

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK ORGANIK DARI ECENG GONDOK
(*Eichornia crassipes*) DENGAN DOSIS YANG BERBEDA TERHADAP
PERTUMBUHAN *Spirulina* sp.**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh :

SITI CHOILIL MUSAWAMAH

NIM. 115080101111081



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK ORGANIK DARI ECENG GONDOK
DENGAN DOSIS YANG BERBEDA TERHADAP
PERTUMBUHAN *Spirulina* sp.**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan di
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya
Malang**

Oleh:

SITI CHOILIL MUSAWAMAH

NIM. 115080101111081



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

SKRIPSI

PENGARUH PEMBERIAN PUPUK ORGANIK DARI ECENG GONDOK
DENGAN DOSIS YANG BERBEDA TERHADAP
PERTUMBUHAN *Spirulina* sp.

Oleh :

SITI CHOILIL MUSAWAMAH

NIM. 115080101111081

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 05 Agustus 2015
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA, Ph.D

NIP. 19610523 198703 2 003

Tanggal :

Dosen Penguji II

Ir. Sri Sudaryanti, MS

NIP. 19601009 198602 2 001

Tanggal :

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Endang Yuli Herawati, MS

NIP. 19570704 198403 2 001

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS

NIP. 19600505 198601 1 004

Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil penjiplakan (plagiat), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, Agustus 2015

Mahasiswa,

Siti Choilil Musawamah

RINGKASAN

Siti Choilil Musawamah. Skripsi. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dari Eceng Gondok Dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. (Dibawah bimbingan **Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS.** dan **Dr.Ir. Mohammad Mahmudi,MS**)

Keberhasilan suatu budidaya larva ikan dan udang tidak terlepas dari ketersediaan pakan alami yang keberadaanya mencukupi dan memiliki kandungan gizi yang relatif tinggi. Salah satu yang sudah dibudidayakan adalah *Spirulina* sp. Pemenuhan kebutuhan nutrien yang cukup untuk medium kultur harus di perhatikan agar *Spirulina* sp. dapat tumbuh dengan baik. Komposisi nutrien yang lengkap dan tepat dapat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga. Jenis pupuk yang banyak dipilih dalam kultur *Spirulina* sp. adalah jenis pupuk Walne. Mahalnya jenis pupuk tersebut menjadi pemicu untuk mencari jenis pupuk alternatif pada kultur *Spirulina* sp. yang mampu menghasilkan kelimpahan yang tinggi, dengan harga yang ekonomis dan mudah diperoleh. Salah satu jenis pupuk yang dapat digunakan adalah pupuk dari eceng gondok (*Eichornia crassipes*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kualitas air dan pemanfaatan eceng gondok sebagai alternative penggunaan pupuk organik dalam upaya meningkatkan pertumbuhan *Spirulina* sp.

Metode penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Tersarang dengan 5 perlakuan serta 3 kali ulangan. Perlakuan dari penelitian ini adalah pemberian pupuk organik dari eceng gondok terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. Dengan pemberian dosis yang berbeda berdasarkan kandungan Nitrat (NO_3) yang diperlukan plankton yaitu sebesar : A (0,5 mg/l), B (1 mg/l), C (1,5 mg/l), D (2 mg/l). Penggunaan dosis dengan nilai (0,5 mg/l), (1 mg/l), (1,5 mg/l), (2 mg/l) ini mengacu pada kebutuhan nitrat yang dibutuhkan oleh *Spirulina* sp. berdasarkan yakni sebesar 0,9–3,5 mg/l.

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengambil dua macam sumber data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil terdiri dari kelimpahan *Spirulina* sp. serta parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), nitrat, dan orthofosfat.

Hasil penelitian diperoleh sebagai berikut bahwa jumlah kelimpahan tertinggi selama penelitian adalah pada perlakuan C (625 mg/5l) = $13,01 \times 10^4$ ind/ml diikuti perlakuan D (833 mg/5l) = 11×10^4 ind/ml, B (417 mg/5l) = $10,64 \times 10^4$ ind/ml, A (208 mg/5l) = $10,08 \times 10^4$ ind/ml, dan Kontrol (0 mg/5l) = $6,21 \times 10^4$ ind/ml. Pada perlakuan F Tabel 5 % (2,43) < F hitung (21,3) > F Tabel 1 % (3,45) dapat disimpulkan bahwa perlakuan pemberian pupuk organik dari eceng gondok memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp.

Kisaran parameter kualitas air pada media pertumbuhan *Spirulina* sp. yaitu suhu 23,5–29,7 °C, salinitas 33–35 ppt, DO 6,4–7,3 mg/l, pH 8,8–9,7, Nitrat 0,58–1,87 mg/l, dan fosfat 0,33–1,17 mg/l. kisaran kualitas air tersebut masih tergolong baik dan layak digunakan untuk pertumbuhan *Spirulina* sp.

Dapat disimpulkan bahwa pemberian dosis yang berbeda menghasilkan kelimpahan yang berbeda sangat nyata terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. dan pupuk dari eceng gondok dapat digunakan sebagai pupuk organik yang ramah lingkungan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul: Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dari Eceng Gondok dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. ini dapat terselesaikan. Laporan Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Dalam penyusunan laporan ini kami menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh sebab itu segala kritik dan saran yang membangun penulis diterima dengan senang hati.

Semoga laporan ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi yang membacanya. Amin.

Malang, Agustus 2015

Penulis,

Siti Choilil Musawamah

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi, dan tidak lupa penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua ku tercinta ibu Susiyanti dan ayah Imam Muhaimin, serta adikku tersayang M. Johansyah Hasyim, dan keluargaku terkasih, yang selalu memberikan doa serta dukungan baik secara moril ataupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H, MS dan Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS sebagai pembimbing, yang dengan kebaikkan hati memotivasi dan membimbing dalam penyelesaian laporan ini.
3. Prof. Dr. Yenny Risjani, DEA, Ph.D dan Ir. Sri Sudaryanti, MS sebagai dosen penguji, yang memebrikan kritik dan saran yang telah diberikan.
4. Universitas Brawijaya, sebagai wahana yang telah memeberi kesempatan dan fasilitas dalam proses mencari ilmu.
5. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh staf di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malan, atas sumbangan ilmu dan pengalaman berharganya.
6. Bapak dan Ibu Laboran yang banyak membantu melancarkan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Sahabat – sahabat tercinta ku (Elen, Duta, Anggi, Upik, Dewi, Chea, Endri, Babil, Alan, Fahmi, dan Manda) atas dukungan, doa, dan semangat yang telah diberikan.
8. Sahabat – sahabat MA ku (Fiva, Rotul, Zulfa, Ninik, Heppy, Hyda, Danang), adik kos ku terkasih (Wulan), sahabat IKAMA MALANG RAYA (Zunani, Ike,

dan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu) yang selalu mendoakan dan memberikan semangat yang luar biasa untuk penulis.

9. Teman-teman seperjuangan penelitian kultur jaya (Novita, Fitroh, dan Mas Dika) yang selalu membantu dalam segala hal sehingga dapat terselesaikan laporan ini.
10. Teman – teman se-angkatan senasib seperjuangan “ARM ‘11” atas waktu dan dukungan serta doa yang diberikan.
11. Teman-teman seperjuangan Prof Endang dan Pak Mahmudi (Novita, Vina, dan Febri) yang tiada lelahnya memberi semangat, doa dan dukungan.
12. Resya (ketua angkatan MSP '11) atas doa dukungan dan motivasi yang diberikan.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang secara langsung ataupun tidak langsung yang sengaja maupun tidak sengaja telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan oleh pihak-pihak tersebut dengan pahala dan ilmu yang bermanfaat. Serta apa yang kita kerjakan menjadi berkah.

Malang, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
UCAPAN TERIMAKASIH.....	ii
RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian	3
1.5 Hipotesa.....	4
1.6 Waktu dan Tempat.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>Spirulina</i> sp.	5
2.2 Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.	6
2.3 Kandungan dan Manfaat <i>Spirulina</i> sp.	8
2.4 Pupuk.....	9
2.5 Pemupukan.....	9
2.6 Jenis Pupuk.....	10
2.7 Pupuk Organik dari Eceng Gondok	11
2.8 Kualitas Air.....	13
2.8.1 Suhu.....	13
2.8.2 Salinitas.....	14
2.8.3 Oksigen Terlarut (DO)	14
2.8.4 Derajat Keasaman (pH).....	15
2.8.5 Nitrat.....	16
2.8.6 Orthofosfat.....	16
2.9 Cahaya.....	17
2.10 Aerasi.....	18
3. MATERI DAN METODE	
3.1 Materi Penelitian	19
3.1.1 Alat dan Bahan Penelitian	19
3.2 Metode Penelitian	19
3.3 Rancangan Penelitian.....	20
3.4 Prosedur Penelitian.....	22
3.4.1 Sterilisasi Alat dan Media	22
3.4.2 Persiapan Penelitian	23
3.4.3 Prosedur Analisis Uji NO ₃ , PO ₄ , K dan N total	24
3.4.3 Pelaksanaan Penelitian.....	26
3.5 Pengukuran dan Analisa Parameter Kualitas Air.....	27
3.5.1 Suhu	27

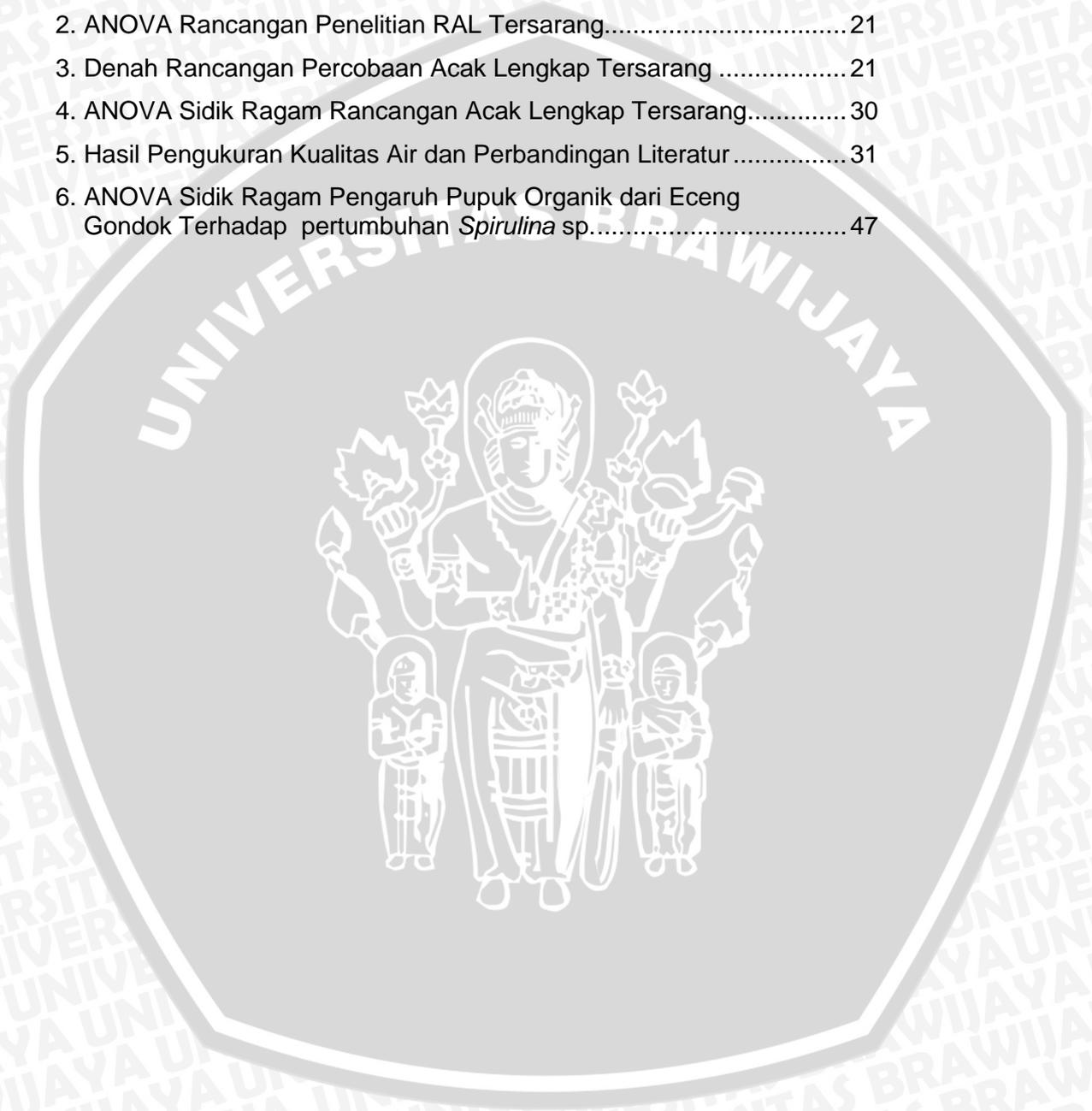


3.5.2 Salinitas	27
3.5.3 Derajat Keasaman (pH)	28
3.5.4 Oksigen Terlarut (DO).....	28
3.6 Prosedur Perhitungan Kepadatan <i>Spirulina</i> sp.....	28
3.7 Analisis Data.....	29
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Parameter Kualitas Air	31
4.1.1 Suhu	31
4.1.2 Derajat Keasaman (pH)	33
4.1.3 Salinitas	35
4.1.4 Oksigen Terlarut (DO).....	36
4.1.5 Nitrat	38
4.1.6 Orthofosfat	41
4.2 Kelimpahan <i>Spirulina</i> sp.	42
5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN.....	55



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Analisis Kandungan Uji N,P,K, pada Pupuk Organik dari Eceng Gondok.....	13
2. ANOVA Rancangan Penelitian RAL Tersarang.....	21
3. Denah Rancangan Percobaan Acak Lengkap Tersarang	21
4. ANOVA Sidik Ragam Rancangan Acak Lengkap Tersarang.....	30
5. Hasil Pengukuran Kualitas Air dan Perbandingan Literatur.....	31
6. ANOVA Sidik Ragam Pengaruh Pupuk Organik dari Eceng Gondok Terhadap pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.....	47



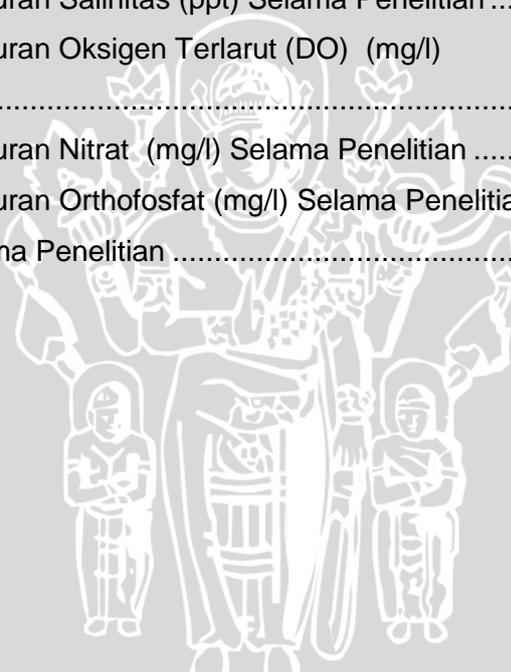
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Spirulina</i> sp.....	5
2. Pola Pertumbuhan Mikroalga.....	6
3. Siklus Hidup <i>Spirulina</i> sp.	8
4. Grafik Rata-rata Suhu Selama Penelitian.....	32
5. Grafik Rata-rata Derajat Keasaman (pH) Selama Penelitian.....	33
6. Grafik Rata-rata Salinitas Selam Peneletian	35
7. Grafik Rata-rata Oksigen Terlarut (DO) Selama Penelitian	37
8. Grafik Kelimpahan <i>Spirulina</i> sp. (10^4) ind/ml Selama Penelitian Dengan Menggunakan Pupuk Organik dari Eceng Gondok dengan Dosis Yang Berbeda.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	55
2. Perhitungan Dosis dalam Penggunaan Pupuk Organik dari Eceng Gondok Pada Media Kultur <i>Spirulina</i> sp.....	56
3. Data Hasil Kelimpahan <i>Spirulina</i> sp (10^4) ind/ml	57
4. Tabel Perhitungan Rancangan Acak Lengkap (RAL) tersarang Terhadap Kelimpahan <i>Spirulina</i> sp. (10^4) ind/ml	58
5. Data Hasil Pengukuran Suhu ($^{\circ}$ C) Selama Penelitian	63
6. Data Hasil Pengukuran Derajat Keasaman (pH) Selama Penelitian.....	64
7. Data Hasil Pengukuran Salinitas (ppt) Selama Penelitian	65
8. Data Hasil Pengukuran Oksigen Terlarut (DO) (mg/l) Selama Penelitian.....	66
10. Data Hasil Pengukuran Nitrat (mg/l) Selama Penelitian	67
11. Data Hasil Pengukuran Orthofosfat (mg/l) Selama Penelitian	68
12. Dokumentasi Selama Penelitian	69



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keberhasilan suatu usaha pembenihan ikan dan udang sangat ditentukan oleh ketersediaan pakan alami dalam jumlah yang mencukupi, dengan ukurannya yang tepat dan kandungan gizi yang sesuai dengan kebutuhan larva. Salah satu yang sering dibudidayakan saat ini sebagai pakan alami dan memiliki potensi yang baik dalam usaha budidaya larva udang dan ikan adalah mikroalga. Mikroalga yang sudah dibudidayakan adalah jenis *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros calstran*, *Tetraselmis chuii*, *Chlorella* sp. dan *Spirulina* sp. (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Mikroalga merupakan mikroorganisme yang dimanfaatkan sebagai pakan alami larva ikan dan udang, selain dapat digunakan sebagai pakan alami mikroalga dapat digunakan sebagai suplemen dan makanan bagi manusia. Salah satu yang digunakan dalam dunia industri adalah *Spirulina* sp. karena memiliki kandungan nutrisi seperti protein, asam lemak, vitamin, dan anti oksidan yang tinggi (Belay, 2008).

Mikroalga merupakan jasad renik yang termasuk tumbuhan bersel tunggal, yang berkembangbiak sangat cepat dengan daur hidup yang relatif pendek (Penggabean, 1998). Alga mikroskopis biasa disebut dengan fitoplankton yang merupakan sumber rantai makanan di laut. Alga mikroskopis berfotosintesis seperti tanaman tingkat tinggi. Alga ini secara biokimia dapat memanfaatkan CO₂. Keberadaan karbondioksida dan sinar matahari yang cukup sangat mendukung pertumbuhan alga. Organisme fotosintesis mikroskopik ini dapat tumbuh cepat, sehingga memungkinkan dapat dipanen dalam beberapa hari, hal inilah yang tidak dapat dilakukan pada sayuran atau gandum (Danielo, 2005).

Spirulina sp. adalah salah satu mikroalga yang bersifat kosmalit yang dapat dibudidayakan pada medium yang berbeda. Penumbuhan *Spirulina* memerlukan ketersediaan unsur hara yang dapat berasal dari bahan kimia maupun larutan hasil pembusukan atau limbah (Handajani, 2006).

