

**PENGARUH PUPUK ORGANIK BERBAHAN DASAR LIMBAH KUBIS  
(*Brassica oleracea*) TERHADAP KELIMPAHAN *Tetraselmis chuii***

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :

**HANIF ISROCHATIN**

**NIM. 135080100111022**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2017**



**PENGARUH PUPUK ORGANIK BERBAHAN DASAR LIMBAH KUBIS  
(*Brassica oleracea*) TERHADAP KELIMPAHAN *Tetraselmis chuii***

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

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

Oleh :

**HANIF ISROCHATIN**

**NIM. 135080100111022**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2017**

SKRIPSI

PENGARUH PUPUK ORGANIK BERBAHAN DASAR LIMBAH KUBIS  
(*Brassica oleracea*) TERHADAP KELIMPAHAN *Tetraselmis chuii*

Oleh:

HANIF ISROCHATIN  
NIM. 135080100111022

Telah dipertahankan didepan penguji  
Pada tanggal 27 Juli 2017  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

Dosen Penguji I

(Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP)  
NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal : 03 AUG 2017

(Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS)  
NIP. 19570704 198403 2 001

Tanggal : 03 AUG 2017

Dosen Penguji II

(Nanik Retno Buwono, S.Pi, MP)  
NIP. 19840420 201404 2 002

Tanggal : 03 AUG 2017

Dosen Pembimbing II

(Ir. Kusriani, MP)  
NIP. 19560417 198403 2 001

Tanggal : 03 AUG 2017

Mengetahui,  
Ketua Jurusan MSP



(Dr. Ir. Arning Wiljeng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal : 03 AUG 2017

**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 (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 26 Juni 2017

Mahasiswi

Hanif Isrochatin

## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur bagi Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nya. Tak lupa sholawat serta salam tercurahkan untuk Rasulullah Muhammad SAW atas limpahan rahmat dan karunia-Nya.

Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Atas terselesaikannya skripsi ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Kasmain dan Ibu Afisah tercinta, kedua orang tua yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini, dan selalu mencurahkan kasih sayangnya untuk penulis. Kakak Arifatin Nasochah dan Kakak Nikmatin Sholichah serta keluarga yang selalu memberikan doa, memotivasi kepada penulis
2. Bapak Dr. Ir. Mulyanto, M.Si selaku Ketua Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H, MS selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ir. Kusriani, MP selaku Dosen Pembimbing II yang dengan tulus membimbing serta mengarahkan, selalu memberikan ilmu yang bermanfaat.
4. Bapak Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP selaku Dosen Penguji I dan Ibu Nanik Retno Buwono, S.Pi, MP selaku Dosen Penguji II yang dengan sabar memberikan pengarahan dan motivasi kepada penulis.
5. Sahabat-sahabatku (Keluarga Bawel, 5 serangkai dan Sixta) yang tak bisa disebutkan namanya satu per satu yang telah memberikan doa, motivasi dan dukungan secara moril untuk menyelesaikan laporan skripsi ini.

6. Teman-teman satu perjuangan Nita Aprilia, Viana Nur M, Nur Hamidatus S, Putri Harahap dan Ikrima yang selalu membantu, memotivasi selama penelitian.
7. Mbak Mita, Mbak Titik yang senantiasa membantu pada saat penelitian maupun setelah penelitian.
8. Saudari-saudariku Kakak Yuli, Devi Sukma, Aprilia Dwi dan Anggun Reza yang selalu mau direpotkan ketika penulis memerlukan bantuan dan selalu memotivasi dan mendoakan penulis.
9. Para alumni dan teman-teman MSP 2013 atas pertemanan bersama kalian, memberikan banyak pengalaman, pengertian, nasehat dan doanya.

Malang, 25 Juli 2017

Hanif Isrochatin



## RINGKASAN

**Hanif Isrochatin.** Pengaruh Pupuk Organik Berbahan Dasar Limbah Kubis (*Brassica oleracea*) Terhadap Kelimpahan *Tetraselmis chuii* (dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS dan Ir. Kusriani, MP).

