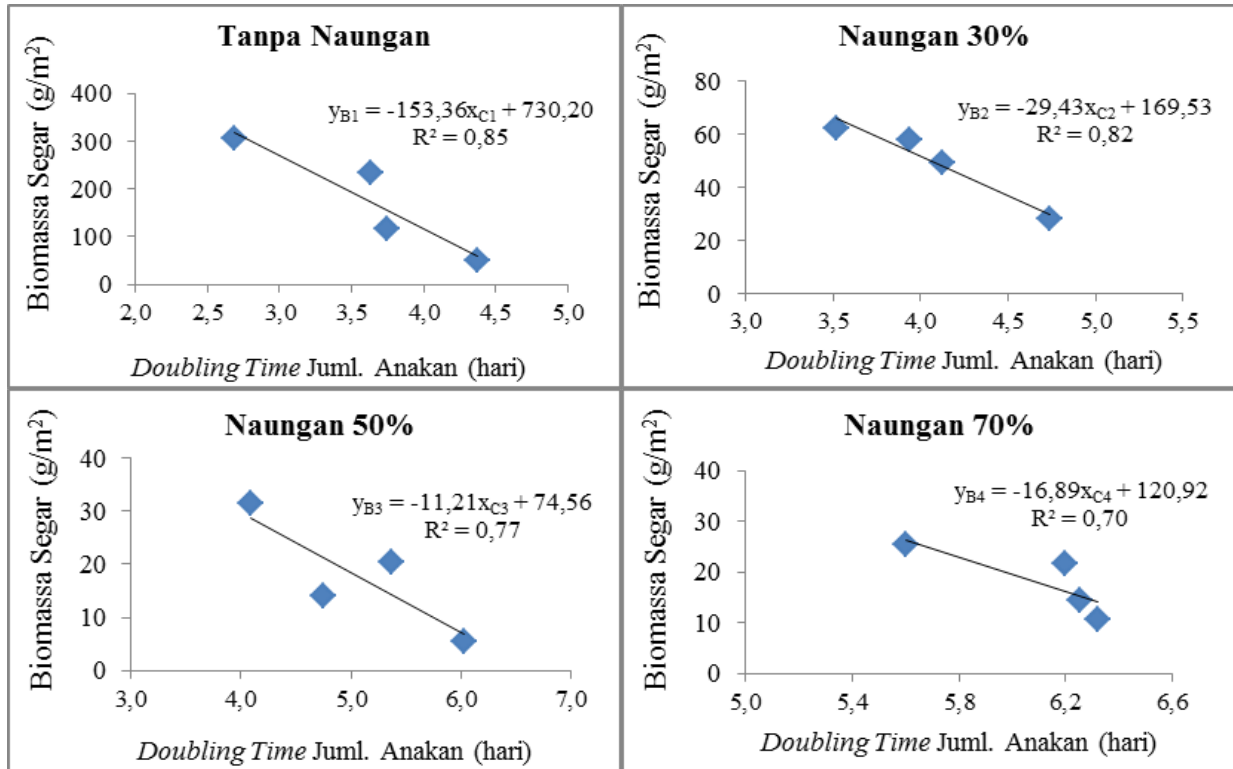
antara doubling time luas cover area dengan produksi bahan kering pada perlakuan naungan 50% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{C3} = -0,37x_{C3} + 1,86$  ( $R^2 = 0,95$ ), korelasi antara doubling time luas cover area dengan produksi bahan kering pada perlakuan naungan 70% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{C4} = -0,25x_{C4} + 1,41$  ( $R^2 = 0,86$ ). Nilai korelasi menunjukkan korelasi negatif dimana semakin lama doubling time luas cover area tanaman maka semakin kecil produksi biomassa yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis regresi linier, doubling time luas cover area memiliki hubungan yang signifikan terhadap produksi biomassa *Lemna minor*.

**Korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi biomassa *Lemna minor***

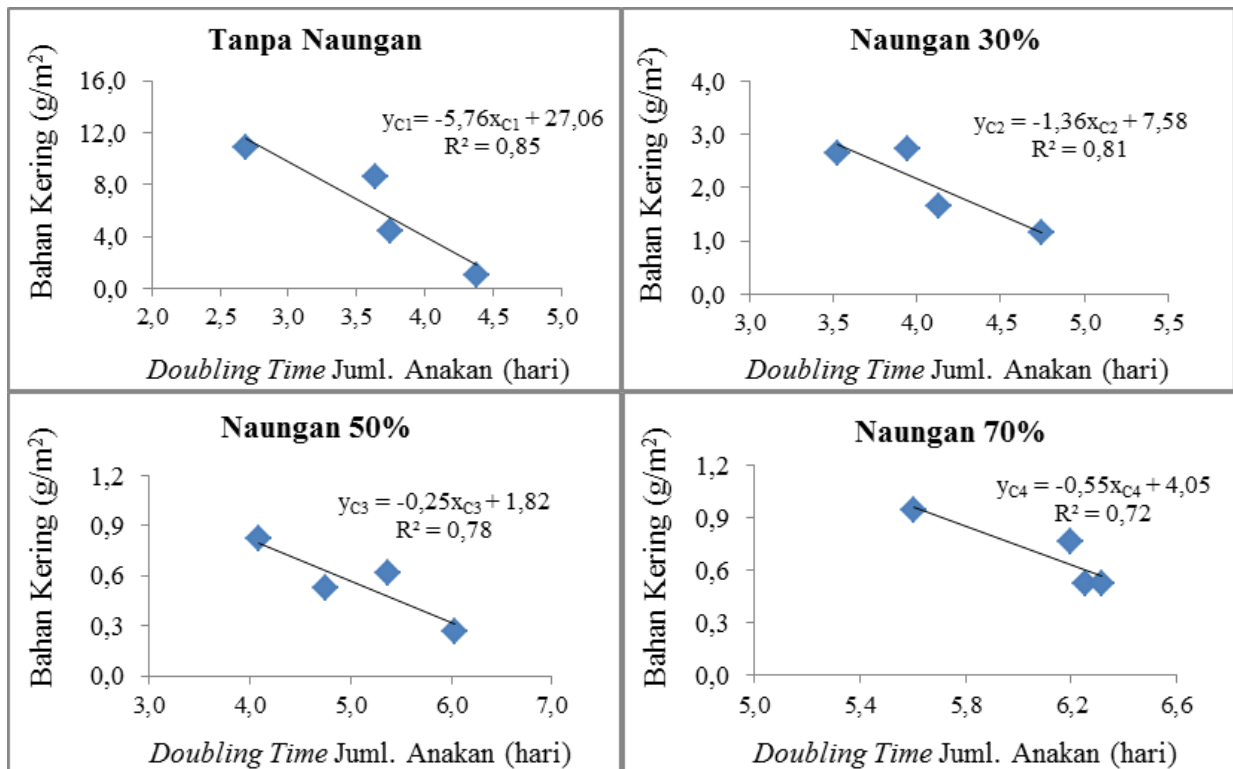
*Lemna minor* pada intensitas cahaya tinggi memiliki produktivitas paling tinggi dibandingkan intensitas cahaya rendah sampai cukup. Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5, terlihat bahwa doubling time jumlah anakan menjadi lebih cepat, produksi biomassa segar dan bahan kering yang tinggi. Korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi biomassa segar pada perlakuan tanpa naungan dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{B1} = -153,36x_{C1} + 730,20$  ( $R^2 = 0,85$ ), korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi biomassa segar pada perlakuan naungan 30% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu

$y_{B2} = -29,43x_{C2} + 169,53$  ( $R^2 = 0,82$ ), korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi biomassa segar pada perlakuan naungan 50% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{B3} = -11,21x_{C3} + 74,56$  ( $R^2 = 0,77$ ), korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi biomassa segar pada perlakuan naungan 70% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{B4} = -16,89x_{C4} + 120,92$  ( $R^2 = 0,70$ ).

Korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi bahan kering pada perlakuan tanpa naungan dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{C1} = -5,76x_{C1} + 27,06$  ( $R^2 = 0,85$ ), korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi bahan kering pada perlakuan naungan 30% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{C2} = -1,36x_{C2} + 7,58$  ( $R^2 = 0,81$ ), korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi bahan kering pada perlakuan naungan 50% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{C3} = -0,25x_{C3} + 1,82$  ( $R^2 = 0,78$ ), korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi bahan kering pada perlakuan naungan 70% dinyatakan dalam persamaan linier yaitu  $y_{C4} = -0,55x_{C4} + 4,05$  ( $R^2 = 0,72$ ). Nilai korelasi menunjukkan korelasi negatif dimana semakin lama doubling time jumlah anakan maka semakin kecil produksi biomassa yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis regresi linier, doubling time jumlah anakan memiliki hubungan yang signifikan terhadap produksi biomassa *Lemna minor*.



Gambar 4. Korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi biomassa segar *Lemna minor*



Gambar 5. Korelasi antara doubling time jumlah anakan dengan produksi bahan kering *Lemna minor*

**Tabel 10.** Kandungan nutrisi Lemna minor (% bahan kering) pada berbagai level naungan

Nutrisi	Perlakuan			
	Tanpa naungan	Naungan 30%	Naungan 50%	Naungan 70%
Lemak	2,21	2,91	2,57	2,03
Protein	22,40	23,94	24,90	25,16
Serat kasar	10,16	9,66	10,80	10,62
Abu	31,36	29,33	29,13	28,92
Bahan organik	68,64	70,67	70,87	71,08
BETN	33,87	34,16	32,60	33,27

BETN = Bahan ekstrak tanpa nitrogen

Hasil Analisa Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan, Institut Pertanian Bogor

### Kandungan nutrisi

Kandungan nutrisi suatu tanaman menggambarkan tingginya kualitas dari tanaman tersebut. Pengukuran bahan kering menggambarkan tingkat produktivitas tanaman didalam penyediaan bahan sebagai sumber pakan tambahan ataupun suplemen pakan bagi ternak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan persen abu tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan dibanding perlakuan lainnya. Kandungan persen abu pada tanaman menunjukkan kandungan mineral pada tanaman tersebut. Hanafiah (2007) menyatakan bahwa sebagian besar ketersediaan dan penyerapan unsur hara oleh tanaman dimediasi oleh media tanam, termasuk unsur-unsur mineral. Kandungan abu berhubungan erat dengan kondisi iklim, dimana bila terjadi defisit air maka secara signifikan akan menurunkan kandungan abu pada fase vegetatif (Bogale & Tesfaye 2011).

Kandungan persen bahan organik tanaman yang tertinggi berbanding terbalik dengan kandungan persen abu, dan kandungan persen bahan organik tertinggi yakni pada perlakuan naungan 70%. Meskipun demikian, keempat perlakuan naungan memiliki kandungan bahan organik yang sangat tinggi, hingga sebesar 71,08% pada perlakuan naungan 70%, 70,87% pada perlakuan naungan 50%, 70,67% pada perlakuan naungan 30% dan 68,64% pada perlakuan tanpa naungan. Kandungan bahan organik menginterpretasikan kandungan nutrisi tanaman seperti protein kasar, lemak kasar, serat kasar, dan BETN yang terdapat dalam *Lemna minor*. Bahan organik terdiri atas karbohidrat, lemak, protein dan vitamin, bahan anorganik terdiri atas mineral dengan berbagai unsur-unsurnya (Tillman et al. 1998). Hal ini menunjukkan bahwa pada berbagai perlakuan naungan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi.