Kultur *Spirulina* sp. membutuhkan nutrisi (pupuk) untuk memperkaya kandungan nutrisi agar terjaga kestabilan produksi. Nitrogen merupakan salah satu unsur makro nutrisi yang sangat berperan penting sebagai penyusun senyawa dalam sel, termasuk protein dan klorofil untuk fotosintesis (Prabowo, 2009). Menurut Setyowati (2006), tujuan dari kultur fitoplankton dalam skala laboratorium adalah 1). Mendapatkan dan menjaga agar fitoplankton tetap monospesifik, 2). Mendapatkan persediaan bibit bagi skala massal, 3). Melakukan pemeliharaan dari jenis fitoplankton yang dikoleksi, 4). Melakukan penyuburan media kultur untuk meningkatkan populasi *Spirulina* sp.

Salah satu usaha dalam memenuhi kebutuhan pakan alami dalam jumlah yang besar dan waktu yang relatif lebih singkat adalah dengan penambahan pupuk organik maupun anorganik. Karena pada dasarnya pemupukan merupakan usaha menambahkan unsur-unsur hara organik atau anorganik kedalam suatu perairan dengan maksud untuk meningkatkan produksi melalui pertumbuhan plankton sebagai pakan alami.

Pemenuhan kebutuhan nutrisi yang cukup untuk medium kultur harus diperhatikan agar *Spirulina* sp. dapat tumbuh dengan baik. Komposisi nutrisi yang lengkap dan tepat dapat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga. Jenis pupuk yang banyak dipilih dalam kultur *Spirulina* sp. adalah jenis pupuk Walne. Mahalnya jenis pupuk tersebut menjadi pemicu untuk mencari jenis pupuk alternatif pada kultur *Spirulina* sp. yang mampu menghasilkan nutrisi serta kepadatan sel yang tinggi, dengan harga yang ekonomis dan mudah diperoleh. Salah satu jenis pupuk yang dapat digunakan

adalah pupuk eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Menurut Agneesia (2009), eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pupuk sebab mengandung nitrogen, fosfor, kalium, dan karbon. Nitrogen merupakan salah satu makronutrien yang sangat mempengaruhi pertumbuhan alga.

1.2. Rumusan Masalah

Pupuk organik saat ini banyak digunakan para petani ikan untuk menumbuhkan pakan alami. Sejauh ini peranan pupuk organik memberikan hasil yang cukup baik dalam meningkatkan produksi fitoplankton yang mana keberhasilan ini tidak terlepas dari proses pengelolaannya.

Bahan-bahan organik yang larut dalam air tidak langsung dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan air ataupun hewan air secara langsung, melainkan bahan organik tersebut terlebih dahulu harus dirombak oleh jasad-jasad renik yang terdapat dalam suatu perairan. Maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat disimpulkan: bagaimana pengaruh pemberian pupuk organik dari eceng gondok (*Eichornia crassipes*) terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik dari eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan dosis yang berbeda terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp.

1.4. Kegunaan Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat bahwa eceng gondok dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk menumbuhkan pakan alami.

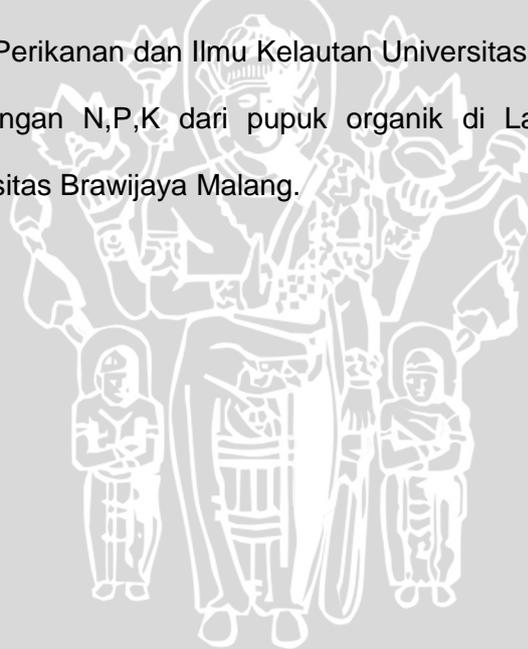
1.5. Hipotesa

H_0 : Diduga pemberian pupuk organik dari eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan dosis yang berbeda tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp.

H_1 : Diduga pemberian pupuk organik dari eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan dosis yang berbeda berpengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp.

1.6. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 29 April 2015–12 Mei 2015, ditoples-toples percobaan di Laboratorium Workshop dan Identifikasi di Laboratorium Hidrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang sedangkan uji kandungan N,P,K dari pupuk organik di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.



2. TINJUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi dan Morfologi *Spirulina* sp.

Menurut Bold dan Wynne (1985), *Spirulina* sp. merupakan alga biru hijau yang dapat dilihat pada Gambar 1. Klasifikasi dari *Spirulina* sp. sebagai berikut :



Gambar 1 : *Spirulina* sp. (Kabinawa, 2006)

Kingdom	: Protista
Divisi	: Cyanophyta
Kelas	: Cyanophyceae
Ordo	: Nostocales
Famili	: Oscillatoriaceae
Genus	: <i>Spirulina</i>
Spesies	: <i>Spirulina</i> sp.

Spirulina merupakan jenis mikroalga golongan Cyanophyta atau alga hijau biru (*blue-green algae*) yang telah banyak digunakan sebagai pakan alami dalam usaha budidaya khususnya dalam pembenihan (Chrismada *et al.*, 2006).

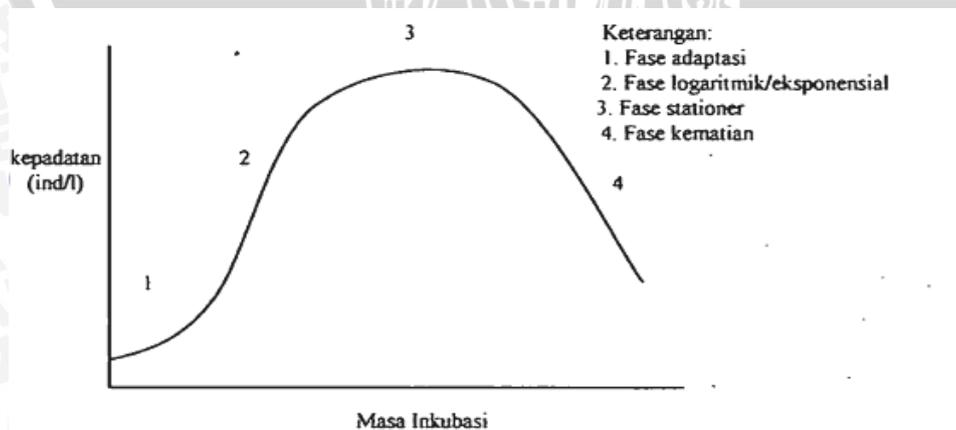
Spirulina sp. merupakan makhluk hidup autotrof berwarna kehijauan, kebiruan, dengan sel berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral (*helix*) sehingga disebut juga alga biru hijau berfilamen (*cyano bacterium*). Bentuk tubuh *Spirulina* sp. yang menyerupai benang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis, berdiameter 1–12 mikrometer. Filamen *spirulina* hidup berdiri sendiri dan dapat bergerak bebas (Hariyati, 2008).

2.2. Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Pertumbuhan *Spirulina* sp. sama halnya dengan organisme lain yaitu mengalami pertumbuhan selama masa hidupnya. Gardner *et al.*, (1991), memberikan definisi pertumbuhan sebagai pembelahan sel (peningkatan jumlah) dan pembesaran sel (peningkatan ukuran) dimana kedua proses ini memerlukan sintesa protein. Pertumbuhan fitoplankton berkaitan dengan adanya unsur hara makro dan mikro serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.

Spirulina sp. dapat hidup di semua tempat ada beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina* sp. antara lain intensitas cahaya, nutrisi, suhu, dan umur. *Spirulina* sp. merupakan mikroalga yang menyebar secara luas, dapat ditemukan diberbagai tipe lingkungan, baik di perairan laut dan tawar (Setyaningsih *et al.*, 2011).

4 tahapan pada fase pertumbuhan *Spirulina* sp. yang terjadi selama pada hari ke-14 dan fase eksponensial terjadi pada hari ke-8 (Nurani *et al.*, 2012). Pertumbuhan *Spirulina* dalam kultur menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), dapat ditandai dengan bertambah besarnya ukuran sel atau bertambah banyaknya jumlah sel. Kurva pertumbuhan mikroalga disajikan pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Pola pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), fase–fase pertumbuhan dari mikroalga adalah :

1. Fase Persiapan Pertumbuhan atau Adaptasi

Pada fase ini medium diinokulasikan dengan organisme. Kondisi pada awal biasanya berbeda dengan lingkungan sebelumnya. Organisme sering tidak mudah beradaptasi dengan lingkungan baru dan mungkin menjadi tidak nyaman. Selama pada fase adaptasi atau fase lag ini, kultur alga menyesuaikan diri terhadap kondisi, laju pertumbuhan rendah dan akan meningkat dengan waktu kultivasi. Sel menjadi sensitif terhadap suhu atau perubahan lingkungan.

2. Fase Logaritmik atau Eksponensial

Fase ini diawali dengan pembelahan sel dan laju pertumbuhan tetap. Pada kondisi kultur yang optimum, laju pertumbuhan pada fase ini mencapai maksimal.

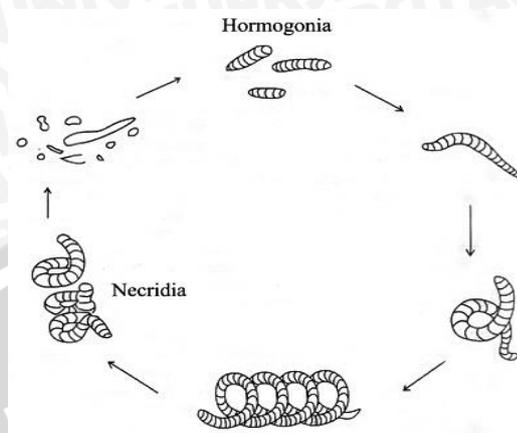
3. Fase Stationer

Pertumbuhan mengalami penurunan dibandingkan dengan fase eksponensial. Laju reproduksi sama dengan laju kematian. Sehingga penambahan dan pengurangan jumlah sel relatif sama atau seimbang sehingga kepadatan alga tersebut tetap.

4. Fase Kematian

Laju kematian lebih cepat daripada laju reproduksinya. Jumlah sel pun menurun. *Spirulina* sp. berkembang biak dengan cara membelah diri. Pembelahan diawali dengan memutus filamen menjadi satu–satuan sel yang akan membentuk filamen baru. Pemutusan filamen yang telah masak merupakan awal daur hidup fitoplankton ini. Pemutusan filamen ini akan membentuk semacam piringan yang terpisah–pisah. Hasil pembelahan tersebut akan berkoloni membentuk hormogonia yang dapat memisahkan diri dari filamen induk

menjadi filamen baru (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Siklus hidup *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Siklus hidup *Spirulina* sp. (sumber: Ciferri, 1983 dalam Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

2.3. Kandungan dan Manfaat *Spirulina* sp.

Spirulina sp. menjadi salah satu mikroalga yang sangat menjanjikan dikembangkan di Indonesia terkait dengan potensi mikroalga ini yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan sumber pewarna alami selain itu digunakan sebagai pakan alami. Colla *et al.*, (2004), menyatakan *Spirulina* sp. diolah dalam bentuk kapsul atau disajikan dalam bentuk makanan seperti aneka minuman dan pasta.

Menurut Venkataraman (1983) dalam Utomo *et al.*, (2005), *Spirulina* sp. mengandung bermacam-macam vitamin seperti vitamin B1, B3, B6, B12, pro vitamin A dan vitamin E. Menurut Hariyati (2008), Kandungan protein pada *Spirulina* sp. berkisar antara 63–68 %, karbohidrat 18–20 %, dan lemak 2–3 %, dari kandungan protein yang tinggi ini maka *Spirulina* sp. memiliki sumber protein yang potensial bagi makhluk hidup baik manusia ataupun hewan ternak. Pemberian *Spirulina* sp. sebagai pakan alami larva udang dan ikan dapat menekan besarnya kematian larva tersebut. Hal ini menjadikan *Spirulina* sp. merupakan salah satu aspek terpenting dalam pembenihan larva udang dan

ikan. Selain sebagai pakan alami Spirulina banyak digunakan sebagai imunostimulan, obat–obatan, kosmetik, dan pewarna alami (Borowitzka dan Borowitzka, 1988).

2.4. Pupuk

Pupuk adalah suatu bahan yang mengandung unsur hara organik ataupun anorganik yang ditambahkan ke dalam kolam untuk meningkatkan kesuburan perairan dengan mempercepat pertumbuhan plankton sebagai makanan alami, yang secara tidak langsung akan meningkatkan produksi ikan melalui pemupukan serta memperbaiki kesuburan tanah dan air dengan memberikan unsur atau zat hara ke dalam tanah yang secara tidak langsung dapat menyumbangkan bahan makanan pada alga (Subarijanti, 2000).

Fungsi pupuk adalah sebagai salah satu sumber zat hara buatan yang diperlukan untuk mengatasi kekurangan nutrisi terutama unsur–unsur nitrogen, fosfor, dan kalium. Sedangkan unsur sulfur, kalsium, magnesium, besi, tembaga, seng, dan boron merupakan unsur–unsur yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit (*mikronutrien*).

2.5. Pemupukan

Pemupukan adalah usaha pemberian pupuk yang bertujuan menambah persediaan unsur–unsur yang dibutuhkan oleh alga untuk pertumbuhannya. Menurut Subarijanti (2005), pemupukan selain bermaksud menambahkan unsur–unsur hara untuk pertumbuhan alga sebagai pakan alami juga bermaksud agar dicapai kondisi media yang baik untuk pertumbuhan pakan alami secara maksimal. Keberhasilan pemupukan ini tentu saja tergantung kepada tehnik pengelolaannya baik tanah kolam atau tambak maupun waktu dan dosis pupuk yang diberikan. Untuk itu penggunaan harus efektif dan efisien sehingga dapat berhasil guna dan berdaya guna.

2.6. Jenis Pupuk

Menurut Novizan (2005), pupuk dibagi dua yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik merupakan pupuk yang terbuat dari sisa-sisa makhluk hidup yang diolah melalui proses pembusukan oleh bakteri pengurai. Pupuk organik mempunyai komposisi kandungan unsur hara yang lengkap, tetapi jumlah tiap jenis unsur hara rendah.

Pupuk alam biasanya terbuat dari sisa-sisa tanaman, hewan dan manusia. Kompos juga merupakan pupuk alam (organik). Pupuk organik umumnya digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik tanah. Pada lingkungan perairan seperti kolam atau tambak, pupuk organik biasanya digunakan untuk memperbaiki struktur tanah, dengan demikian akan meningkatkan unsur hara dan daya serap tanah tersebut untuk menunjang pertumbuhan fitoplankton sebagai pakan alami (Kusno, 1989).

Menurut Umniyatie (1999), pupuk organik memiliki beberapa sifat antara lain: mampu memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah, meningkatkan daya serap tanah terhadap air, meningkatkan aktivitas mikroorganisme didalam tanah, sumber hara bagi tanah, ramah lingkungan, dan meningkatkan kuantitas dan kualitas tanaman.

Pupuk anorganik atau pupuk buatan (dari senyawa anorganik) adalah pupuk yang sengaja dibuat oleh manusia dalam pabrik dan mengandung unsur hara tertentu dalam kadar tinggi. Pupuk anorganik digunakan untuk mengatasi kekurangan mineral murni dari alam yang diperlukan tumbuhan untuk hidup secara wajar. Pupuk anorganik dapat menghasilkan bulir hijau yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis.

2.7. Pupuk Organik dari Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tumbuhan air terbesar yang hidup mengapung bebas (*floating plants*) yang ditemukan pertama kali pada air tergenang di Daerah Aliran Sungai Amazon di Brasil pada tahun 1824 oleh Karl von Martius (Dinges, 1982). Tumbuhan air, terutama eceng gondok dianggap sebagai pengganggu atau gulma air karena menimbulkan kerugian. Pada suatu bendungan (waduk) gulma air akan menimbulkan dampak negatif berupa gangguan terhadap pemanfaatan perairan secara optimal yaitu mempercepat pendangkalan, menyumbat saluran irigasi, memperbesar kehilangan air melalui proses evapotranspirasi, mempersulit transportasi perairan, menurunkan hasil perikanan (Sittadewi, 2007).

Potensi eceng gondok sebagai sumber bahan organik alternatif dapat dilihat dari beberapa studi terdahulu terutama untuk mengetahui produksinya. Dilaporkan bahwa produksi biomassa eceng gondok di Rawa Pening dapat mencapai 20–30,5 kg/m² atau 200–300 ton/ha. National Academy of Science (1977), juga melaporkan bahwa biomassa eceng gondok di Bangladesh dapat mencapai lebih dari 300 ton per hektar per tahun. Dari data tersebut, eceng gondok merupakan bahan organik yang potensial untuk dikembangkan antara lain untuk pupuk organik dan media tumbuh. Selain itu eceng gondok telah banyak dimanfaatkan untuk bahan anyaman perabotan rumah (meja, kursi), tas, sandal dan lain sebagainya.

Pengolahan eceng gondok melalui teknologi pengomposan (dekomposisi) menghasilkan produk berupa bahan organik yang lebih halus dan telah terdekomposisi sempurna. Proses pengomposan itu sendiri merupakan proses hayati yang melibatkan aktivitas mikroorganisme antara lain bakteri, fungi dan protozoa. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan eceng gondok sebagai sumber bahan organik mampu memperbaiki struktur fisik tanah,

meningkatkan ketersediaan unsur hara, pertumbuhan vegetatif dan produksi jagung manis (Sittadewi, 2007).

Bahan organik eceng gondok, melalui teknologi pengomposan dapat menghasilkan media tumbuh dengan kandungan hara yang tersedia bagi tanaman sehingga mudah diserap untuk pertumbuhan. Pengomposan eceng gondok dilakukan dengan menggunakan teknologi EM4 (Effective Microorganism 4). Keunggulan penggunaan teknologi EM4 adalah pupuk organik (kompos) dapat dihasilkan dalam waktu yang relatif singkat dibandingkan dengan cara konvensional. Selain itu pengomposan dengan menggunakan EM4 dapat meningkatkan kandungan N, karena didalam EM4 banyak mengandung bakteri salah satunya bakteri fotosintetik yang merupakan bakteri bebas yang dapat mensintesis senyawa nitrogen dan gula (Indriani, 2003).

Teknologi EM4 adalah teknologi budidaya pertanian untuk meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanah dan tanaman dengan menggunakan mikroba yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. EM4 mengandung mikroba-mikroba antara lain *Lactobacillus*, ragi, bakteri fotosintetik, *Actinomyces* dan jamur pengurai selulosa, untuk memfermentasi bahan organik tanah menjadi senyawa yang mudah diserap oleh tanaman (Umniyatie, 1999).

Dalam industri pupuk alternatif, eceng gondok juga dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan pupuk yang harganya relatif lebih murah dan ramah lingkungan. Memanfaatkan eceng gondok sebagai pupuk organik, karena mengandung unsur hara makro yaitu nitrat, fosfat dan kalium yang cukup tinggi. Penggunaan eceng gondok sebagai pupuk organik diharapkan mampu mengurangi pencemaran lingkungan perairan. Dari hasil uji laboratorium eceng gondok yang dijadikan sebagai pupuk padat dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Analisa Kandungan Uji N,P,K pada Pupuk Organik dari Eceng Gondok

Uji	Kandungan
NO ₃ (nitrat)	1,2 %
PO ₄ (fosfat)	0,74 %
K (kalium)	0,68 %
N	2,43

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Bahan organik yang telah dikomposkan dengan baik, bukan saja akan memperkaya bahan tetapi dapat berperan besar terhadap perbaikan sifat-sifat tanah. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, ternyata bahan organik yang telah dikomposkan memiliki kandungan hara tanaman yang lebih tinggi daripada bahan kering biasa (Subarijanti, 2005).