Sampah merupakan salah satu masalah lingkungan yang dapat menimbulkan pencemaran. Penghasil utama sampah adalah dari rumah tangga dan pasar tradisional. Sampah pasar tradisional terdiri dari 95 % bahan organik, sedangkan sampah rumah tangga 75 % bahan organik. Pupuk organik limbah kubis ini biasanya digunakan sebagai pupuk bagi tanaman, sedangkan pada penelitian ini diuji cobakan sebagai pupuk alternatif untuk pertumbuhan *Tetraselmis chuii*. *Tetraselmis chuii* merupakan jenis alga hijau yang uniseluler dengan bentuk oval sampai elips mempunyai sifat selalu bergerak karena mempunyai empat buah flagella. *Tetraselmis chuii* mempunyai kandungan protein sebesar 48,42 % dan lemak 9,70 %.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, pada bulan Mei-Juni 2017. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa pengaruh pemberian pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi yang berbeda terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan, yaitu suatu tindakan coba-coba yang dirancang untuk menguji kebenaran dari hipotesis yang dirancang. Rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang dengan 4 perlakuan dan 3 kali ulangan. Pemberian dosis pupuk organik limbah kubis untuk kebutuhan *Tetraselmis chuii* yaitu: Kontrol (0 mg/l), A (1 mg/l), B (2 mg/l) dan C (3 mg/l). Pengamatan terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii* dilakukan dengan cara menghitung pertumbuhan *Tetraselmis chuii* selama 14 hari pengamatan. Analisa data menggunakan analisa of varian (ANOVA) dan dilanjut dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian perlakuan pupuk organik limbah kubis dengan dosis yang berbeda pada pertumbuhan *Tetraselmis chuii* memiliki pengaruh yang berbeda sangat nyata yaitu dengan adanya hasil analisis ragam  $F_{Tabel\ 5\%} (2,68) < F_{Hitung} (8,04) > F_{Tabel\ 1\%} (3,95)$ . Rata-rata kelimpahan *Tetraselmis chuii* tertinggi pada pemberian dosis 3 mg/L sebanyak  $41,7 \times 10^4$  sel/mL, sedangkan rata-rata terendah berada pada pemberian pupuk organik limbah kubis dengan dosis 0 mg/L sebanyak  $20 \times 10^4$  sel/mL. Data hasil kualitas air selama penelitian yaitu nilai suhu 24,23 - 26,50°C; DO 4,13 - 6,67 mg/L; pH 7,9 - 8,5; salinitas 32 - 40 ppt; nitrat 0,311 - 1,09 mg/L; orthofosfat 0,023 - 0,352 mg/L; dan alkalinitas berkisar 139 - 277 mg/L.

Kesimpulan dari penelitian yaitu pemberian perlakuan pupuk organik limbah kubis dengan dosis yang berbeda pada pertumbuhan *Tetraselmis chuii* memiliki pengaruh yang berbeda sangat nyata. Dan diperlukan penelitian lebih lanjut dalam penambahan dosis untuk melihat kelimpahan *Tetraselmis chuii* yang kemungkinan lebih tinggi.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Mu, penulis dapat menyajikan usulan Skripsi yang berjudul **Pengaruh Pupuk Organik Berbahan Dasar Limbah Kubis (*Brassica oleracea*) Terhadap Kelimpahan *Tetraselmis chuii***. Di dalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, Daftar Pustaka dan Lampiran.

Penulis menyadari bahwa dalam tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi materi, sistematika, pembahasan, maupun susunan bahasa yang digunakan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun penulis harapkan, untuk perbaikan penulisan selanjutnya.

Malang, 26 Juni 2017

Penulis

Hanif Isrochatin

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kegunaan Penelitian.....	4
1.5 Hipotesis.....	5
1.6 Waktu dan Tempat.....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Tetraselmis chuii.....	6
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Tetraselmis chuii.....	6
2.1.2 Siklus Hidup dan Reproduksi Tetraselmis chuii.....	7
2.1.3 Fase Pertumbuhan Tetraselmis chuii.....	7
2.1.4 Kegunaan Tetraselmis chuii.....	9
2.2 Limbah Kubis.....	10
2.3 Pupuk.....	11
2.4 Nutrien.....	12
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tetraselmis chuii.....	13
2.5.1 Suhu.....	13
2.5.2 Derajat Keasaman (pH).....	14
2.5.3 Oksigen Terlarut (DO).....	14
2.5.4 Salinitas.....	15
2.5.5 Nitrat.....	15
2.5.6 Orthofosfat.....	16
2.5.7 Alkalinitas.....	16
<b>3. MATERI DAN METODE PENELITIAN</b> .....	<b>18</b>
3.1 Materi Penelitian.....	18
3.2 Metode Penelitian.....	18
3.3 Alat dan Bahan.....	19
3.4 Rancangan Percobaan.....	19
3.5 Prosedur Penelitian.....	20
3.5.1 Pembuatan Pupuk Organik Limbah Kubis.....	21
3.5.2 Persiapan Media Tanah.....	21
3.5.3 Sterilisasi Alat dan Media.....	22