### KESIMPULAN

Produktivitas *duckweed* (*Lemna minor*) meliputi jumlah anakan, klorofil-a, produksi biomassa, luas cover area (LCA), serapan fosfat dan *doubling time* jumlah anakan tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa naungan (1007,21-2813,57 lux). Penurunan intensitas cahaya meningkatkan diameter daun. Penyusutan volume media tanam berkorelasi positif terhadap luas cover area (LCA). Produksi biomassa dipengaruhi oleh *doubling time* luas cover area (LCA) dan jumlah anakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official method of analysis. Edisi ke 18. Maryland : AOAC International.
- [ISO 20079] International Standard ISO 20079. 2004. Water quality-determination of the tootoxic effect of the water constituents and waste water to duckweed (*Lemna minor*) – duckweed growth inhibition test. Geneva, Switzerland (CH): International Standard ISO 20079 (2004).
- Alianto, Adiwilaga EM, Damar A. 2008. Produktivitas primer fitoplankton dan keterkaitannya dengan unsur hara dan cahaya di perairan teluk Banten. Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia. 15:21-26.
- Astrid TS, Rahardja BS, Masithah ED. 2013. Pengaruh konsentrasi pupuk *Lemna minor* terhadap populasi *Dunaliella salina*. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. 5.
- Bogale A, Tesfaye K. 2011. Relationship between Kernell ash content, water use efficiency and yield in Durum Wheat under water deficit induced at different growth stages. Afr J Basic Appl Sci. 3:80-86.