2.8. Kualitas Air

Pada saat melakukan kultur fitoplankton, harus memperhatikan kualitas perairan agar pertumbuhan fitoplankton tidak terhambat. Beberapa parameter yang harus diperhatikan antara lain suhu, salinitas, pH, dan DO (Idris, 2012). Selain itu harus adanya nutrisi yang tersedia dalam jumlah yang cukup juga dapat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton.

2.8.1. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi tingkat metabolisme suatu organisme. Suhu juga dapat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Menurut Kordi dan Tancung (2007), suhu merupakan parameter fisika yang mempengaruhi aktivitas metabolisme

organisme. Suhu juga sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air serta berpengaruh terhadap laju fotosintesis tumbuhan.

Kenaikan suhu dapat menyebabkan proses metabolisme menjadi meningkat dan jumlah konsumsi oksigen akan semakin cepat. Pada kondisi seperti ini organisme akuatik seringkali tidak mampu memenuhi kadar oksigen terlarut untuk keperluan proses metabolisme dan respirasi (Effendi, 2003).

2.8.2. Salinitas

Menurut Boyd (1982), salinitas adalah kadar seluruh ion-ion yang terlarut dalam air. Komposisi ion-ion pada air laut dapat dikatakan mantap dan didominasi oleh ion-ion tertentu seperti klorida, karbonat, bikarbonat, sulfat, natrium, kalsium, dan magnesium. Salinitas air dapat berpengaruh terhadap tekanan osmotik suatu perairan. Semakin tinggi tekanan osmotiknya maka salinitas suatu perairan akan semakin tinggi pula (Kordi dan Tancung, 2007).

Menurut Yulianto (1989), menyatakan jika perubahan salinitas secara signifikan disuatu perairan akan membahayakan bagi pertumbuhan organisme. Hal tersebut disebabkan karena proses osmosis didalam sel sehingga tubuhnya akan kekurangan atau kelebihan cairan. Ketidak seimbangan antara kadar larutan dalam sel (lebih pekat) dengan media lingkungannya menyebabkan cairan sel menjadi hiperosmosis, akibatnya sel membengkak dan pecah atau lisis.

2.8.3. Oksigen Terlarut (DO)

DO (*Dissolved Oxygen*) adalah oksigen yang terlarut di dalam suatu perairan. Sumber oksigen dapat berasal dari proses fotosintesis oleh organisme berklorofil dan difusi oksigen dari udara. Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem air, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi bagi sebagian besar organisme air (Barus, 2002).

Sumber oksigen di dalam air berasal dari udara yang masuk kedalam air secara difusi, hasil fotosintesis alga dan karena adanya gerakan air. Oleh karena itu kandungan oksigen terlarut dalam air tinggi pada siang hari dan rendah pada malam hari. Adapun faktor yang sangat mempengaruhi kadar oksigen yang terdapat di dalam suatu perairan adalah suhu dan salinitas (Subarijanti, 2005).

Diperairan kadar oksigen terlarut berbeda-beda tergantung jenis perairannya. Di perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/l pada suhu 0 °C dan 8 mg/l pada suhu 25 °C, sedangkan di perairan laut berkisar antara 11 mg/l pada suhu 0 °C dan 7 mg/l pada suhu 25 °C. Kadar oksigen terlarut pada perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/l. Sumber oksigen terlarut berasal dari difusi oksigen yang terdapat dari atmosfer (35 %) dan aktifitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Difusi oksigen dari atmosfer ke dalam air dapat terjadi secara langsung pada kondisi air diam (*stagnant*) (Effendi, 2003).

2.8.4. Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH adalah nilai dari hasil pengukuran ion hidrogen (H) di dalam air. Air yang memiliki kandungan ion H⁺ tinggi bersifat asam sedangkan sebaliknya bersifat basa (alkali). Nilai pH yang tinggi terjadi di perairan dengan kandungan fitoplankton yang tinggi, karena proses fotosintesis membutuhkan CO₂. pH akan mencapai 9 sampai 10, bahkan bisa lebih tinggi jika bikarbonat diserap dari air (Svobodova *et al.*, 1993). pH dipengaruhi oleh aktivitas respirasi dan fotosintesis, karena respirasi akan menurunkan pH, dan sebaliknya fotosintesis akan menaikkan pH (Malone dan Burden, 1988).

2.8.5. Nitrat

Menurut Bahri (2006), nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Peningkatan kadar nitrat di

perairan disebabkan oleh limbah domestik atau pertanian (pemupukan) yang umumnya banyak mengandung nitrat. Menurut Effendi (2003), senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Oksidasi amoniak menjadi NO_2 dilakukan oleh bakteri Nitrosomonas, sedangkan oksidasi NO_2 menjadi NO_3 dilakukan oleh bakteri Nitrobakter. Kedua jenis bakteri tersebut merupakan bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi. NO_3 yang merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan.

Bentuk nitrogen didalam perairan berdasarkan urutan peningkatan kandungannya dalam perairan adalah NO_2^- , NH_3 , NO_3^- , dan NH_4^+ . Nitrat (NO_3^-) merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat-nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil dihasilkan dari oksidasi sempurna senyawa nitrogen di suatu perairan (Wiadnya, 1997).

2.8.6. Ortofosfat

Di perairan unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (orthofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Orthofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis membentuk orthofosfat terlebih dahulu, sebelum dapat dimanfaatkan sebagai sumber fosfor. Perubahan ini tergantung pada suhu. Pada suhu yang mendekati titik didih, perubahan polifosfat menjadi orthofosfat berlangsung cepat. Kecepatan ini meningkat dengan menurunnya pH. Perubahan polifosfat menjadi orthofosfat pada air limbah yang mengandung bakteri berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan perubahan yang terjadi pada air bersih (Effendi, 2003).

Unsur fosfat merupakan nutrisi yang penting bagi segala bentuk kehidupan. Dalam perairan terutama air kolam, umumnya fosfat terdapat dalam jumlah yang

kecil yaitu 0,5–0,10 ppm serta mempunyai mobilitas sangat kecil. Kebutuhan fosfat oleh algae hanya dalam jumlah tertentu tergantung dari jenisnya dan apabila sampai berlebihan akan mempengaruhi kesuburan perairan. Ketersediaan unsur P di perairan sangat ditentukan oleh faktor lingkungan antara lain pH, alkalinitas, kandungan bahan organik, dan kandungan unsur lain (Ca, Fe, Al). Penambahan unsur P ke dalam perairan sangat menentukan struktur komunitas dan perubahan tingkat kesuburan suatu perairan (Pristantiningrum, 2004).

2.9. Cahaya

Cahaya merupakan sumber energi untuk proses fotosintesis, oleh karena itu intensitas cahaya, kualitas dan periode penyinaran perlu diperhatikan. Intensitas cahaya berperan sangat penting, keutuhannya sangat besar tergantung kedalaman budidaya dan kepadatan budidaya algae. Cahaya dapat berasal dari alam atau dari lampu. Intensitas cahaya terlalu tinggi dapat menghambat proses fotosintesis, oleh karena itu hal tersebut harus dihindari (Ekawati, 2005).

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan algae pada umumnya meliputi intensitas, kualitas dan periodisitas. Intensitas menggambarkan banyaknya jumlah cahaya yang diterima. Kualitas menggambarkan jenis cahaya., umumnya adalah cahaya dengan panjang gelombang antara 400–700 nm. Sedangkan periodisitas menggambarkan lamanya cahaya yang mengenai sel algae. Pengaruh ketiganya sangat besar sekali bagi kelangsungan proses fotosintesis yang hasilnya digunakan untuk pertumbuhan dan kehidupan algae (Wahyudi, 1999). Cahaya yang optimal ntuk pertumbuhan algae adalah 1.500–3.000 lux (Utomo *et al.*, 2005).

2.10. Aerasi

Menurut Abuzar *et al.*, (2012), aerasi merupakan istilah lain dari transfer gas, khususnya pada transfer gas oksigen ke dalam air. Adanya penambahan oksigen ke dalam air dapat membantu menguraikan limbah yang terdapat di dalam air tersebut, termasuk limbah bahan organik yang diuraikan menjadi bahan anorganik yang akan dimanfaatkan oleh alga untuk proses pertumbuhannya.

Menurut Ekawati (2005), pengadukan diperlukan untuk membantu agar tidak terjadi pengedapan alga dan memastikan bahwa semua sel alga memperoleh cahaya dan nutrisi yang sama. Karbon udara untuk proses fotosintesis yang diperlukan dalam bentuk karbondioksida. Dalam budidaya dengan kepadatan tinggi CO₂ dari udara (mengandung 0,03 % CO₂) merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan alga, maka perlu dibantu dengan adanya aerasi, selain untuk suplai oksigen juga untuk menjaga kestabilan pH. Aerasi dilakukan secara terus menerus agar alga dapat tumbuh dengan maksimal.

3. MATERI DAN METODE

3.1. Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik dari eceng gondok dengan dosis yang berbeda terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp.

3.1.1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : toples ukuran 5 liter, aerator, batu aerasi, selang aerator, pipet tetes, objek glass, cover glass, mikroskop, pH meter, refraktometer dan lain-lain. Dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : air laut, bibit *Spirulina* sp. dari Situbondo, aquades, pupuk organik dari eceng gondok, larutan klorin, natrium triosulfat dan lain-lain. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan. Menurut Hanafiah (2010), percobaan adalah suatu rangkaian tindakan coba-coba "trial" yang dirancang untuk menguji "validity" dari hipotesis yang diajukan. Percobaan merupakan suatu alat penelitian yang digunakan untuk menyelidiki sesuatu yang belum diketahui atau untuk menguji suatu teori atau hipotesis. Metode eksperimen dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pemberian pupuk organik dari eceng gondok dengan dosis yang berbeda berpengaruh terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp.

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengambil dua macam sumber data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang

diambil terdiri dari kelimpahan *Spirulina* sp. serta parameter kualitas air yang meliputi suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), nitrat, dan orthofospat.

3.3. Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang. Penelitian ini menggunakan 3 kali pengulangan dengan 5 perlakuan, adapun dosis yang digunakan dalam setiap perlakuan sebagai berikut : 0 ppm (0 mg/5l), 0,5 ppm (208 mg/5l), 1 ppm (417 mg/5l), 1,5 ppm (625 mg/5l) dan 2 ppm (833 mg/5l). Menurut Hanafiah (2010), RAL adalah suatu rancangan yang cocok digunakan untuk kondisi lingkungan, alat, bahan dan media yang homogen. Kondisi ini hanya dapat dicapai di ruang-ruang terkontrol seperti di laboratorium dan rumah kaca.

Komposisi dari pupuk organik yang berasal dari proses pengoposan eceng gondok adalah sebagai berikut: kandungan nitrat (NO_3) sebesar 1,2 %. Dilihat dari jumlah komposisi yang terkandung didalam

pupuk organik tersebut, maka dijadikan dasar dalam menentukan dosis pada penelitian ini. Menurut Andersen (2005) dalam Widianingsih *et al.*, (2008), kisaran nitrat (NO_3) yang optimal untuk menunjang pertumbuhan *Spirulina* sp. adalah 0,9–3,5 mg/l. Perhitungan dosis yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 2.

Penelitian ini menggunakan RAL (rancangan acak lengkap) Tersarang. Rancangan Tersarang adalah suatu eksperimen dengan sifat bahwa taraf faktor yang satu tersarang dalam faktor lain, sehingga tidak akan ada interaksi antara dua faktor. Rancangan Acak Lengkap Pola Tersarang adalah rancangan percobaan dengan materi homogen atau tanpa peubah pengganggu, terdiri dari dua peubah bebas atau faktor dalam klasifikasi tersarang yaitu Faktor A terdiri dari a taraf dan Faktor B terdiri dari b taraf yang tersarang (tergantung) dari pada Ai. Rancangan ini seolah-olah terdiri dari dua atau lebih Rancangan Acak

Lengkap yang responsnya sama kemudian digabung menjadi satu model percobaan. Sastrosupadi (2000), menyatakan bahwa rancangan yang mirip dengan faktorial yaitu rancangan tersarang. Dalam percobaan yang perlakuannya merupakan kombinasi dua faktor atau lebih, misalnya faktor A dan B, adakalanya taraf atau tingkat dari faktor B mirip tetapi tidak identik (sama). Kombinasi perlakuan atau susunan perlakuan dalam keadaan ini mirip faktorial, tetapi bukan faktorial. Susunan perlakuan yang seperti itu dinamakan taraf faktor B tersarang pada taraf faktor A. Penelitian yang dilakukan yaitu dengan 3 kali ulangan dalam 5 kali perlakuan untuk mengetahui tingkat kevalitan data yang diambil. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Anova Rancangan Penelitian RAL Tersarang

Dosis	Ulangan	Pengamatan hari ke-							Total
		1	2	3	4	5	→	14	
K	1	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	K ₁₅	-	K ₁₄	K ₁
	2	K ₂₁	K ₂₂	K ₂₃	K ₂₄	K ₂₅	-	K ₂₁₄	K ₂
	3	K ₃₁	K ₃₂	K ₃₃	K ₃₄	K ₃₅	-	K ₃₁₄	K ₃
Jumlah		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	-	K ₁₄	K...
-									
-									
-									
D	1	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	-	D ₁₁₄	D ₁
	2	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	D ₂₄	D ₂₅	-	D ₂₁₄	D ₂
	3	D ₃₁	D ₃₂	D ₃₃	D ₃₄	D ₃₅	-	D ₃₁₄	D ₃
Jumlah		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	-	D ₁₄	D...

Keterangan :

K₁₁= nilai pengamatan hari ke-1 yang bersarang dalam kontrol pada ulangan Ke-1

D₃₁₄= nilai pengamatan hari ke-14 yang bersarang dalam pupuk organik dari eceng gondok pada ulangan ke-3.

Adapun tata letak penelitian dapat di lihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Denah Rancangan Percobaan Acak Lengkap Tersarang

K1	A2	B1	D3	K3
C1	D1	A1	B2	D2
A3	C2	K2	C3	B3

Keterangan :

K adalah tanpa pemberian pupuk organik dari eceng gondok

A adalah perlakuan dengan dosis pupuk organik dari eceng gondok 0,5 mg/l

B adalah perlakuan dengan dosis pupuk organik dari eceng gondok 1 mg/l
C adalah perlakuan dengan dosis pupuk organik dari eceng gondok 1,5 mg/l
D adalah perlakuan dengan dosis pupuk organik dari eceng gondok 2 mg/l
1, 2, dan 3 adalah ulangan.

3.4. Prosedur Penelitian

Pengamatan dilakukan selama 14 hari dengan pengamatan setiap hari. Adapun parameter yang diamati yaitu fisika meliputi suhu dan salinitas, parameter kimia meliputi pH, DO, nitrat, dan ortofosfat, parameter biologi yang diamati adalah pertumbuhan *Spirulina* sp.

3.4.1. Sterilisasi Alat dan Media

a. Sterilisasi Alat

Langkah–langkah yang dilakukan pada sterilisasi alat menurut Putri (2011), Mensterilisasikan alat dan bahan dengan cara dibungkus koran kemudian diikat dengan benang, kemudian menuangkan air secukupnya ke dalam *autoclave*, kemudian alat yang telah dibungkus dimasukkan ke dalam *autoclave* dan ditutup rapat dengan mengencangkan baut secara silang. Selanjutnya memanaskan kompor, setelah beberapa saat manometer akan menunjukkan angka 1 atm, jika terjadi kelebihan tekanan buka kran udara hingga manometer menunjukkan angka 1 atm kembali, keadaan tekanan uap jenuh dapat terjadi berulang kali sampai suhu 121 °C dan manometer menunjukkan 1 atm, keadaan ini dipertahankan ± 15 menit, kemudian kompor dimatikan dan ditunggu beberapa saat sampai termometer dan manometer menunjukkan angka 0 (nol), kemudian buka kran uap lalu buka penutup *autoclave* dengan cara zig zag, dan yang terakhir alat dan bahan yang sudah disterilkan diambil dan disimpan.

b. Sterilisasi Air sebagai Media Kultur

Langkah–langkah yang dilakukan pada sterilisasi air laut sebagai media kultur antara lain (Putri, 2011) :

1. Menuangkan air laut ke dalam panci

2. Meletakkan panci berisi air laut ke atas kompor
3. Merebus air laut sampai mendidih
4. Menyaring dengan menggunakan plankton net yang sudah disterilisasi agar tidak ada kotoran pada media kultur
5. Menyimpan air laut yang sudah steril untuk pengkulturan.

3.4.2. Persiapan Penelitian

a. Persiapan Wadah dan Peralatan Penunjang Lainnya

Menyiapkan 15 toples dengan volume 10 liter dan peralatan penunjang lainnya yang sudah disterilisasi.

b. Persiapan Media *Spirulina* sp.

1. Menyiapkan 15 toples dengan volume 10 liter yang telah disterilkan
2. Menyiapkan media untuk kultur *Spirulina* sp. menggunakan 5 liter air laut dengan Salinitas 30 ppt.
3. Memasukkan pupuk organik dari eceng gondok sesuai perlakuan dan diaerasi sampai tercampur rata.
4. Memasukkan bibit *Spirulina* sp. dengan kepadatan 2×10^4 ind/ml (Abdulgani *et al.*, 2007).

c. Persiapan Bibit *Spirulina* sp.

Bibit *Spirulina* sp. yang diambil dari stok dihitung kepadatannya sebelum ditebar dengan rumus, menurut Kurniasih (2001) :

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan : V_1 = Volume stok awal

N_1 = Kepadatan awal

V_2 = Volume kultur yang dikehendaki

N_2 = Kepadatan kultur yang dikehendaki

d. Persiapan pembuatan pupuk organik dari eceng gondok

1. Mencacah eceng gondok dengan menggunakan mesin pencacah sampai mencapai ukuran kurang lebih 2 cm. Kemudian diangin-anginkan sampai kelembaban dari eceng gondok menurun. Tumbuhan eceng gondok didapatkan dari Ngantang.
2. Mempersiapkan EM4. EM4 yang akan digunakan yaitu 2 tutup botol per 10 kg eceng gondok yang akan digunakan. Ditambahkan gula pasir 2 sendok makan yang berfungsi sebagai bahan makanan utama mikroorganisme, kemudian ditambahkan air secukupnya. selanjutnya larutan EM4 dicampurkan dengan eceng gondok yang sudah digiling secara rata, agar terjadi pengaktifan mikroorganisme secara merata.
3. Mempersiapkan kotak yang berasal dari beton untuk tempat pengomposan, dan ditutup dengan plastik hitam yang bertujuan agar proses pengomposan mendapat hasil yang maksimal karena bakteri yang ada pada EM4 adalah bakteri anaerob.
4. Menyiapkan bahan yang akan didekomposisikan kurang lebih selama 50 hari. Kemudian dilakukan pembalikan setiap seminggu sekali. Pengamatan warna dan tekstur kompos berakhir bila warna telah hitam dan berubah tekstur menjadi kecil.

e. Prosedur penggunaan pupuk organik dari eceng gondok pada media kultur.

1. Menaruh pupuk organik dari eceng gondok pada aluminium foil kemudian di oven dengan suhu 70 °C kurang lebih 5 jam.
2. Kemudian pupuk tersebut di blender sampai benar-benar lembut dan ditimbang untuk masing-masing perlakuan.