3.5.4	Persiapan Penelitian .....	22
3.5.5	Pelaksanaan Penelitian .....	23
3.6	Analisis Parameter Kualitas Air .....	24
3.6.1	Suhu .....	24
3.6.2	Derajat Keasaman (pH) .....	24
3.6.3	Oksigen Terlarut (DO) .....	25
3.6.4	Salinitas .....	25
3.6.5	Nitrat .....	25
3.6.6	Orthofosfat .....	26
3.6.7	Alkalinitas .....	26
3.7	Menghitung Kelimpahan Tetraselmis chuii .....	27
3.8	Laju Pertumbuhan Spesifik .....	29
3.9	Analisis Data .....	29
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1	Kelimpahan Tetraselmis chuii .....	31
4.2	Laju Pertumbuhan Spesifik .....	37
4.3	Parameter Kualitas Air .....	39
4.3.1	Suhu .....	39
4.3.2	Derajat Keasaman (pH) .....	41
4.3.3	Oksigen Terlarut (DO) .....	43
4.3.4	Salinitas .....	45
4.3.5	Nitrat .....	47
4.3.6	Orthofosfat .....	48
4.3.7	Alkalinitas .....	50
<b>5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
5.1	Kesimpulan .....	52
5.2	Saran .....	52
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>58</b>



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Alir Rumusan Masalah .....	3
2. Morfologi Tetraselmis chuii .....	6
3. Reproduksi Tetraselmis chuii .....	7
4. Fase Pertumbuhan Tetraselmis chuii .....	9
5. Tata Letak Penelitian .....	20
6. Rangkaian Prosedur Penelitian .....	20
7. Hemacytometer .....	27
8. Grafik Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Limbah Kubis terhadap kelimpahan Tetraselmis chuii .....	33
9. Kelimpahan populasi Tetraselmis chuii (sel/ml) .....	34
10. Grafik rata-rata pengukuran suhu pada media kultur .....	40
11. Grafik rata-rata pengukuran pH pada media kultur .....	42
12. Grafik rata-rata pengukuran DO pada media kultur .....	44
13. Grafik rata-rata pengukuran salinitas pada media kultur .....	46
14. Grafik rata-rata pengukuran nitrat pada media kultur .....	48
15. Grafik rata-rata pengukuran orthofosfat pada media kultur .....	49
16. Grafik rata-rata pengukuran alkalinitas pada media kultur .....	50



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Analisa Ragam .....	30
2. Data Kelimpahan Rata-Rata Tetraselmis chuii ( $10^4$ ) sel/ml .....	31
3. Analisa Varian (ANOVA) .....	32
4. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) .....	33
5. Rata-rata Laju Pertumbuhan Spesifik .....	37
6. Rata-rata Doubling Ttime .....	38
7. Rata- Rata Pengukuran Suhu ( $^{\circ}$ C) selama penelitian .....	40
8. Rata- Rata Pengukuran pH selama penelitian .....	42
9. Rata- Rata Pengukuran Oksigen Terlarut selama penelitian .....	44
10. Rata- Rata Pengukuran Salinitas selama penelitian .....	46
11. Rata- Rata Pengukuran Nitrat selama penelitian .....	47
12. Rata-Rata Pengukuran Orthophospat (mg/L) selama penelitian .....	49
13. Rata-rata Pengukuran Alkalinitas selama penelitian .....	50



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian.....	58
2. Hasil Kandungan Limbah Kubis.....	60
3. Perhitungan Konsentrasi Pupuk Organik Limbah Kubis.....	61
4. Kelimpahan <i>Tetraselmis</i> chuii ( $10^4$ sel/mL).....	64
5. Perhitungan ANOVA Kelimpahan <i>Tetraselmis</i> .....	65
6. Menentukan Dosis Maksimal.....	68
7. Parameter Kualitas Air.....	69
8. Dokumentasi penelitian.....	70



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Masalah lingkungan hidup yang sering terjadi di kota besar dunia termasuk di Indonesia adalah pencemaran sampah yang merupakan hasil sampingan dari kegiatan masyarakat (Artiningsih, 2008). Keberadaan sampah berkorelasi terhadap jumlah dan aktivitas manusia, jika penduduk semakin meningkat maka volume sampah juga meningkat. Hal ini jika tidak diantisipasi sampah akan menumpuk, efeknya akan mengancam kesehatan masyarakat dan pencemaran terhadap lingkungan di darat, udara maupun air (Sufianto, 2014). Penghasil utama sampah adalah dari rumah tangga dan pasar tradisional. Sampah pasar tradisional terdiri dari 95 % bahan organik, sedangkan sampah rumah tangga 75 % bahan organik (Sufianto, 2013).