- Culley DD, Rejmankova E, Kvet J, Frye JB. 1981. Production chemical quality and use of duckweeds (*Lemnaceae*) in aquaculture, waste management and animal feeds. *J Worldmariculture Soc.* 12:27-49.
- Edmond JB, Senn TL, Andrew FS. 2005. *Fundamentals of horticulture*. 7th ed. Tata Mc-Graw-Hill Publishing Company LTD. New Delhi-110020.
- El-Kheir WA, Ismail G, El-Nour FA, Tawfik T, Hammad D. 2007. Assessment of the efficiency of duckweed (*Lemna gibba*) in wastewater treatment. *Int J Agric Biol.* 9:681-687.
- Ferita I, Akhir N, Fauza H, Syofyanti E. 2009. Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan bibit gambir (*Uncaria gambir* Roxb). *Jerami.* 2.
- Hanafiah KA. 2007. *Dasar-dasar ilmu tanah*. Jakarta (Indones): PT. Raja Grafindo Persada.
- Hanafiah KA. 2010. *Dasar-dasar ilmu tanah*. Jakarta (Indones): PT. Raja Grafindo Persada.
- Heddy S. 2002. *Ekofisiologi tanaman, suatu kajian kuantitatif pertumbuhan tanaman*. Divisi Buku Perguruan Tinggi. Jakarta (Indones); PT. Raja Grafindo Persada.
- Hendriyani IS, Setiari N. 2009. Kandungan klorofil dan pertumbuhan kacang panjang (*Vigna sinensis*) pada tingkat penyediaan air yang berbeda. *J Sains Mat.* 17:145-150.
- Indarsih B, Tamsil MH. 2012. Feeding diets containing different from of duckweed (*Lemna minor*) on productive performance and egg quality of ducks. *Med Pet.* 128-132.
- Jadid N. 2008. *Media kultur jaringan*. [diakses pada 02 Februari 2009]. <http://www.scribd.com>.
- Kartasapoetra AG, Sutedjo MM. 1994. *Teknologi pengairan pertanian irigrasi*. Jakarta (Indones): Bumi Aksara.
- Landesman L, Parker, Fedler, Konikoff. 2005. Modeling duckweed growth in wastewater treatment systems. *Livest Res Rural Develop.*
- Landolt E, Kandeler R. 1987. Biosystematic investigations in the family of duckweeds (*Lemnaceae*). *Veroff. Geobot. Inst. ETH, Zurich.* 2, p. 42-43.
- Leng RA, Stambolie JH, Bell R. 1994. Duckweed a potential high protein feed resource for domestic animal and fish. Makalah disampaikan dalam kongres AAAP Animal Science ke-7, Denpasar Bali. Indonesia.
- Li R, Guo P, Baum M, Grando S, Ceccarelli S. 2006. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in Barley. *Agric Sci China.* 5:751-757
- Romimohtarto K, Juwana S. 2005. *Biologi laut*. Jakarta (Indones): Penerbit Djambatan.
- Rovita GD, Purnomo PW, Soedarsono P. 2012. Starifikasi vertikal NO<sub>f</sub> -N dan PO<sub>4</sub> -P pada perairan di sekitar eceng gondok (*Eichornia crassipes* Solms) dengan latar belakang penggunaan lahan berbeda di rawa pening. *J Man Aq Resourc.* 1:1-7.
- Sahabuddin, Tangko AM. 2008. Pengaruh jarak lokasi budidaya dari garis pantai terhadap pertumbuhan dan kandungan karaginan rumput laut (*Eucheuma cottoni*). *Seminar Nasional Kelautan IV*. Surabaya (Indones).
- Said A. 2006. Pengaruh komposisi *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai pakan harian terhadap pertumbuhan dan sintasan ikan nila merah (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis mossambicus*) dalam keramba jaring apung di perairan umum Das Musi. *Peneliti Balai Riset Perikanan Perairan Umum. Prosiding Seminar Nasional Ikan IV Jatiluhur.*
- Sawen D. 2012. Pertumbuhan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dan Benggala (*Panicum maximum*) akibat perbedaan intensitas cahaya. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman.* 2.
- Setiawan E. 2009a. Pemanfaatan data cuaca untuk pendugaan produktivitas (Studi kasus tanaman cabe jamu di Madura). Makalah disampaikan pada lomba Karya Ilmiah Penerapan Metode Prakiraan Cuaca Jangka Pendek. *BMG. Jakarta.* 33 hlm.
- Setiawan E. 2009b. Kajian hubungan unsur iklim terhadap produktivitas cabe jamu (*Piper retrofractum Vahl*) di Kabupaten Sumenep. *Agrovigor.* 2.
- Setyorini D, Saraswati R, Anwar EK. 2006. *Kompos. Dalam: Pupuk organik dan pupuk hayati*. Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Saraswati R, Setyorini D, Hartatik W, editor. Bogor (Indones): Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. p. 113-140.
- Stanley RA, Madewell CE. 1975. Optimum dilution of swine wastes for growth of *Lemna minor* and *Eugenia sp.* In: *managing Livestock wastes. Proceeding American Society of Agricultural Engineers.* 275:331-333.
- Steel RGD, Torrie JH. 1995. *Prinsip dan prosedur statistika: suatu pendekatan biometrika*. Jakarta (Indones): PT. Gramedia.
- Sudjadi 2005. Pengaturan cahaya lampu sebagai fotosintesis phytoplankton buatan dengan menggunakan mikrokontroler At89s52. [diakses pada 1 Juni 2005]. <http://www.emakpancarsakti.com..>
- Tillman AD, Hartadi H, Prawirokusumo S, Reksohadiprodjo S, Lebdosoekojo S. 1998. *Ilmu makanan ternak dasar*. Cetakan Keenam. Yogyakarta (Indones): Gadjah Mada University Press.

- Triatmodjo B. 2010. Hidrologi terapan. Yogyakarta (Indones): Beta Offset.
- t' Mannetje L, Jones RM. 2000. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Cambridge (UK): The University Press.
- Zimmo OR, Van der Steen NP, Gijzen HJ. 2005. Effect of organic surface load on process performance of pilot-scale algae and duckweed-based waste stabilization ponds. *J Environ Eng.* 131:587-594.