3.4.3. Prosedur Analisis uji NO₃, PO₄, K, dan N total

a. Analisis Uji NO₃ Pada Pupuk Organik dan Air Sampel Penelitian

Adapun prosedur Analisis uji NO_3 di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya yaitu:

1. Mengambil contoh air 5 ml dan memasukkan ke dalam gelas piala 50 ml. Kemudian menguapkan dengan pemanas air sampai kering.
2. Menambahkan 2 ml larutan phenol sulfat dan aduk dengan pengaduk gelas.
3. Memasukkan ke dalam labu ukur 50 ml, ditambahkan 7 ml amoniak pekat sehingga timbul warna kuning dalam larutan, menambahkan aquades sampai tanda batas, dan kemudian baca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm.

b. Analisis Uji PO_4 Pada Pupuk Organik dan Air Sampel Penelitian

Adapun prosedur Analisis uji PO_4 di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya yaitu:

1. Memasukkan 10 ml contoh air ke dalam tabung reaksi.
2. Menambahkan 2 ml reagen campuran, kocok dan biarkan selama 5 menit.
3. Membaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 816,5 nm dan mencatat absorbansinya.

c. Analisis Uji K (Kalium) Pada Pupuk Organik

Adapun prosedur Analisis uji K (Kalium) di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya yaitu:

1. Menimbang contoh ± 2 gr, memasukkan ke dalam cawan porselen.
2. Memasukkan ke dalam tanur dan panaskan pada suhu $\pm 700^\circ\text{C} \pm 2$ jam sampai menjadi abu.
3. Menunggu hingga dingin, kemudian menambahkan 5 ml larutan aquaregia (3HCl ; 1HNO_3) dan panaskan di atas kompor listrik.

4. Menambahkan larutan HNO_3 encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, panaskan di atas kompor listrik perlahan–lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
5. Menyaring ke dalam labu 100 ml dan menambahkan aquades sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
6. Membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan mencatat absorbansinya.

d. Analisis Uji N total Pada Pupuk Organik

Adapun prosedur Analisis uji N total di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya yaitu:

1. Menimbang contoh ± 1 gr, memasukkan ke dalam labu Kjeldhal ± 1 gr garam campuran (tablet Kjeldhal) + H_2SO_4 pekat 8 cc + 2 butir batu didih, kemudian didestruksi sampai terbentuk warna hijau jernih.
2. Menunggu hingga dingin dan menetralkan dengan NaOH 30% sampai netral (terbentuk endapan atau agak basah).
3. Menyaring dan memasukkan ke dalam labu ukur 250 cc, menambahkan aquades sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
4. Mengambil 25 cc larutan, memasukkan ke dalam labu ukur 50 cc + 2 cc larutan Ka Na–Tartrat + 2 cc larutan Nesler, menambahkan aquades sampai tanda batas, kemudian dikocok dan dibaca dengan spektrofotometer. Selanjutnya dicatat absorbansinya.

3.4.4. Pelaksanaan Penelitian

1. Meletakkan secara acak masing–masing toples sesuai perlakuan
2. Memasukkan media air laut dengan volum 5 liter ke setiap toples
3. Menambahkan eceng gondok sebagai pupuk ke setiap toples

4. Proses selanjutnya diberi aerasi untuk membantu menambahkan kandungan oksigen dalam air yang diperlukan oleh fitoplankton untuk proses metabolisme dan mencegah pengendapan fitoplankton.

5. Melakukan penebaran bibit *Spirulina* sp. dengan kepadatan 2×10^4 ind/ml yaitu :

$$\begin{aligned} N_1 \times V_1 &= N_2 \times V_2 \\ V_1 &= \frac{2 \times 10^4 \times 5000 \text{ ml}}{2 \times 10^5} \\ &= 500 \text{ ml} \end{aligned}$$

6. Menempatkan toples yang berisi kultur *Spirulina* sp. pada tempat yang terkena cahaya matahari langsung sebagai sumber energi untuk fotosintesis.
7. Mengamati pertumbuhan *Spirulina* sp. setiap setiap hari yang dimulai hari pertama penebaran dengan menggunakan mikroskop.
8. Mengamati parameter kualitas air seperti suhu, salinitas, pH, DO, nitrat, dan orthofosfat.

3.5. Pengukuran dan Analisis Parameter Kualitas Air

3.5.1. Suhu

Menurut Hariyadi *et al.*, (1992), pengukuran suhu dengan menggunakan alat yaitu thermometer Hg. Pengukuran suhu dilakukan dengan cara:

1. Mencelupkan thermometer Hg ke dalam perairan.
2. Membiarkan selama 3 menit.
3. Membaca skala pada thermometer ketika masih di dalam air.
4. Mencatat hasil pengukuran dalam skala °C.

3.5.2. Salinitas

Menurut Effendi (2003), langkah–langkah untuk mengukur kadar karbondioksida terlarut adalah sebagai berikut :

- Mengkalibrasi terlebih dahulu Refraktometer.
- Mengambil air sampel dengan pipet tetes
- Meneteskan pada optik refraktometer sebanyak 1 tetes
- Melihat nilai salinitasnya yang tertera pada skala refraktometer dengan menghadap cahaya.
- Mencatat hasil salinitasnya.

3.5.3. Derajat Keasaman (pH).

Prosedur pengukuran pH dengan menggunakan pH pen, menurut Standart Nasional Indonesia (2004) yaitu :

- Mengkalibrasi pH pen sebelum digunakan dengan aquades.
- Masukkan pH pen ke dalam air sampel.
- Membaca nilai pH pada layar pH pen.
- Mencatat nilai pH

3.5.4. Oksigen Terlarut (DO)

Prosedur pengukuran oksigen terlarut dengan menggunakan DO meter menurut Standart Nasional Indonesia (2004) yaitu :

1. Mengkalibrasi DO meter terlebih dahulu dengan aquades.
2. Mengambil contoh air menggunakan wadah lalu masukkan DO meter sampai batas yang telah ditentukan.
3. Membiarkan beberapa saat kemudian angkat dan mencatat nilainya.

3.6. Prosedur Perhitungan Kepadatan *Spirulina* sp.

Perhitungan kepadatan *Spirulina* sp. dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan *Spirulina* sp. selama pelaksanaan penelitian, yaitu 14 hari dengan

pengamatan setiap hari. Perhitungan kepadatan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler, dengan menggunakan *objek glass* dan *cover glass* sebagai alat bantu untuk menaruh sampel agar bisa diamati dibawah mikroskop.

Kepadatan sel dihitung untuk mengetahui pertumbuhan sel dari hari pertama hingga panen. Sel Spirulina dihitung dengan 1 sinusoid (1 lembah dan 1 gunung) (Suryati, 2002). Berdasarkan penelitian Saadoun *et al.*, (2008) sel mikroalga dihitung dengan menggunakan Lackey Drop (APHA,1988) yaitu dengan rumus :

$$\text{sel/ml} = \frac{C \times A_t}{A_s \times S \times V}$$

Keterangan : C : jumlah sel yang terhitung

A_t : luar *cover glass* (22mm x 22mm= 484mm²)

A_s : luas area 1 bidang pandang (2,405mm²)

S : Jumlah bidang pandang yang dihitung

V : Volume sampel yang ada dibawah *cover glass* (0,1ml)

3.7. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang dengan 3 kali pengulangan pada setiap perlakuan. Semua Analisis data penelitian dilakukan dengan menggunakan cara statistik dengan Analisis keragaman (ANOVA). Jika dari Analisis keragaman (sidik ragam) diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) atau sangat berbeda nyata (*highly significant*), maka untuk membandingkan nilai dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT), untuk mengetahui perlakuan yang mana yang berbeda. Model statistik untuk percobaan adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + T_j(i) + \epsilon_k(ij)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, b \quad \text{dan} \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dimana :

Yijk : Pengamatan Faktor A taraf ke-i , Faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

μ : Rataan Umum

Ai : Pengaruh Faktor A pada taraf ke-i

Bj(i) : Pengaruh Faktor B pada taraf ke-j pada Ai

ϵ_{ijk} :Pengaruh galat Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan Ulangan ke-k

Berikut tabel analisis ragam untuk Rancangan Tersarang dengan perlakuan dasar Acak Lengkap. Dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. ANOVA Sidik Ragam Rancangan Acak Lengkap Tersarang

SK	Db	JK	KT	Fhitung
Perlakuan	a-1	$\sum_{i=1}^a \frac{y_i^2 \dots - Y_{ijk}^2}{bn}$	JKp/Dbp	KTp/KTg
Waktu dalam perlakuan	(b-1)			
-				
Waktu dalam perlakuan	(b-1)			
Waktu dalam perlakuan	a(b-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b-1} \frac{y_{ij}^2 \dots - y_i^2 \dots}{bn}$	JKw(p)/DbW(p)	KTw(p)/JKg
Galat	ab(n-1)	JKT-JKP-JKW(p)	JKg/Dbg	
Total	abn-1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b-1} \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{Y_{ijk}^2}{abn}$		

Jika dari tabel sidik ragam didapatkan hasil perlakuan yaitu bila F hitung < F tabel 5 % tidak ada perbedaan nyata = *non-significant different* H0 diterima pada taraf uji 5 %. Bila F hitung > F tabel 5 % ada perbedaan nyata = *significant different*, H1 diterima pada taraf uji 5 %. Bila F hitung > F tabel 1 % ada perbedaan sangat nyata = *highly signification different*. H1 diterima pada taraf uji 1 %. Selanjutnya dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT).

$$SED = \sqrt{\frac{2KTG}{bn}}$$

BNT 5 % = t tabel 5 % DBG x SED

BNT 1 % = t tabel 1 % DBG x SED



Kesimpulan :

- Jika selisih \leq BNT 5% maka *non signifikan* atau tidak berbeda nyata
- Jika BNT 5% < selisih < BNT 1% maka berbeda nyata
- Jika selisih \geq BNT 1% maka berbeda sangat nyata



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Parameter Kualitas Air

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton selama kultur adalah kualitas air. Parameter kualitas air yang diukur sebagai faktor pendukung selama penelitian antara lain adalah : suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), nitrat, dan orthofosfat. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.

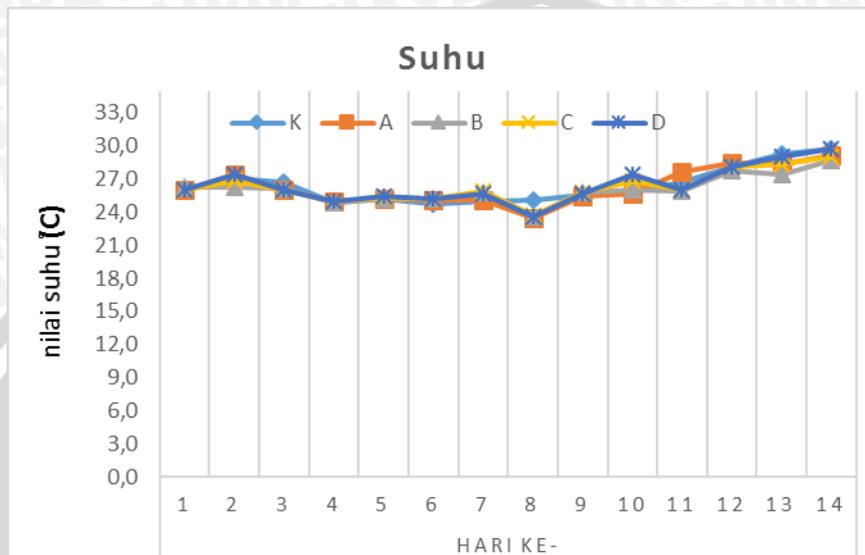
Tabel 5. Hasil Pengukuran Kualitas Air dengan Perbandingan Literatur

Kualitas Air	Hasil Kultur	Literatur
Suhu (°C)	23,5–29,7	20–30 (Hariyati,2008)
Salinitas (ppt)	33–35	0–35 (Isnansetyo dan Kurniastuti, 1995)
DO (mg/l)	6,4 –7,3	4–10 (Kordi dan Tanjung, 2007)
pH	8,8–9,7	7–11 (Riesya dan Nurhidayati, 2013)
Nitrat (mg/l)	0,58–1,87	0,9–3,5 (Widianingsih, 2008)
fosfat (mg/l)	0,33–1,17	0,05–0,20 (Subarijanti, 2000)

4.1.1. Suhu

Pengukuran suhu selama penelitian berkisar antara 23,5–29,7 °C, perubahan suhu pada saat penelitian masih dalam batas toleransi, dimana *Spirulina* sp. masih dapat hidup. Kisaran suhu yang optimum untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. 20–30 °C (Hariyati, 2008). Menurut Odum (1973), walaupun suhu bervariasi di dalam air tidak sebesar di udara, suhu merupakan salah satu faktor pembatas karena organisme akuatik sering kali mempunyai toleransi yang sempit sehingga dapat mempengaruhi kehidupan akuatik. Kondisi dibawah atau diatas suhu optimal akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan organisme, Bahkan pada suhu yang ekstrim, organisme mungkin akan mengalami kematian (Wahyudi, 1999). Effendi (2003), berpendapat bahwa

peningkatan suhu disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut sehingga keberadaan oksigen sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi. Hasil rata-rata suhu dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



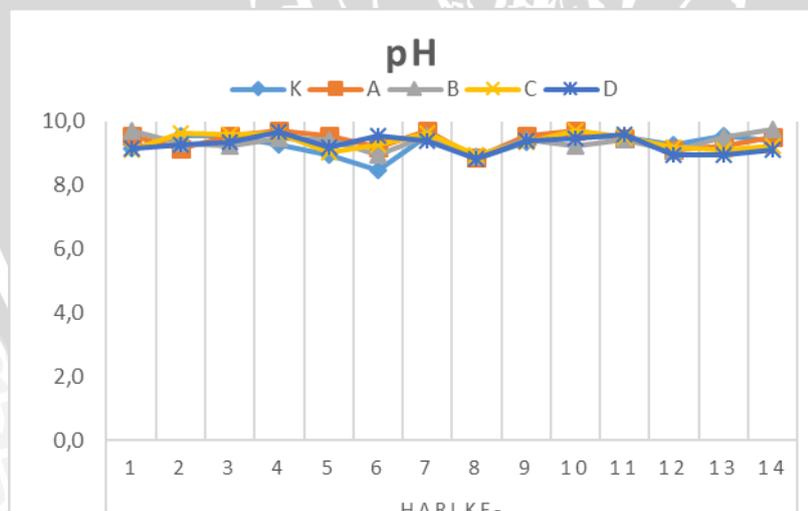
Gambar 4. Grafik Rata-rata Suhu selama Penelitian

Pengamatan suhu pada tiap perlakuan selama penelitian tergolong tinggi tetapi masih dalam batas toleransi untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. Menurut Zumarah (2012), *Spirulina* sp. dapat tumbuh pada suhu yang relatif tinggi, seperti di Selonesia yang memiliki suhu relatif tinggi karena memiliki iklim tropis. Rata-rata suhu terendah didapat pada perlakuan A (208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l) dan D (833 mg/5l) pada hari ke-8 sebesar 23,5–23,7 °C sedangkan pada perlakuan K (0 mg/5l) didapat suhu sebesar 25,1 °C. Penurunan suhu diakibatkan karena pada hari ke-8 kelimpahan dari *Spirulina* sp. mengalami kenaikan sehingga oksigen terlarut dalam media juga tinggi yang mengakibatkan suhu pada media tumbuh mengalami penurunan. Menurut Sastrawijaya (2010), kelarutan berbagai jenis gas di dalam air serta semua aktivitas biologis dan fisiologis di dalam ekosistem sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelarutan oksigen di dalam air, apabila suhu air

naik maka kelarutan oksigen di dalam air menurun dan sebaliknya jika suhu dalam suatu ekosistem mengalami penurunan maka kandungan oksigen terlarut tinggi. Suhu tertinggi didapat pada perlakuan K (0 mg/5l), D (833 mg/5l), A (208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l) berkisar antara 29–29,7 °C pada hari ke-14, hal ini karena pada pengamatan hari ke-14 kelimpahan *Spirulina sp.* mengalami penurunan jumlah kelimpahan sehingga oksigen terlarut rendah yang diikuti dengan meningkatnya suhu. Menurut Haslam (1995) dalam Effendi (2003), suhu yang tinggi dapat mempengaruhi populasi dari suatu organisme termasuk plankton. Cyanophyta lebih dapat bertoleransi terhadap kisaran suhu yang tinggi dibandingkan dengan Chlorophyta dan Diatom.

4.1.2. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penting selain suhu, salinitas, pada kultur mikroalga. Adapun hasil pengukuran rata-rata pH pada kultur *Spirulina sp.* selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik rata-rata pH selama Penelitian

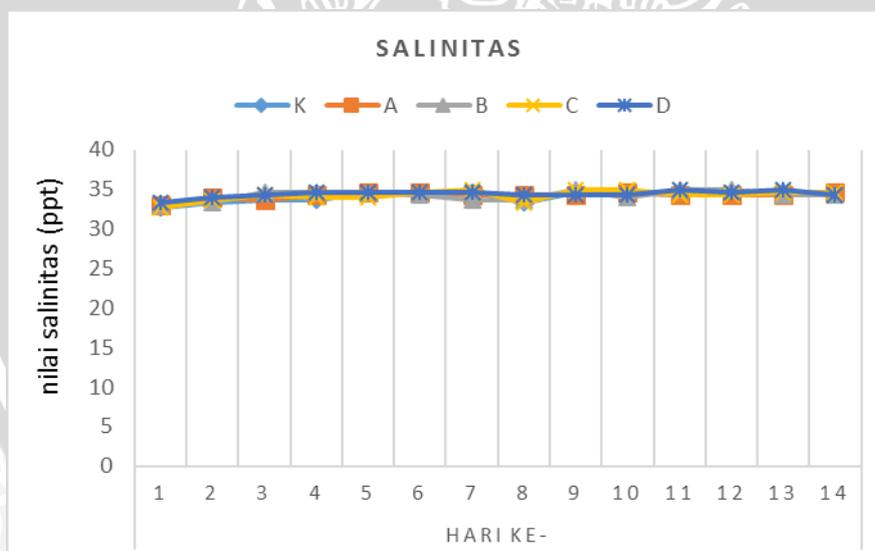
pH menentukan kelarutan mineral-mineral dalam media kultur dan secara langsung juga berpengaruh pada metabolisme mikroalga (Borowitzka dan Borowitzka, 1988). Menurut Prihantini *et al.*, (2005), menyatakan bahwa

perubahan pH yang drastis dapat mempengaruhi kerja enzim serta dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan beberapa mikroalga. Pengukuran pH saat penelitian dengan menggunakan pH meter berkisar antara 8,5–9,7. Nilai tersebut masih dalam batas toleransi untuk media hidup *Spirulina* sp. karena salah satu dari sifat alga ini adalah dapat hidup dalam kondisi perairan yang sedikit basa. Ciferri (1983), menyatakan bahwa pH yang baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 7–11. Alga hijau biru tumbuh baik pada pH netral dan lebih mentolerir kondisi basa dari pada kondisi asam karena alga itu mampu memanfaatkan karbondioksida dengan efisien walau tersedia pada konsentrasi yang sangat rendah (Hariyati, 2008). Pradana (2012), menyatakan pH media sangat berpengaruh pada laju pertumbuhan mikroalga. Derajat keasaman berperan dalam menentukan konsentrasi CO_2 dan keseimbangan antara bikarbonat menjadi karbonat berlangsung sampai absorbansi dari udara mencapai kesetimbangam dengan penggunaan CO_2 oleh mikroalga. Pada saat peningkatan pH yang melewati ambang batas, maka kecepatan tumbuh organisme akan menurun.

Nilai pH pada semua perlakuan K (0 mg/5l), A (208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l) dan D (833 mg/5l) berubah-ubah. Kondisi pH yang mengalami perubahan bisa terjadi karena adanya proses penguraian bahan organik. Arisa (2013), menyebutkan bahwa jika bahan organik di perairan mengalami penurunan karena adanya proses penguraian maka akan meningkatkan nilai pH, sebaliknya jika bahan organik tinggi maka pH akan turun. Menurut Awalina (2011), adanya peningkatan pH hingga akhir proses dekomposisi, disebabkan oleh terbentuknya NH_3 selama proses dekomposisi yang bersifat basa. Selain itu, disebabkan juga pengkonversian asam-asam organik menjadi CO_2 serta sumbangan kation-kation basa hasil mineralisasi bahan organik sehingga pH kembali netral.

4.1.3. Salinitas

Salinitas merupakan konsentrasi total ion yang terdapat disuatu perairan, salinitas dinyatakan dalam satuan g/kg atau promil (‰) dan dibedakan menjadi 3 yaitu perairan tawar kurang dari 0,5 ppt, perairan payau 0,5 ppt–30 ppt dan air laut 30 ppt–40 ppt (Effendi, 2003). Salinitas merupakan salah satu sifat kimia air yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan organisme air. Kisaran salinitas yang berubah–ubah dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Beberapa mikroalga dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang tinggi tetapi ada juga yang dapat tumbuh dalam kisaran salinitas rendah. Namun, hampir semua jenis mikroalga dapat tumbuh optimal pada salinitas sedikit dibawah habitat asalnya (Fachrullah, 2011). Hasil perhitungan rata–rata salinitas selama pengamatan *Spirulina sp.* selama kultur dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Garfik rata–rata salinitas selama penelitian

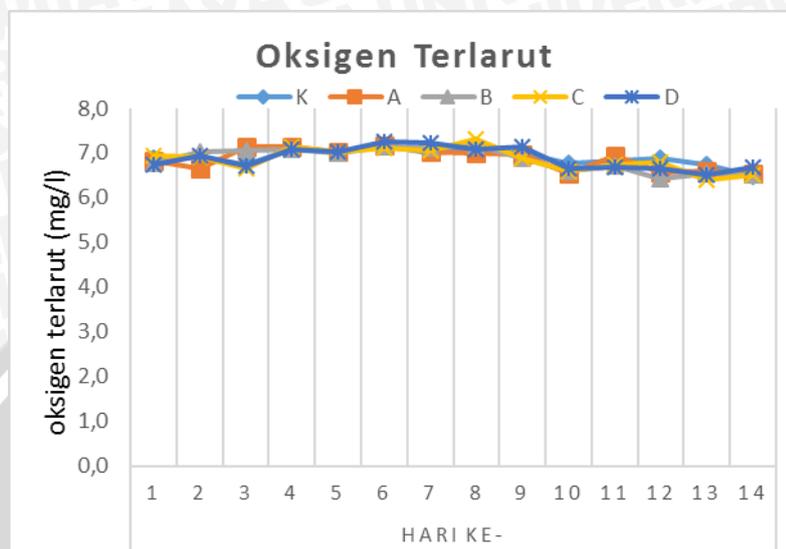
Nilai salinitas selama penelitian berkisar antara 33–35 ppt, masih dalam batas toleransi untuk media tumbuh *Spirulina sp.* Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), menyatakan bahwa kandungan salinitas untuk pertumbuhan *Spirulina sp.* berkisar antara 0–35 ppt. Nilai salinitas pada semua perlakuan K (0 mg/5l), A

(208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l) dan D (833 mg/5l) pada pengamatan hari ke-1 sampai hari ke-14 mengalami perubahan. Penyebab perubahan nilai salinitas karena adanya proses penguapan dan tidak adanya penambahan air sehingga mengakibatkan salinitas menjadi tinggi seiring dengan berjalan hari. Salah satu faktor perubahan salinitas akibat adanya masukan air atau faktor suhu yang tinggi ataupun rendah sehingga menyebabkan proses evaporasi menjadi ikut meningkat sehingga kadar salinitas perairan ikut berubah-ubah. Darley (1982), menyatakan salinitas sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan sebab berhubungan dengan aktifitas osmosis sel. Semakin tinggi tekanan osmotiknya maka salinitas suatu perairan akan semakin tinggi pula dan pertumbuhan alga akan menurun sejalan dengan naiknya salinitas karena proses fotosintesis terhambat (Hariyati, 2008).

4.1.4. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen merupakan salah satu faktor pembatas bagi pertumbuhan mikroalga, bila ketersediaanya di dalam air tidak mencukupi untuk kebutuhan biota, maka pertumbuhan biota akan terhambat (Kordi dan Tanjung, 2007). Menurut Effendi (2003), oksigen merupakan salah satu gas yang terlarut di perairan alami. Penggunaan aerator pada saat penelitian berfungsi sebagai penyuplai oksigen dan sebagai pengaduk media agar tidak terjadi endapan bahan organik di media kultur. Menurut Ekawati (2005), pengadukan diperlukan untuk membantu agar tidak terjadi pengendapan alga dan memastikan bahwa semua sel alga memperoleh cahaya dan nutrisi yang sama. Karbon udara untuk proses fotosintesis yang diperlukan dalam bentuk karbondioksida. Dalam budidaya dengan kelimpahan tinggi CO₂ dari udara (mengandung 0,03 % CO₂) merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan alga, maka perlu dibantu dengan adanya aerasi, selain untuk suplai oksigen juga untuk menjaga kestabilan pH. Aerasi

dilakukan secara terus menerus agar alga dapat tumbuh dengan maksimal. Hasil perhitungan rata-rata nilai oksigen terlarut (DO) pada kultur *Spirulina sp.* selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Rata-rata Oksigen Terlarut Selama Penelitian

Nilai oksigen terlarut selama pengamatan berkisar antara 6,4–7,3 (mg/l) masih dalam batas yang optimum untuk pertumbuhan *Spirulina sp.* Menurut Kordi dan Tanjung (2007), kandungan oksigen di dalam air yang dianggap optimum bagi budidaya biota air adalah 4–10 mg/l. Nilai oksigen pada awal pengamatan terlarut relatif menurun, hal ini dikarenakan adanya penggunaan oksigen untuk proses dekomposisi bahan organik, selanjutnya bahan organik berkurang sehingga penggunaan oksigen untuk dekomposisi juga berkurang yang menyebabkan oksigen terlarut kembali meningkat mulai pengamatan hari ke-4 sampai hari ke-8. Menurut Subarijanti (2005), oksigen juga sangat dibutuhkan mikroorganisme untuk proses dekomposisi. Menurut Murbandono (1999), suplai oksigen yang cukup akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme, maka kebutuhan mikroorganisme aerob akan oksigen pun meningkat untuk proses metabolisme.

Kandungan oksigen mengalami penurunan pada semua perlakuan K (0 mg/5l), A (208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l) dan D (833 mg/5l) pada pengamatan hari ke-10 sampai hari ke-14, hal tersebut dikarenakan kelimpahan *Spirulina sp.* mengalami penurunan sehingga hasil fotosintesis berupa oksigen terlarut rendah, sedangkan kandungan oksigen mengalami peningkatan pada semua perlakuan K (0 mg/5l), A (208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l) dan D (833 mg/5l) pada hari ke-8, hal tersebut dikarenakan kelimpahan dari *Spirulina sp.* mengalami kenaikan sehingga hasil fotosintesis berupa oksigen terlarut tinggi. Besar kecilnya kandungan oksigen di dalam perairan berasal dari hasil fotosintesis oleh *Spirulina sp.* dan dengan adanya aerasi pada media kultur. Oksigen terlarut mengalami penurunan karena digunakan untuk proses respirasi dan untuk perombakan bahan organik menjadi bahan anorganik yang dilakukan oleh bakteri aerob, kemudian hasil perombakan tersebut dimanfaatkan lagi oleh *Spirulina sp.* sebagai makanannya. Menurut Pradana (2012), oksigen terlarut dalam perairan didapatkan dari hasil fotosintesis oleh mikroalga. Penurunan oksigen terlarut disebabkan oleh proses dekomposisi yang membutuhkan sejumlah oksigen untuk menguraikan sel-sel *Spirulina sp.* yang telah mati oleh mikroba aerob agar menghasilkan nutrien-nutrien yang dapat dimanfaatkan kembali oleh *Spirulina sp.*

4.1.5. Nitrat

Di perairan, nitrogen terbagi menjadi 2 yaitu nitrogen organik dan nitrogen anorganik. Nitrogen anorganik terdiri atas amonia (NH_3), ammonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Nitrogen organik berupa protein, asam amino dan urea. Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan algae dan

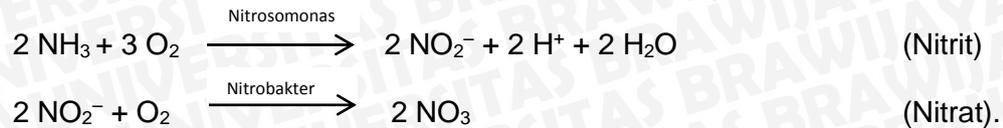
tanaman. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Effendi, 2003).

Hasil pengukuran kandungan nitrat selama penelitian didapat kandungan tertinggi pada perlakuan D (833 mg/5l) yaitu sebesar 1,87 mg/l pada pengamatan hari ke-1, sedangkan kandungan nitrat terendah pada perlakuan K (0 mg/5l) yaitu sebesar 0,58 mg/l pada pengamatan hari ke-1 dan ke-14, karena pada perlakuan K (0 mg/5l) media tidak diberi pupuk organik, kandungan nitrat berasal dari air laut yang digunakan sebagai media tumbuh alga. Menurut Arnev (2010), yang menyatakan bahwa air laut merupakan campuran dari 96,5 % air murni dan 3,5 % material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55 %), natrium (31 %), sulfat (8 %), magnesium (4 %), kalsium (1 %), potasium (1 %) dan (sisanya kurang dari 1 %) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, stronsium dan florida.

Kandungan nitrat diawal pengamatan masih tergolong tinggi karena sel *Spirulina* sp. masih belum berkembang sehingga masih sedikit memerlukan nutrisi bagi pertumbuhannya. Kandungan nitrat yang tinggi juga disebabkan karena nitrat yang ada pada pupuk belum dimanfaatkan oleh *Spirulina* sp. sehingga nilainya masih cenderung tinggi. Perlakuan A (208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l) dan D (833 mg/5l) yang diberikan pupuk organik mengalami penurunan kandungan nitrat pada hari ke-14. Kandungan nitrat mengalami penurunan menandakan bahwa nitrat dimanfaatkan oleh *Spirulina* sp. untuk pertumbuhannya, hal ini ditandai dengan bertambahnya jumlah sel dalam tiap perlakuan pada hari ke-4 sampai hari ke-8. Kandungan nitrat selama penelitian didapat kisaran antara 0,58–1,87 mg/l, hal ini masih dalam batas optimum untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. Menurut Widianingsih (2008), keberadaan kandungan nitrat yang rendah dapat mengakibatkan kematian pada

mikroalga, mikroalga membutuhkan kandungan nitrat optimum 0,9–3,5 mg/l untuk pertumbuhannya. Berkurangnya kandungan nitrat pada media kultur mengindikasikan bahwa nutrisi yang ada di media kultur mulai berkurang sehingga nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. juga mulai berkurang. Mengakibatkan penurunan kelimpahan sel *Spirulina* sp. karena selama penelitian pemberian pupuk organik dari eceng gondok sebagai sumber nutrisi bagi *Spirulina* sp. diberikan hanya satu kali. Kandungan nitrat yang berada pada media yang digunakan sebagai sumber makanannya, didapat dari hasil penguraian sel-sel *Spirulina* sp. yang telah mati yang kemudian akan dirombak menjadi bahan anorganik yang dapat dimanfaatkan lagi oleh *Spirulina* sp. secara langsung. Menurut Barus (2002), bahwa algae yang telah mati akan mengalami proses dekomposisi dan membusuk. Terjadinya pembusukan oleh bakteri tersebut akan meningkatkan kadar amonia (NH_3^-) di dalam air. Amonia adalah senyawa nitrogen anorganik yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman air dan bersifat toksik dan berbahaya bagi kehidupan akuatik, amonia harus melewati proses perombakan agar bisa menjadi nitrit dan nitrat dimana proses ini biasa disebut dengan proses nitrifikasi (Effendi, 2003).

Perombakan amonia menjadi nitrat (NO_3) yaitu suatu bentuk yang tidak berbahaya, dalam proses nitrifikasi membutuhkan peran bakteri nitrifikasi, selain memerlukan bakteri dalam proses perombakan ini juga diperlukan jumlah oksigen yang cukup di dalam air (Kordi dan Tanjung, 2007). Oksigen terlarut juga ikut berperan dalam proses ini, penurunan kandungan oksigen diakibatkan karena proses nitrifikasi. Perubahan nitrit (NO_2) menjadi nitrat (NO_3) membutuhkan oksigen, dikarenakan proses ini hanya dapat terjadi pada kondisi aerob. Menurut (Effendi, 2003) proses perubahan amonia menjadi nitrit, dan selanjutnya nitrit menjadi nitrat ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.



4.1.6. Orthofosfat

Fosfat merupakan makronutrien yang dibutuhkan mikroalga untuk pertumbuhannya. Dalam perairan fosfor terdapat dalam tiga bentuk yaitu ortho-fosfat, meta-fosfat, dan poly-fosfat (Subarijanti, 1990). Fosfat dapat diserap oleh organisme dalam bentuk orthofosfat (Prabowo, 2009). Penambahan unsur fosfat ke dalam suatu perairan akan mendorong laju pertumbuhan dan meningkatkan biomass fitoplankton. Bentuk fosfat anorganik (ortofosfat) adalah bentuk umum fosfat yang efektif bagi pertumbuhan fitoplankton. Dalam memanfaatkan secara efektif fitoplankton didukung oleh cahaya dan kedalaman perairan (Arfiati, 2001). Senyawa nitrat dan fosfat secara alamiah berasal dari perairan itu sendiri melalui proses-proses penguraian pelapukan ataupun dekomposisi tumbuh-tumbuhan, sisa-sisa organisme mati dan buangan limbah baik limbah daratan seperti domestic, selustry, pertanian, dan limbah peternakan ataupun sisa pakan yang dengan adanya bakteri terurai menjadi zat hara (Ulqodry *et al.*, 2010).

Kandungan fosfat selama penelitian terendah terdapat pada perlakuan K (0 mg/5l) yaitu sebesar 0,06 mg/l, karena tidak adanya suplai unsur hara pada awal penelitian, sedangkan pada perlakuan A (208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l), dan D (833 mg/l) kandungan fosfat berkisar antara 0,55–1,17 mg/l. Menurut Subarijanti (2000), di dalam perairan umumnya phosfat dalam jumlah kecil yaitu 0,05–0,20 mg/l dan phosfat mempunyai mobilitas yang sangat kecil. Arfiati (2001), yang menyatakan kebutuhan fosfat untuk pertumbuhan, konsentrasi yang diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton berkisar antara 0,018–0,209 mg/l. Kandungan fosfat mengalami penurunan pada hari terakhir karena menurunnya aktivitas penguraian yang mengakibatkan

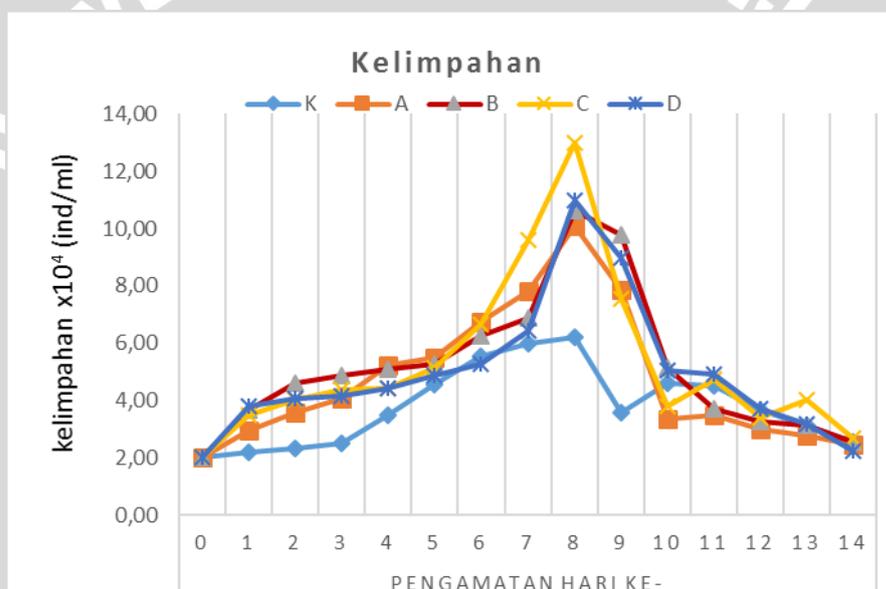
penurunan bahan organik yang ada pada tiap perlakuan. Menurut Herawati dan Kusriani (2005), pada perairan alami phosphorus terdapat dalam bentuk anorganik atau organik. Sel fitoplankton dapat mengakumulasi (menyimpan) fosfat jika nutrien tersedia dalam jumlah berlebih. Fosfat tersebut selanjutnya akan dimanfaatkan kalau sumber phospat dalam air habis, sehingga persediaan phospat ini memungkinkan phytoplankton tetap tumbuh sampai beberapa waktu setelah fosfat dalam air habis. Fosfat dalam air tidak akan habis walaupun digunakan oleh plankton dalam pertumbuhannya, karena fitoplankton yang sudah mati tersebut akan diuraikan oleh bakteri menjadi bahan anorganik, salah satunya adalah fosfat. Hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa penggunaan pupuk organik dari eceng gondok masih memiliki kadar fosfat yang optimal bagi pertumbuhan *Spirulina* sp.

4.2. Kelimpahan *Spirulina* sp.

Hasil pengamatan terhadap kelimpahan *Spirulina* sp. dengan menggunakan pupuk organik dari eceng gondok sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. selama 14 hari memberikan hasil yang berbeda-beda dalam tiap perlakuan (Lampiran 3). Perbedaan kelimpahan pada tiap perlakuan mengindikasikan bahwa *Spirulina* sp. mampu memanfaatkan nutrisi yang ada di dalam pupuk organik tersebut untuk tumbuh. Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina* sp. adalah nutrien dan unsur hara. Nutrien merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada komposisi biokimia algae (Utomo *et al.*, 2005).

Perbedaan kelimpahan disebabkan karena pengaruh pemberian pupuk organik dari eceng gondok dengan dosis yang berbeda, sehingga nutrien yang terkandung di setiap perlakuan juga berbeda. Menurut Widianingsih (2008), menjelaskan bahwa kualitas kandungan nutrien *Spirulina* sp. berkaitan dengan

komposisi nutrisi di media kultur dan parameter kualitas airnya. Kandungan nutrisi pada media memegang peranan penting dalam pertumbuhan *Spirulina* sp. sama halnya dengan tanaman tingkat tinggi yang dalam hidup dan pertumbuhannya sangat memerlukan unsur hara (nutrisi) baik itu unsur hara makro maupun mikro (Subarjanti, 1990). Media yang digunakan pada saat penelitian sangat berpengaruh terhadap kelimpahan *Spirulina* sp. dengan ini dapat diketahui pada dosis berapakah *Spirulina* sp. dapat tumbuh dengan baik, dengan memanfaatkan nutrisi yang ada pada pupuk organik dari eceng gondok tersebut. Hasil rata-rata kelimpahan *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 10. Grafik Kelimpahan *Spirulina* sp. (10^4) ind/ml Selama Penelitian Menggunakan Pupuk Organik Dari Eceng Gondok Dengan Dosis Yang Berbeda.

Data yang didapat selama penelitian hampir menunjukkan pola yang sama dari tiap perlakuan. *Spirulina* sp. mengalami 4 fase kultivasi yaitu fase adaptasi, eksponensial, stasioner dan kematian. Pada hari ke-1 sampai hari ke-3 *Spirulina* sp. masih mengalami fase adaptasi yaitu fase penyesuaian diri terhadap lingkungan baru setelah media kultur diberi pupuk atau nutrisi. Menurut Isnansetyo dan Kurniasuty (1995), Selama pada fase adaptasi, kultur alga

menyesuaikan diri terhadap kondisi, laju pertumbuhan rendah dan akan meningkat dengan waktu kultivasi.

Pengamatan pada hari ke-4 setiap perlakuan mengalami peningkatan jumlah populasi *Spirulina* sp. atau disebut dengan fase eksponensial, yaitu *Spirulina* sp. mengalami pembelahan sel dan laju pertumbuhan tetap. Pada kondisi kultur yang optimum, laju pertumbuhan pada fase ini mencapai maksimal. Kelimpahan *Spirulina* sp. mencapai puncak pada hari ke-8, maka tidak terjadi penambahan jumlah lagi karena laju reproduksi sama dengan laju kematian atau fase stasioner. Penambahan dan pengurangan jumlah sel relatif sama atau seimbang sehingga kelimpahan alga tetap. Fase stasioner terjadi dikarenakan jumlah pertumbuhan sel fitoplankton dalam media kultur semakin banyak, namun jumlah kandungan nutrisi dalam media kultur semakin menurun (Rizky *et al.*, 2012). Fase kematian yang mana laju kematian lebih tinggi dari pada laju pertumbuhan sehingga kelimpahan menurun. Menurut Rusyani (2001), terjadi penurunan jumlah sel dikarenakan kandungan nutrisi di media kultur berada dalam jumlah yang terbatas. Pada awal kultur, kandungan nutrisi masih tinggi, yang dimanfaatkan oleh masing-masing fitoplankton untuk melakukan proses pertumbuhan. Peningkatan jumlah sel akan berhenti pada satu titik puncak populasi, pada titik tersebut kebutuhan nutrisi menjadi semakin banyak, sedangkan kandungan nutrisi dalam media semakin menurun karena tidak dilakukannya penambahan nutrisi yang berasal dari pupuk yang digunakan dalam penelitian. Terjadi persaingan memperebutkan tempat hidup karena semakin banyak jumlah sel dalam media kultur. Menurut Fogg (1975), adanya bayangan populasi dari selnya sendiri (*self shading*) juga menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya yang diserap sehingga dapat mengakibatkan kematian. Faktor inilah yang menyebabkan kematian selividu dan sekaligus

memperkecil jumlah sel-sel yang tumbuh, sehingga setelah mengalami puncak akan mengalami penurunan jumlah sel.

Pada perlakuan kontrol (0 mg/5l), A (208 mg/5l), B (417 mg/5l), C (625 mg/5l) dan D (833 mg/5l) fase puncak terjadi pada hari ke-8. Perlakuan kontrol (0 mg/5l) setelah mengalami fase puncak selanjutnya mengalami penurunan kelimpahan secara drastis pada hari ke-9, hal ini dipengaruhi karena media kultur tidak diberi pupuk organik sehingga nutrisi yang bisa dimanfaatkan hanya sedikit untuk pertumbuhan. Menurut Handajani (2006), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa peningkatan kelimpahan *Spirulina* sp. dalam setiap perlakuan berbeda-beda, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan kandungan nutrisi pada media kultur.

Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 8, kelimpahan sel *Spirulina* sp. tertinggi didapat pada perlakuan C (625 mg/5l) = $13,01 \times 10^4$ ind/ml dengan kelimpahan awal 2×10^4 ind/ml. Perlakuan D (833 mg/5l) = 11×10^4 ind/ml, B (417 mg/5l) = $10,64 \times 10^4$ ind/ml, A (208 mg/5l) = $10,08 \times 10^4$ ind/ml, dan Kontrol (0 mg/5l) = $6,21 \times 10^4$ ind/ml. Besarnya kelimpahan sel *Spirulina* sp. pada perlakuan C (625 mg/5l) dikarenakan dosis yang diberikan dalam jumlah yang cukup, sehingga *Spirulina* sp. dapat memanfaatkan nutrisi lebih efektif dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Perlakuan D (833 mg/5l) didapat kelimpahan sebesar 11×10^4 ind/ml, yang lebih sedikit dibanding dengan perlakuan C (625 mg/5l), karena dosis yang diberikan dalam jumlah yang berlebih sehingga efektivitas pemanfaatan nutrisi semakin berkurang. Menurut Hastuti dan Handajani (2001), apabila nutrisi diberikan pada media dalam jumlah yang berlebih maka akan bersifat racun yang mana akan menghambat pertumbuhan. Menurut Subarijanti (1994), semakin tinggi dosis yang diberikan maka tingkat kekeruhan juga semakin tinggi, sehingga fosfat semakin tidak dimanfaatkan. Tingkat kekeruhan yang tinggi

menyebabkan phytoplankton tidak bisa memanfaatkan fosfat secara efektif. Tingkat kekeruhan yang tinggi menyebabkan rendahnya penetrasi cahaya dan menyebabkan terganggunya proses fotoautotrofik. Perlakuan B (417 mg/5l) dan A (208 mg/5l) kelimpahan berturut-turut lebih rendah dari pada perlakuan C (625 mg/5l), hal ini diakibatkan nutrisi yang diberikan dalam jumlah yang terbatas, sehingga pertumbuhannya lebih rendah daripada perlakuan C (625 mg/5l). Menurut Utomo *et al.*, (2005) menjelaskan bahwa peningkatan populasi alga menyebabkan berkurangnya nutrisi dengan cepat sehingga terjadi penurunan laju pertumbuhan. Kematian sel dapat disebabkan oleh mulai berkurangnya nutrisi yang tersedia sehingga tidak mampu mendukung pertumbuhan sel, kualitas air dan akumulasi metabolit (NO_2^- dan NH_4^+) (Suantika dan Hendrawandi, 2009).

Berdasarkan kelimpahan fitoplankton Landner (1976), membagi menjadi 3 kelompok yaitu perairan oligotrofik yaitu perairan yang tingkat kesuburan rendah dengan kelimpahan fitoplankton berkisar antara 0–2.000 ind/ml, lalu perairan mesotrofik merupakan perairan yang tingkat kesuburan sedang dengan kelimpahan fitoplankton berkisar antara 2.000–15.000 ind/ml dan perairan eutrofik yaitu perairan yang tingkat kesuburan tinggi dengan kelimpahan fitoplankton berkisar antara > 15.000 ind/ml. Atas dasar penggolongan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pada pengamatan didapat hasil kelimpahan dari *Spirulina* sp. pada perlakuan K (0 mg/5l) = $6,21 \times 10^4$ ind/ml, A (208 mg/5l) = $10,08 \times 10^4$ ind/ml, B (417 mg/5l) = $10,64 \times 10^4$ ind/ml, perlakuan C (625 mg/5l) = $13,01 \times 10^4$ ind/ml dan pada perlakuan D (833 mg/5l) = 11×10^4 ind/ml, termasuk ke dalam kesuburan tinggi atau eutrofik.

Pemberian pupuk organik dari eceng gondok dengan dosis yang berbeda akan mempengaruhi pertumbuhan karena menurut Pradana (2012), kandungan nutrisi dalam setiap dosis yang diberikan pada media kultur berbeda dari nutrisi

yang dibutuhkan oleh *Spirulina* sp. Adapun hasil analisa keragaman dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. ANOVA Sidik Ragam Pengaruh Pupuk Organik Dari Eceng Gondok Terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp.

SK	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	5-1=4	65,85	16,46	21,3**	2,43	3,45
Waktu dalam perlakuan	5(14-1)=65	1036,35	15,94	20,64**	1,4	1,61
waktu dalam K	(14-1)=13	71,61	5,51	7,13**	1,79	2,25
Waktu dalam A	(14-1)=13	217,07	16,70	21,62**	1,79	2,25
waktu dalam B	(14-1)=13	223,34	17,18	22,24**	1,79	2,25
waktu dalam C	(14-1)=13	315,58	24,28	31,43**	1,79	2,25
waktu dalam D	(14-1)=13	208,75	16,06	20,79**	1,79	2,25
Galat	5x14(3-1)=140	108,12	0,77			
Total	(5x14x3)-1=209					

Keterangan : * (berbeda nyata)
 ** (berbeda sangat nyata)

Pada perlakuan F Tabel 5 % (2,43) < F hitung (21,3) > F Tabel 1 % (3,45), berarti H1 terima yang artinya bahwa perlakuan dengan pemberian pupuk organik dari eceng gondok dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. kelimpahan tertinggi didapat 13,01 x 10⁴ ind/ml pada perlakuan C (625 mg/5l). Pada waktu dalam perlakuan F Tabel 5 % (1,40) < F Hitung (20,64) > F Tabel 1 % (1,61) dapat disimpulkan bahwa waktu dalam perlakuan dengan pemberian pupuk organik dari eceng gondok juga memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada kultur *Spirulina* sp. dengan menggunakan pupuk organik dari eceng gondok dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Parameter kualitas air selama penelitian ialah suhu 23,5–29,7 °C, salinitas 33–35 ppt, oksigen terlarut (DO) 6,4–7,3 mg/l, pH 8,8–9,7, nitrat 0,58–1,87 mg/l, dan ortofosfat 0,33–1,17 mg/l. Semua data hasil pengukuran kualitas air selama penelitian masih dalam batas toleransi pertumbuhan *Spirulina* sp.
- Pupuk organik dari eceng gondok layak digunakan sebagai alternatif pupuk organik yang lebih murah dan ramah lingkungan dan memiliki kandungan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan *Spirulina* sp.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

- Perlu diadakannya penelitian mengenai aplikasi penggunaan pupuk organik dari eceng gondok pada kolam budidaya ikan maupun udang. Apabila hasil penelitian digunakan untuk keperluan budidaya, diharapkan penggunaan pupuk organik dari eceng gondok dapat disesuaikan dengan biota yang dibudidayakan.
- Perlu dilakukan penelitian mengenai kandungan gizi dari *Spirulina* sp. yang dibudidayakan dengan menggunakan pupuk organik dari eceng gondok.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulgani, N., dan A. Zuhdi, M.F., Sukei. 2007. *Potensi Mikroalga Skeletonema costatum, Chlorella vulgaris, dan Spirulina platensis sebagai Bahan Baku Biodiesel*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Abuzar, S.S., Yogi D.dan P. Reza. E.E. 2012. *Koefisien Transfer Gas (K_{La}) pada Proses Aerasi Menggunakan Tray Aerator Bertingkat Lima*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 9 (2): 155-163.
- Agneesia. 2009. *Pembuatan Kompos Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart) Solms.) dengan Penambahan Bioaktivator yang Berbeda dan Uji Kualitas Kompos pada Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (Capsicum annum L.)*
- APHA. 1998. *American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington D.C., USA.
- Arfiati, D. 2001. *Limnologi Kimia Air*. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Arisa, B.F. 2013. *Pemanfaatan Kotoran Sapi Padat Untuk Pertumbuhan Fitoplankton Skala Laboratorium*. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK UB. Malang.
- Arnev, R. 2010. *Hara Air Laut Untuk Pupuk*. [http://hara air laut untuk pupuk](http://hara%20air%20laut%20untuk%20pupuk). Diakses tanggal 18 Juni 2014
- Awalina. 2011. *Bioakumulasi Ion Logam (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Fitoplankton pada Beberapa Perairan Situ di Sekitar Kabupaten Bogor*. TESIS. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya
- Barus, T.A. 2002. *Pengantar Limnologi Studi tentang Ekosistem Sungai dan Danau*. Program Studi Biologi USU FMIPA, Medan, Hlm. 5-8
- Bahri, A.F. 2006. *Analisis Kandungan Nitrat Dan Fosfat Pada Sedimen Mangrove Yang Termanfaatkan Di Kecamatan Mallusetasi Kabupaten Barru*. Asosiasi Konservator Lingkungan: Makasar.
- Belay, A., *Spirulina (Spirulina sp.) production and Quality Assurance*, in Gershwin, M. E and A.Belay, (Eds.), 2008, *Spirulina in Human Nutrition and Health*, CRC Press, California, 2-26.
- Bold, B.C dan M. Whyne. 1985. *Introduction Of Algae*. Prectice Hall Of Indian Private United. New Delhi.

- Boyd, E.C. 1982. *Water Quality for Warmwater Fish Culture*. Auburn University Agricultural Experiment Station, Alabama. USA.
- Borowitzka, M.A., dan L. Borowitzka.J . 1998. *Microalgal Biotechnology*. Cambridge University press. Cambridge. New York USA.
- Chrimadha, T., Lily P. dan M. Yayah. 2006. *Pengaruh Konsentrasi Nitrogen dan Fosfor terhadap Pertumbuhan, Kandungan Protein, Karbohidrat dan Fikosianin pada Kultur Spirulina fusiformis*. *Berita Biologi*. 8 (3).
- Ciferri, O. 1983. *Spirulina, The Edible Microorganism*. Microbiological Reviews. Vol. 47 No. 4 hal 558-570.
- Colla, L.M., Bertolin, T.E., dan Costa, J.A.V. 2004. *Fatty acids profile of Spirulina platensis grown under different temperatures and nitrogen concentrations*. *Z. Naturforsch.* 59c: 55-59.
- Darley W.M. 1982. *Algal Biology: a Physiological Approach*. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Daniello, O. 2005. *An Algae Based Fuel*. *Biofutur* No. 255/ mei 2005.
- Dinges, R, 1982. *Natural Systems for Water Pollution Control*. Van Nostrand Reinhold Environment Engineering Series. VNR Company. New York, Cincinnati, Toronto, Melbourne.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Ekawati, A.W. 2005. *Budidaya Makanan Alami*. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Fachrullah, M.R. 2011. *Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis Chlorella sp dan Nannochloropsis sp. yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Penambangan Timah di Pulau Bangka*. Skripsi. Bogor: IPB: 102 hlm
- Gardner, F.D., R.B. Dearce., dan R.I. Mitchel. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hanafiah, K.A. 2010. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Edisi Ketiga. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Handajani, H .2006. *Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Alternatif Pada Kultur Mikrolga Spirulina sp.* Jurusan Perikanan Fakultas Peternakan–Perikanan Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. Vol. 13, No.2, Th. 2006., Hal. 188-193.
- Hariyadi, S., Suryadiputra., dan B. Widigdo. 1992. *Limnologi Metode Kualitas Air*. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Hariyati, R. 2008. *Pertumbuhan Dan Biomassa Spirulina Sp Dalam Skala Laboratoris*. Laboratorium Ekologi dan Biosistematik Jurusan Biologi FMIPA Undip. Semarang. Vol. 10 (1) : 19-22.
- Hastuti, D.S., dan H. Handajani, 2001. *Budidaya Pakan Alami*. Fakultas Peternakan-Perikanan UMM. Malang.
- Herawati, E.Y dan Kusriani. 2005. *Planktonologi*. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya.
- Idris, M.K. 2012. *Efektivitas Penyerapan Karbondioksida (CO₂) Oleh Fitoplankton (Chaetoceros sp) Pada Fotobioreaktor*. Skripsi. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Indriani, Y.H. 2003. *Membuat Kompos Secara Kilat*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Isnansetyo, A dan Kurniastuty. 1995. *Tekhnik Kultur Phytoplankton Dan Zooplankton. Pakan Alami Untuk Pembenihan Organisme Laut*. Kanisius. Yogyakarta.
- Kabinawa, I.N.K. 2006. *Aneka Penyakit*. PT.Agro Media Pustaka. Depok.
- Kordi, M.G.H. dan A.B. Tanjung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kurniasih. 2001. *Komposisi Nutrisi dan Pigmen Spirulina platensis Galur Lokal INK pada Berbagai Konsentrasi Nitrogen*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 47 hal.
- Kusno. 1989. *Pencegahan Pencemaran Pupuk dan Pestisida*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Landner, L. 1976. *Eutophication of Lakes*. World Health Organization Regional Office for Europe.
- Malone, R.F. dan D.G. Burden. 1988. *Design Of Recirculating Blue Crab Sheeding System. Louisiana Sea Grant College Program*. Louisiana State Universty. Louisiana. 76 h.
- Margianingsih, A. 2012. *Studi Kandungan Nitrat dan Fosfat di Waduk Cacaban*. Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Universitas Brawijaya: Malang.
- National Academy of Science. 1977. *Making Aquatic Weed Useful, Some Perspectives for Developing Countries*. US-AID'S. Washington D.C.
- Nurani, F.R., E. Dewi. M., dan A. Shofy. M. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Pupuk Azolla Pinata Terhadap Pertumbuhan Populasi Sprulina Plantesis*. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. Vol. 4, no. 1, hal : 39-44.
- Novizan. 2005. *Petunjuk Pemupukan Efektif*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Odum, E.P. 1994. *Dasar-dasar Ekologi*. Yogyakarta: Gajahmada University Press.

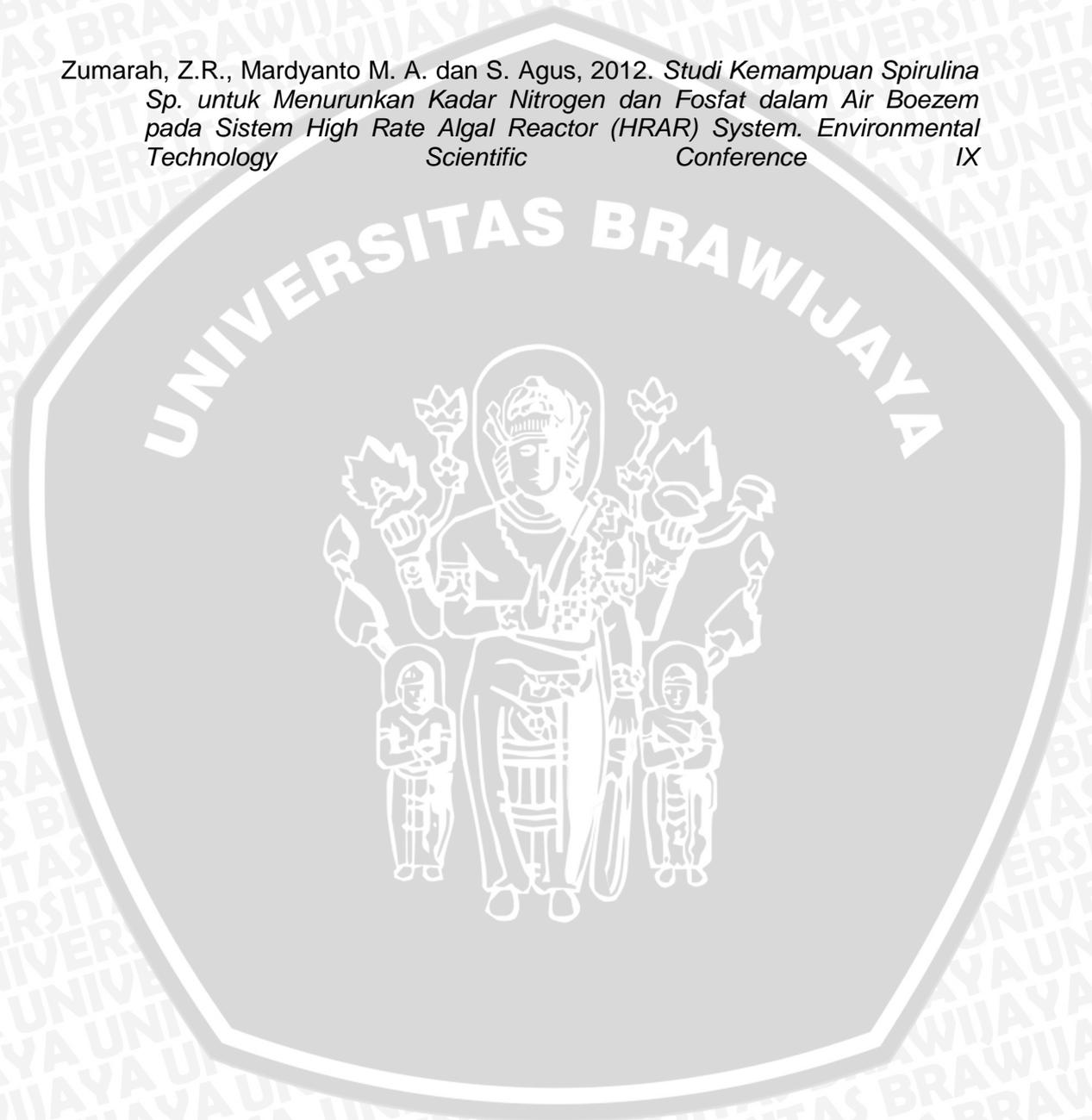
- Penggabean, L.G.M. 1998. *Mikroalgae : Alternatif Pangan dan Bahan Industri di Masa Mendatang*. Oseana Volume XXIII NO. 1 : 19-26.
- Prabowo., D.A. 2009. Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada Skala Laboratorium. Skripsi, Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Hal:11-12.
- Pradana, A. 2012. *Pengaruh Pembedaan Pemberian Pupuk NPK dan Limbah Cair Tahu Terhadap Laju Pertumbuhan Populasi Spirulina sp. Yang Dikultur Dalam Skala Laboratorium*. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Prihantini, N.B., P. Berta., dan Y. Ratna, 2005. Pertumbuhan *Chlorella* spp. Dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. *Jurnal Sains* Vol.9 No.1 Hal:1-6.
- Pristantingrum, R. 2004. *Pengaruh Pemberian Limbah Cair Biogas Kotoran Sapi Sebagai Pupuk Cair dengan yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Populasi Spirulina sp.* Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Putri, 2011. *Studi Morfologi Sel Mikroalga Laut. pada Kultur Murni In Vitro*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Reisya, A.D dan Nurhidayati, 2013. *Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan Pupuk Urea Terhadap Kadar Protein Spirulina sp.* *Jurnal Sains dan Seni Pomits* Vol.2 No.2(2337-3520). ITS Surabaya.
- Rizky, Y.A., Indah R., dan Seniwati D. 2012. *Penentuan Laju Pertumbuhan Sel Fitoplankton Chaetoceros calcitrans, Chlorella vulgaris, Dunaliella salina, Dan Porphyridium cruentum*. Fakultas MIPA. Universitas Hasanudin Makassar.
- Rusyani, E., 2001, *Pengaruh Dosis Zeolit yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Isochrysis galbana Klon Tahiti Skala Laboratorium dalam Media Komersial*, skripsi tidak diterbitkan, Progran Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Saadoun, Ismail., Erwah. B., Adil. Y.A.H. 2008. *The Primary Production Conditions Of Wadi Al- Arab Dam (Reservoir), Jordan*. *Biology Sciences*. Vol 1 (2) : 67-72.
- Sastrawijaya, A. T. 2010. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sastrosupadi, A. 2000. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*. Kanisius. Yogyakarta.
- Setyaningsih, I., dan Andika. T.S., Uju. 2011. *Komposisi Kimia Dan Kandungan Pigmen Spirulina fusiformis Pada Umur Panen Yang Berbeda Dalam Media Pupuk*. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. IPB. Vol. XIV, No. 1, 2011 : 63-69.

- Setyowati, S. 2006. *Penanganan Biomassa Mikroalga Jenis Spirulina Planteis Sebagai Bahan Baku Pangan*. Institut Sepuluh November. Surabaya. Jurnal Sainstek Perikanan Vol. 4, No. 2, 2006 : 53-61.
- Sittadewi, E.H. 2007. *Pengolahan Bahan Organik Eceng Gondok Menjadi Media Tumbuh untuk Mendukung Pertanian Organik*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. No 3 (8): 229-234.
- Standart Nasional Indonesia (SNI). 2004. *Metode Analisa Kualitas Air*. Jakarta.
- Suantika.G dan Hendrawandi, 2009. Efektivitas Teknik Kultur Menggunakan Sistem Kultur Statis, Semi-kontinyu, dan Kontinyu terhadap Produktifitas dan Kualitas Kultur *Spirulina* sp. Jurnal Sains. Vol.14 No.2.
- Subarijanti, H.U. 1989. *Limnologi*. LUW/Unibraw/FISH. Fisheries Project. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- _____. 1990. *Limnologi*. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang
- _____. 2000. *Ekologi Perairan*. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- _____. 2005. *Pemupukan dan Kesuburan Perairan*. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Suryati, 2002. *Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Gula (LCPG) untuk Pertumbuhan Spirulina sp.* Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. 74 hal.
- Svobodova Z., R. Lloyd, J., dan Machova, B. Vykusova. 1993. *Water Quality And Fish Health*. EIPAC Technical Paper No. 54, FAO. Roma. 59 h.
- Ulqodri T.Zia., Yulisman., S. Muhammad dan Santoso, 2010. *Karakteristik dan Sebaran Nitra, Fosfat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimunjawa Jawa Tengah*. Jurnal Sains Vol.13 No.1(D).
- Umniyatie, S. 1999. *Pembuatan Pupuk Organik Menggunakan Mikroba Efektif 4 (Effective microorganism 4)*. Laporan PPM UNY : Karya alternatif mahasiswa.
- Utomo, N.B.P., Winarti dan Erlina A. 2005. *Pertumbuhan Spirulina platensis yang dikultur dengan Pupuk Inorganik (Urea, TSP dan ZA) dan Kotoran Ayam*. Jurnal Akuakultur Indonesia. 4 (1) : 41-48.
- Yulianto, K. 1989. *Pengaruh Penurunan Salinitas Terhadap Laju Fotosintesis Alga Hijau (Caulerpa serrulata forsk) J. Agardh Dan Valonia Aegagropila C. Agardh*. Jurnal. Balai Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Laut. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Oseanologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Ambon. ISBN (9799-8093-04-6): 39-44.
- Wahyudi, P. 1999. *Mikrolga Sumber Protein Sel Tunggal*. Jurnal Sains dan Teknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Vol. 11, No. 1, Juni 1999 : 44-49.

Wiadnya, D.G.R. 1997. *Analisa Laboratorium Tanah dan Air*. Fakultas Pascasarjana. Universitas Brawijaya. Malang.

Widianingsih., Ali R., Retno H., dan Harmoko. 2008. *Kandungan Nutrisi Spirulina plantesis Yang Dikultur Pada Media Yang Berbeda. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan*. Universitas Diponegoro. Vol. 13 (3) : 167-170.

Zumarah, Z.R., Mardyanto M. A. dan S. Agus, 2012. *Studi Kemampuan Spirulina Sp. untuk Menurunkan Kadar Nitrogen dan Fosfat dalam Air Boezem pada Sistem High Rate Algal Reactor (HRAR) System*. *Environmental Technology Scientific Conference IX*



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian.

Parameter	Alat	Bahan
Suhu	Thermometer	Air sampel
Salinitas	Refraktometer	Air sampel
Derajat Keasaman (pH)	pH meter	Air sampel
Oksigen terlarut (DO)	DO meter	Air sampel
Nitrat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gelas ukur ▪ Cawan petri ▪ Hot plate ▪ Pipet volume ▪ Pipet tetes ▪ Cuvet ▪ Spatula ▪ Spektro UV 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Air sampel ▪ Kertas saring ▪ Asam fenol disulfonik ▪ Aguades ▪ NH₄OH
Orthofosfat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erlenmeyer ▪ Gelas ukur ▪ Pipet tetes ▪ Cuvet ▪ Spektro UV 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Air sampel ▪ Ammonium molybdate ▪ SnCl₂
	Mikroskop	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Air sampel ▪ Lugol
	Toples 5 liter	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Air laut steril ▪ Pupuk organik yang berasal dari pembusukan eceng gondok ▪ Bibit <i>Spirulina sp</i>
	Aerasi	Air sampel atau media penelitian
	Autoclave	Sebagai media sterilisasi alat dan bahan

	Handcounter	Air sampel
--	-------------	------------

Lampiran 2. Perhitungan dosis dalam penggunaan pupuk Organik dari Eceng gondok pada media kultur *Spirulina* sp.

Hasil pengukuran nitrat (NO_3), pada pupuk organik yang berasal dari eceng gondok yang diujikan di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang adalah kandungan unsur nitrat (NO_3) = 1,2 % dari 1,15 gr pupuk padat yang diuji. Dalam 1,15 gr pupuk padat mengandung nitrat sebesar :

$$\frac{1,2}{100} \times 1,15 = 0,0138 \text{ gr}$$

$$1 \text{ gr pupuk padat} = \frac{1}{1,15} \times 0,0138 \text{ gr} = 0,012 \text{ gr}$$

0,012 gr = 12 mg nitrat dalam 1 gr pupuk padat

Penentuan dosis dengan menggunakan acuan dari kandungan nitrat yang dibutuhkan *Spirulina* sp. untuk pertumbuhan yaitu 0,9-3,5 mg/l, dan perhitungan untuk penentuan dosis sebagai berikut :

$$\text{➤ dosis } 0 \text{ ppm} = \frac{0}{12} \times 1000 = 0 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 0 \frac{\text{mg}}{\text{sl}}$$

$$\text{➤ dosis } 0,5 \text{ ppm} = \frac{0,5}{12} \times 1000 = 41,6 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 208 \frac{\text{mg}}{\text{sl}}$$

$$\text{➤ dosis } 1 \text{ ppm} = \frac{1}{12} \times 1000 = 83,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 417 \frac{\text{mg}}{\text{sl}}$$

$$\text{➤ dosis } 1,5 \text{ ppm} = \frac{1,5}{12} \times 1000 = 125 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 625 \frac{\text{mg}}{\text{sl}}$$

$$\text{➤ dosis } 2 \text{ ppm} = \frac{2}{12} \times 1000 = 166,6 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 833 \frac{\text{mg}}{\text{sl}}$$

Lampiran 3. Data Hasil Kelimpahan *Spirulina sp* (10^4) ind/ml

perlakuan	ulangan	hari ke-														total	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14
K	1	2,00	2,27	2,28	2,58	3,10	4,33	5,92	6,12	6,61	4,37	5,29	4,86	3,98	3,27	3,19	60,17
	2	2,00	2,07	2,33	2,50	3,45	4,60	5,89	5,94	6,00	3,45	4,59	4,72	3,02	2,25	2,17	54,98
	3	2,00	2,20	2,37	2,41	3,86	4,79	4,87	5,85	6,01	2,92	3,89	4,01	3,98	3,85	2,27	55,31
jumlah		6,00	6,53	6,99	7,49	10,41	13,73	16,68	17,91	18,62	10,75	13,77	13,59	10,99	9,38	7,63	170,46
rata-rata		2,00	2,18	2,33	2,50	3,47	4,58	5,56	5,97	6,21	3,58	4,59	4,53	3,66	3,13	2,54	56,82
A	1	2,00	3,05	3,15	4,31	5,27	5,50	7,42	8,52	10,30	6,29	3,61	3,13	2,75	2,79	2,68	70,77
	2	2,00	2,91	4,04	4,07	5,35	5,65	7,37	7,93	11,98	9,16	3,72	4,25	3,17	3,14	2,54	77,27
	3	2,00	2,98	3,52	3,84	5,10	5,31	5,43	7,02	7,94	8,13	2,70	3,11	3,10	2,46	2,23	64,86
jumlah		6,00	8,94	10,71	12,21	15,72	16,46	20,22	23,47	30,23	23,59	10,02	10,49	9,02	8,39	7,45	212,90
rata-rata		2,00	2,98	3,57	4,07	5,24	5,49	6,74	7,82	10,08	7,86	3,34	3,50	3,01	2,80	2,48	70,97
B	1	2,00	3,23	4,43	4,67	5,15	5,42	5,62	5,72	9,96	7,42	5,62	2,05	3,09	3,56	3,09	71,01
	2	2,00	3,49	4,27	4,71	4,87	5,04	6,74	7,85	10,73	10,73	4,92	4,31	3,38	2,63	2,25	77,92
	3	2,00	4,23	5,14	5,19	5,26	5,33	6,44	7,02	11,24	11,24	4,84	4,78	3,35	3,19	2,35	81,60
jumlah		6,00	10,95	13,83	14,57	15,28	15,79	18,80	20,58	31,93	29,40	15,39	11,14	9,82	9,38	7,69	230,54
rata-rata		2,00	3,65	4,61	4,86	5,09	5,26	6,27	6,86	10,64	9,80	5,13	3,71	3,27	3,13	2,56	76,85
C	1	2,00	4,01	4,20	4,23	4,41	4,98	5,41	6,95	13,38	7,77	3,70	3,73	3,15	4,49	2,86	75,27
	2	2,00	3,64	4,64	4,88	4,90	5,15	6,40	9,75	12,41	8,26	4,29	5,76	3,41	4,40	3,01	82,90
	3	2,00	2,76	3,26	4,01	4,03	5,35	8,21	12,05	13,23	6,63	3,45	4,79	3,66	3,19	2,20	78,83
jumlah		6,00	10,41	12,10	13,12	13,34	15,48	20,02	28,75	39,02	22,66	11,44	14,28	10,22	12,09	8,06	237,00
rata-rata		2,00	3,47	4,03	4,37	4,45	5,16	6,67	9,58	13,01	7,55	3,81	4,76	3,41	4,03	2,69	79,00
D	1	2,00	3,82	4,17	4,39	4,95	5,29	5,42	7,37	11,12	6,19	2,36	4,98	3,23	2,35	2,29	69,93
	2	2,00	3,69	3,97	3,98	4,09	4,60	5,72	7,04	10,85	10,97	7,86	3,80	3,15	3,13	2,32	77,19
	3	2,00	3,93	4,05	4,13	4,23	4,67	4,72	4,88	11,03	9,77	4,91	5,93	4,80	4,01	2,11	75,17
jumlah		6,00	11,44	12,20	12,50	13,27	14,56	15,86	19,29	33,00	26,93	15,13	14,70	11,19	9,49	6,72	222,29
rata-rata		2,00	3,81	4,07	4,17	4,42	4,85	5,29	6,43	11,00	8,98	5,04	4,90	3,73	3,16	2,24	74,10
Total																1073,18	

Lampiran 4. Tabel Perhitungan Rancangan Acak Lengkap Tersarang Terhadap Kelimpahan *Spirulina* sp. (10^4) ind/ml

PERLAKUAN	ULANGAN	hari ke-														JUMLAH	TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
K	1	2,27	2,28	2,58	3,1	4,33	5,92	6,12	6,61	4,37	5,29	4,86	3,98	3,27	3,19	58,2	164,46
	2	2,07	2,33	2,5	3,45	4,6	5,89	5,94	6,00	3,45	4,59	4,72	3,02	2,25	2,17	52,9	
	3	2,2	2,37	2,41	3,86	4,79	4,87	5,85	6,01	2,92	3,89	4,01	3,98	3,85	2,27	53,3	
	jumlah	6,53	6,99	7,49	10,4	13,7	16,7	17,91	18,6	10,8	13,8	13,6	11	9,38	7,63		
Rata-rata		2,18	2,33	2,50	3,47	4,57	5,56	5,97	6,21	3,58	4,59	4,53	3,66	3,12	2,54	54,81	
A	1	3,05	3,15	4,31	5,27	5,5	7,42	8,52	10,3	6,29	3,61	3,13	2,75	2,79	2,68	68,8	206,9
	2	2,91	4,04	4,07	5,35	5,65	7,37	7,93	12	9,16	3,72	4,25	3,17	3,14	2,54	75,3	
	3	2,98	3,52	3,84	5,1	5,31	5,43	7,02	7,94	8,13	2,7	3,11	3,1	2,46	2,23	62,9	
	jumlah	8,94	10,7	12,21	15,7	16,5	20,2	23,47	30,2	23,6	10	10,5	9,02	8,39	7,45		
Rata-rata		2,98	3,57	4,07	5,24	5,49	6,74	7,82	10,07	7,86	3,34	3,50	3,01	2,80	2,48	68,97	
B	1	3,23	4,43	4,67	5,15	5,42	5,62	5,72	9,96	7,42	5,62	2,05	3,09	3,56	3,09	69,0	224,54
	2	3,49	4,27	4,71	4,87	5,04	6,74	7,85	10,7	4,92	4,31	3,38	2,63	2,25	75,9		
	3	4,23	5,14	5,19	5,26	5,33	6,44	7,02	11,2	11,2	4,84	4,78	3,35	3,19	2,35	79,6	
	jumlah	10,95	13,8	14,57	15,3	15,8	18,8	20,58	31,9	29,4	15,4	11,1	9,82	9,38	7,69		
Rata-rata		3,65	4,61	4,86	5,09	5,26	6,27	6,86	10,64	9,80	5,13	3,71	3,27	3,13	2,56	74,85	
C	1	4,01	4,2	4,23	4,41	4,98	5,41	6,95	13,4	7,77	3,7	3,73	3,15	4,49	2,86	73,3	231
	2	3,64	4,64	4,88	4,9	5,15	6,4	9,75	12,4	8,26	4,29	5,76	3,41	4,4	3,01	80,9	
	3	2,76	3,26	4,01	4,03	5,35	8,21	12,05	13,2	6,63	3,45	4,79	3,66	3,19	2,2	76,8	
	jumlah	10,41	12,1	13,12	13,3	15,5	20	28,75	39	22,7	11,4	14,3	10,2	12,09	8,06		
Rata-rata		3,47	4,03	4,37	4,45	5,16	6,67	9,58	13,01	7,55	3,81	4,76	3,41	4,03	2,69	77,00	
D	1	3,82	4,17	4,39	4,95	5,29	5,42	7,37	11,1	6,19	2,36	4,98	3,23	2,35	2,29	67,9	216,29
	2	3,69	3,97	3,98	4,09	4,6	5,72	7,04	10,9	11	7,86	3,8	3,15	3,13	2,32	75,2	
	3	3,93	4,05	4,13	4,23	4,67	4,72	4,88	11	9,77	4,91	5,93	4,8	4,01	2,11	73,2	
	jumlah	11,44	12,2	12,5	13,3	14,6	15,9	19,29	33	26,9	15,1	14,7	11,2	9,49	6,72		
Rata-rata		3,81	4,06	4,17	4,42	4,85	5,29	6,43	11,00	8,98	5,04	4,90	3,73	3,16	2,24	72,09	
Total																1043,18	

Lampiran 4. Lanjutan

➤ Perhitungan Data kelimpahan *Spirulina* sp.

$$FK = \frac{\sum Y_{ijk}^2}{abn} = \frac{1043,18^2}{5 \times 14 \times 3} = 5182,5$$

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - FK \\ &= (2,27^2 + \dots + 40,1^2 + 2,11^2) - 5182,5 \\ &= 1210,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKP &= \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2 \dots}{bn} - FK \\ &= \frac{164,46^2 + 206,90^2 + 224,54^2 + 231,00^2 + 216,29^2}{14 \times 3} - 5182,5 \\ &= 65,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKW(k) &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{n} - \frac{y_i^2 \dots}{bn} \\ &= \frac{6,53^2 + \dots + 9,38^2 + 7,63^2}{3} - \frac{164,46^2}{14 \times 3} \\ &= 71,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKW(A) &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{n} - \frac{y_i^2 \dots}{bn} \\ &= \frac{8,94^2 + \dots + 8,39^2 + 7,45^2}{3} - \frac{206,90^2}{14 \times 3} \\ &= 217,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKW(B) &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{n} - \frac{y_i^2 \dots}{bn} \\ &= \frac{10,95^2 + \dots + 9,38^2 + 7,69^2}{3} - \frac{224,54^2}{14 \times 3} \\ &= 223,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKW(C) &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{n} - \frac{y_i^2 \dots}{bn} \\ &= \frac{10,41^2 + \dots + 12,09^2 + 8,06^2}{3} - \frac{231,00^2}{14 \times 3} \\ &= 315,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKW(D) &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{n} - \frac{y_i^2 \dots}{bn} \\ &= \frac{11,41^2 + \dots + 9,49^2 + 6,72^2}{3} - \frac{216,29^2}{14 \times 3} \\ &= 208,75 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Lanjutan

$$\begin{aligned} JKW(p) &= JKW(k) + JKW(A) + JKW(B) + JKW(C) + JKW(D) \\ &= 71,61 + 217,07 + 223,34 + 315,58 + 208,75 \end{aligned}$$

$$= 1036,35$$

$$\text{JKG} = \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKW}(p)$$

$$= 1210,33 - 65,85 - 1036,35$$

$$= 108,12$$

Tabel ANOVA kelimpahan *Spirulina* sp.

SK	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	5-1=4	65,85	16,46	21,3**	2,43	3,45
Waktu dalam perlakuan	5(14-1)=65	1036,35	15,94	20,64**	1,4	1,61
waktu dalam K	(14-1)=13	71,61	5,51	7,13**	1,79	2,25
Waktu dalam A	(14-1)=13	217,07	16,70	21,62**	1,79	2,25
waktu dalam B	(14-1)=13	223,34	17,18	22,24**	1,79	2,25
waktu dalam C	(14-1)=13	315,58	24,28	31,43**	1,79	2,25
waktu dalam D	(14-1)=13	208,75	16,06	20,79**	1,79	2,25
Galat	5x14(3-1)=140	108,12	0,77			
Total	(5x14x3)-1=209					

Keterangan : * (berbeda nyata)

** (berbeda sangat nyata)

Pada perlakuan F Tabel 5% (2,43) < F hitung (21,3) > F Tabel 1% (3,45) dapat disimpulkan bahwa perlakuan pemberian pupuk organik dari eceng gondok memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp. kepadatan tertinggi didapat pada perlakuan C (625 mg/5l) dengan kepadatan $13,01 \times 10^4$ ind/ml adalah perlakuan yang terbaik. Pada waktu dalam perlakuan F Tabel 5% (1,40) < F Hitung (20,67) > F Tabel 1% (1,40) dapat disimpulkan bahwa waktu dalam perlakuan dengan pemberian pupuk organik dari eceng gondok juga memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp. pada waktu dalam kontrol F tabel 5% (1,79) < F hitung (7,13) > F tabel 1% (2,25) dapat disimpulkan bahwa waktu dalam

Lampiran 4. Lanjutan

perlakuan kontrol memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp. pada waktu dalam perlakuan A (208 mg/5l) $F_{\text{tabel } 5\%} (1,79) < F_{\text{hitung}} (21,62) > F_{\text{tabel } 1\%} (2,25)$ dapat disimpulkan bahwa waktu dalam perlakuan kontrol memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp. pada waktu dalam perlakuan B (417 mg/5l) $F_{\text{tabel } 5\%} (1,79) < F_{\text{hitung}} (22,24) > F_{\text{tabel } 1\%} (2,25)$ dapat disimpulkan bahwa waktu dalam perlakuan kontrol memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp. pada waktu dalam perlakuan C(625 mg/5l) $F_{\text{tabel } 5\%} (1,79) < F_{\text{hitung}} (31,43) > F_{\text{tabel } 1\%} (2,25)$ dapat disimpulkan bahwa waktu dalam perlakuan kontrol memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp. pada waktu dalam perlakuan D(833 mg/5l) $F_{\text{tabel } 5\%} (1,79) < F_{\text{hitung}} (20,79) > F_{\text{tabel } 1\%} (2,25)$ dapat disimpulkan bahwa waktu dalam perlakuan kontrol memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Spirulina* sp.

Perhitungan Beda Nyata Terkecil (BNT)

➤ Perlakuan

$$\text{SED} = \sqrt{\frac{2 \text{KTG}}{bn}}$$

$$= 2,27$$

$$\text{BNT } 1\% = T_{\text{tabel } 1\%} \times \text{SED}$$

$$= 2,61 \times 2,27$$

$$= 5,92$$

$$\text{BNT } 5\% = T_{\text{tabel } 5\%} \times \text{SED}$$

$$= 1,98 \times 2,27$$

$$= 4,48$$

Lampiran 4. Lanjutan

Uji BNT (Beda Nyata Terkecil), untuk mengetahui dosis yang terbaik pada perlakuan

rata - rata		K	A	D	B	C	NOTASI
		54,82	68,97	72,10	74,85	77,00	
K	54,82	-	-	-	-	-	a
A	68,97	14,14 **	-	-	-	-	b
D	72,10	17,27 **	3,13 ^{ns}	-	-	-	b
B	74,85	20,03 **	5,88 *	2,75 ^{ns}	-	-	c
C	77,00	22,18 **	8,03 **	4,90 *	2,15 ^{ns}	-	d

Keterangan : ns = tidak signifikan * = berbeda nyata ** = berbeda sangat nyata

Dari hasil uji BNT (beda nyata terkecil) pada semua perlakuan dengan dosis 0 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 1,5 ppm, dan 2 ppm memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil kelimpahan *Spirulina* sp. dapat dilihat dari hasil uji BNT pada perlakuan A dan D tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata dengan perlakuan K, B, dan C. Perlakuan K, B, dan C sangat berbeda nyata.

Lampiran 5. Data Hasil Pengamatan Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Selama Penelitian.

perlakuan	hari ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
K1	26,3	28,4	28,3	24,9	25,3	23,6	24,9	25,1	25,8	25,4	26,8	28,7	27,8	28,7
K2	26,1	27,8	26,1	24,9	25,2	24	24,9	25,2	25,8	25,8	27,6	26,9	29	29,5
K3	25,8	25	25,8	24,9	25,3	26,7	25,2	24,9	25,2	26	25,7	28,7	31,1	31
rata-rata	26,1	27,1	26,7	24,9	25,3	24,8	25,0	25,1	25,6	25,7	26,7	28,1	29,3	29,7
A1	26,2	28,3	26,2	24,9	25,2	25,2	24,9	23,7	25,7	25,6	27,9	28,9	31,3	29,6
A2	26,2	28	26,2	25	25,4	25,2	25,2	23,6	25,6	25,5	27	27,8	28,7	28,2
A3	25,5	26	25,5	24,9	25,2	24,9	25,3	23,1	25	25,8	28	28,7	25,2	29,8
rata-rata	26,0	27,4	26,0	24,9	25,3	25,1	25,1	23,5	25,4	25,6	27,6	28,5	28,4	29,2
B1	26,1	25	26,1	24,9	25,3	25,3	25,3	23,6	25,8	26,2	26,1	27,9	25,4	27,8
B2	26,5	27,8	26,1	24,9	25,3	25,1	26,1	23,6	25,6	26,2	25,8	27	28	29
B3	26,3	26	26,1	24,9	25,2	25,2	26,1	23,6	25,8	25,5	25,8	28,5	29	29,4
rata-rata	26,3	26,3	26,1	24,9	25,3	25,2	25,8	23,6	25,7	26,0	25,9	27,8	27,5	28,7
C1	25,8	25	25,8	25	25,4	25	25,8	23,6	25,4	27,2	26,2	28,7	29	29
C2	26,2	28,4	26,2	24,9	25,3	25,3	25,8	23,8	25,8	25,4	26,2	28,6	29,8	29
C3	26,2	27	26,2	24,9	25,3	25,2	26,2	23,7	26	28	25,8	27	26,1	29
rata-rata	26,1	26,8	26,1	24,9	25,3	25,2	25,9	23,7	25,7	26,9	26,1	28,1	28,3	29,0
D1	25,9	26	25,9	25	25,6	25,4	26,2	23,6	25,6	27,6	26,2	28,7	29	29
D2	26	27,6	26	24,9	25,3	25,2	25,6	23,5	25,5	27,2	26,2	28	29,3	31,3
D3	26,1	28,5	26,1	24,9	25,3	25,2	25,3	23,7	25,8	27,6	25,5	27,6	28,7	28,9
rata-rata	26,0	27,4	26,0	24,9	25,4	25,3	25,7	23,6	25,6	27,5	26,0	28,1	29,0	29,7

Lampiran 6. Data Hasil Derajat Keasaman (pH) Selama Penelitian.

perlakuan	hari ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
K1	8,5	9,47	9,54	9,64	8,97	8,7	9,58	9,6	8,95	9,47	9,7	9,79	9,6	8,95
K2	9,49	9,56	9,49	8,5	8,82	8,23	9,56	8,7	9,51	9,56	9,79	8,97	9,63	9,55
K3	9,45	9,55	9,58	9,64	9,08	8,5	9,55	8,23	9,54	9,55	8,97	9,06	9,44	9,63
rata-rata	9,1	9,5	9,5	9,3	9,0	8,5	9,6	8,8	9,3	9,5	9,5	9,3	9,6	9,4
A1	9,47	9,06	9,6	9,65	9,49	8,6	9,63	8,5	9,49	9,63	9,06	9,24	9,21	9,7
A2	9,56	9,24	9,63	9,72	9,58	9,46	9,7	8,6	9,58	9,7	9,65	9,19	9,3	9,79
A3	9,55	9,19	9,44	9,79	9,6	9,5	9,79	9,46	9,6	9,79	9,72	8,9	9,22	8,97
rata-rata	9,5	9,2	9,6	9,7	9,6	9,2	9,7	8,9	9,6	9,7	9,5	9,1	9,2	9,5
B1	9,63	8,9	9,21	9,59	9,63	8,97	9,72	8,9	9,63	8,97	9,79	9,34	9,56	9,7
B2	9,7	9,34	9,3	9,51	9,44	8,82	9,58	8,97	9,44	9,06	9,59	9,3	9,6	9,8
B3	9,79	9,72	9,22	9,34	9,21	9,08	9,3	8,82	9,21	9,65	8,95	8,5	9,4	9,7
rata-rata	9,7	9,3	9,2	9,5	9,4	9,0	9,5	8,9	9,4	9,2	9,4	9,0	9,5	9,7
C1	8,97	9,79	9,56	9,49	9,3	8,95	9,41	9,08	9,3	9,72	9,51	8,6	9,08	8,5
C2	9,06	9,59	9,6	9,81	9,22	9,2	9,89	8,5	9,22	9,79	9,54	9,46	9,3	9,7
C3	9,24	9,51	9,63	9,54	8,5	9,7	9,63	9,2	9,56	9,59	9,49	9,5	8,97	9,46
rata-rata	9,1	9,6	9,6	9,6	9,0	9,3	9,6	8,9	9,4	9,7	9,5	9,2	9,1	9,2
D1	9,19	9,34	9,44	9,66	8,6	9,54	9,71	8,7	9,45	9,51	9,58	8,97	8,82	9,5
D2	8,9	9,49	9,21	9,71	9,46	9,49	9,49	8,5	9,51	9,34	9,6	8,82	9,08	8,97
D3	9,34	8,95	9,41	9,6	9,5	9,58	8,9	9,3	9,21	9,49	9,63	9,08	8,95	8,82
rata-rata	9,1	9,3	9,4	9,7	9,2	9,5	9,4	8,8	9,4	9,4	9,6	9,0	9,0	9,1

Lampiran 7. Data Hasil Pengamatan Salinitas (ppt) selama penelitian.

PERLAKUAN	hari ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
K1	32	33	34	34	35	34	34	34	34	35	34	35	35	34
K2	34	34	34	34	34	34	35	33	35	34	35	35	35	35
K3	32	33	33	33	35	35	35	33	35	35	34	33	34	35
rata-rata	33	33	34	34	35	34	35	33	35	35	34	34	35	35
A1	34	35	34	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	35
A2	32	33	33	34	35	35	34	34	34	35	35	35	34	34
A3	33	34	34	34	34	34	34	34	35	35	34	34	35	35
rata-rata	33	34	34	34	35	35	34	34	34	35	34	34	34	35
B1	34	34	34	35	34	34	33	34	35	34	35	35	34	35
B2	33	33	35	35	35	34	34	33	35	34	35	35	34	34
B3	32	33	35	34	35	35	34	34	35	34	35	35	35	34
rata-rata	33	33	35	35	35	34	34	34	35	34	35	35	34	34
C1	33	33	35	34	35	35	35	34	35	35	34	35	35	34
C2	33	35	34	33	34	35	35	33	35	35	34	34	35	35
C3	32	33	34	35	33	34	35	33	35	35	35	34	34	35
rata-rata	33	34	34	34	34	35	35	33	35	35	34	34	35	35
D1	34	35	35	35	34	34	34	34	34	34	35	34	35	35
D2	34	34	33	34	35	35	35	34	34	34	35	35	35	34
D3	32	33	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	34
rata-rata	33	34	34	35	35	35	35	35	34	34	35	35	35	34

Lampiran 8. Data Hasil Pengamatan Oksigen Terlarut (mg/l) Selama Penelitian.

PERLAKUAN	hari ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
K1	6,8	6,8	6,6	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	6,3	6,6	7,0	6,8	6,5
K2	6,9	7,0	6,8	7,1	7,1	7,3	6,9	7,0	6,9	6,1	6,7	6,8	6,8	6,6
K3	6,9	7,0	6,8	7,1	6,9	7,2	7,0	7,2	7,2	7,9	7,2	6,9	6,7	6,3
rata-rata	6,9	6,9	6,7	7,1	7,0	7,2	7,0	7,1	7,0	6,8	6,8	6,9	6,7	6,5
A1	6,8	6,9	6,7	7,1	7,0	7,2	7,2	7,1	7,0	6,3	6,7	6,3	6,6	6,6
A2	7,0	6,8	7,7	7,2	7,1	7,2	7,1	6,9	6,9	7,1	7,3	6,3	6,5	6,5
A3	6,8	6,2	7,0	7,2	7,0	7,1	6,9	7,1	7,0	6,2	6,9	7,2	6,7	6,6
rata-rata	6,8	6,7	7,1	7,2	7,0	7,2	7,0	7,0	7,0	6,5	6,9	6,6	6,6	6,6
B1	6,8	7,0	7,1	7,1	7,0	7,1	7,0	7,0	6,9	6,2	7,2	6,9	6,3	6,5
B2	6,7	7,1	7,1	7,1	7,0	7,3	7,2	7,2	6,8	6,3	6,3	6,3	6,6	6,6
B3	6,8	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1	7,1	6,9	7,3	6,6	6,1	6,7	6,5
rata-rata	6,8	7,0	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1	7,2	6,9	6,6	6,7	6,4	6,6	6,5
C1	6,9	7,0	6,5	7,1	7,1	7,0	7,1	7,2	6,9	6,4	6,7	6,7	6,6	6,7
C2	6,9	6,7	6,7	7,2	7,0	7,2	7,3	7,4	6,8	6,2	6,6	7,3	6,0	6,3
C3	6,9	7,0	6,8	7,1	7,0	7,1	6,8	7,3	7,0	7,2	6,9	6,3	6,1	6,5
rata-rata	6,9	6,9	6,6	7,1	7,0	7,1	7,0	7,3	6,9	6,6	6,7	6,8	6,2	6,5
D1	6,8	7,0	6,8	7,1	7,1	7,4	7,4	7,2	7,3	7,3	6,8	6,6	6,4	6,7
D2	6,8	7,0	6,6	7,1	7,1	7,2	7,2	7,1	7,1	6,4	6,2	6,7	6,7	6,6
D3	6,7	6,9	6,8	7,1	6,9	7,2	7,1	7,0	7,0	6,2	7,0	6,6	6,5	6,7
rata-rata	6,7	7,0	6,7	7,1	7,0	7,3	7,2	7,1	7,1	6,7	6,7	6,6	6,5	6,7

Lampiran 9. Data Hasil Pengamatan Nitrat (mg/l) Selama Penelitian.

Perlakuan	Pengamatan hari ke-	
	Awal	Akhir
K1	0,99	0,75
K2	0,89	0,53
K3	0,78	0,45
rata-rata	0,89	0,58
A1	1,35	0,67
A2	1,37	0,75
A3	1,2	0,64
rata-rata	1,31	0,69
B1	1,56	0,93
B2	1,65	0,97
B3	1,5	0,73
rata-rata	1,57	0,88
C1	1,83	0,76
C2	1,76	0,82
C3	1,69	0,8
rata-rata	1,76	0,79
D1	1,89	1,15
D2	1,93	1,06
D3	1,79	0,97
rata-rata	1,87	1,06

Lampiran 11. Data Hasil Pengamatan Orthofosfat (mg/l) Selama Penelitian.

perlakuan	Pengamatan hari ke-	
	AWAL	AKHIR
K1	0,03	0,02
K2	0,09	0,08
K3	0,07	0,07
rata-rata	0,06	0,06
A1	0,95	0,75
A2	1,0	0,92
A3	0,87	0,47
rata-rata	0,94	0,71
B1	0,8	0,5
B2	0,65	0,53
B3	0,7	0,63
rata-rata	0,72	0,55
C1	1,1	0,78
C2	0,95	0,5
C3	1,15	0,7
rata-rata	1,07	0,66
D1	1,25	1,02
D2	1,05	0,88
D3	1,2	1
rata-rata	1,17	0,97

Lampiran 11. Dokumentasi Selama Penelitian



Eceng gondok yang sudah kering



penambahan EM4 pada eceng gondok



Proses pengomposan



pengamatan 1 minggu



Hasil pengomposan eceng gondok selama 50 hari dan hasil pupuk yang sudah halus



Lampiran 13. Lanjutan



Bibit *Spirulina* sp



toples-toples percobaan



Pengamatan hari ke-8



pengamatan DO dan Suhu



Pengamatan salinitas



pengamatan pH

Lampiran 13. Lanjutan



Pengamatan hari ke-14



pengamatan Spirulina dibawah mikroskop



Pengamatan pada perlakuan C3 hari ke-1 dibawah mikroskop dengan perbesaran 10x



pengamatan hari ke-8 pada perlakuan C dengan perbesar 100x