Sebagian besar sampah berasal dari kegiatan pasar. Hal ini disebabkan karena pasar merupakan tempat melakukan berbagai jenis jual beli barang, sehingga sampah yang dihasilkan akan bervariasi jenis dan jumlahnya baik sampah organik maupun sampah anorganik. Salah satu sampah atau limbah pasar yang bersifat organik yaitu limbah sayuran (Yusmidiarti *et al.*, 2013). Menurut Gunawan *et al.* (2015), limbah sayuran mengandung senyawa dan berbagai bakteri pengurai.

Salah satu sayuran yang banyak menyumbang limbah pasar yaitu kubis. Kubis merupakan sayuran yang cukup dikenal, banyak diproduksi, mudah didapat dan murah harganya. Kubis mengandung vitamin dan mineral yang cukup tinggi.

Komposisi kimiawi kubis berdasarkan 100% bahan kering (BK) adalah kadar air 91-93 %, protein kasar (PK) 21,25 %, lemak 2,5 %, serat kasar (SK) 11,25 %, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) 55 %, abu 8,75 % serta vitamin 1,25 % (Rukmana, 1994). Sayuran ini bersifat mudah layu, rusak dan busuk, sehingga

menghasilkan limbah (bau) yang menjadi suatu permasalahan lingkungan. Limbah kubis dihasilkan dari sayur kubis yang bagian luarnya telah membusuk dan dibuang karena dianggap tidak mempunyai manfaat lagi sehingga apabila dibiarkan akan menimbulkan permasalahan lingkungan, kesehatan, maupun keindahan pasar. Penanggulangan masalah limbah kubis tersebut dapat diatasi dengan cara dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik. Pupuk organik ini dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pupuk kimia, karena penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dapat berdampak negatif pada tanah dan lingkungan.

Peluang penggunaan pupuk organik pada masa mendatang cukup besar. Hal ini dikarenakan oleh berbagai hal, antara lain: harga pupuk kimia semakin mahal akibat pengurangan subsidi pupuk oleh pemerintah, tingkat kesuburan tanah semakin menurun, kesadaran petani terhadap bahaya residu pupuk kimia semakin tinggi dan adanya tren pertanian organik yang semakin tinggi (Musnamar, 2003).

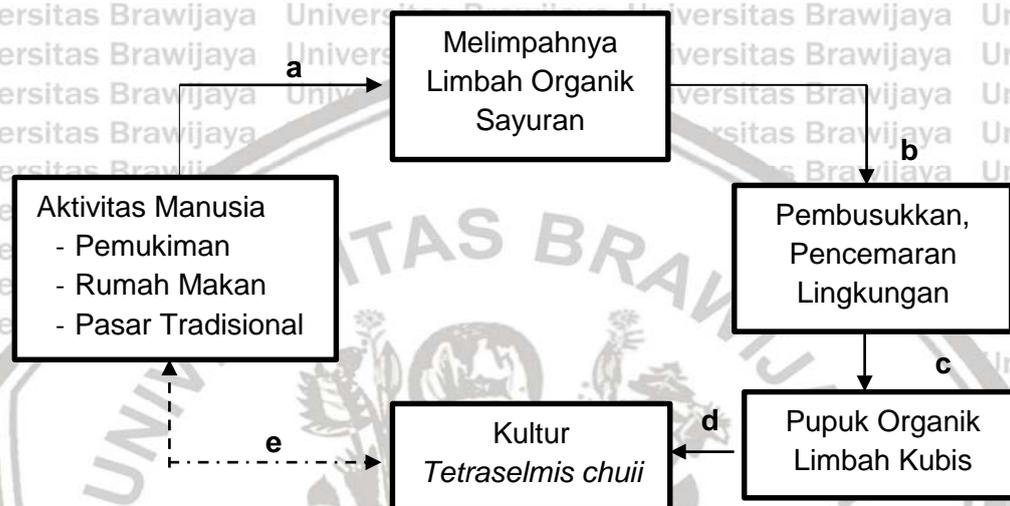
Pupuk organik limbah kubis ini biasanya digunakan sebagai pupuk bagi tanaman, sedangkan pada penelitian ini diuji cobakan sebagai pupuk alternatif untuk pertumbuhan *Tetraselmis chuii*. *Tetraselmis chuii* merupakan jenis alga hijau yang uniseluler dengan bentuk oval sampai elips mempunyai sifat selalu bergerak karena mempunyai empat buah flagella. Alga ini berwarna hijau, berukuran 7-12 mikron, bergerak aktif, berenang aktif dengan menggunakan flagella dan umumnya banyak ditemukan di daerah estuari dan genangan-genangan air di daerah pasang surut. *Tetraselmis chuii* memiliki lebih banyak pigmen klorofil daripada pigmen lainnya sehingga berwarna lebih hijau. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), bahwa *Tetraselmis chuii* mempunyai kandungan protein sebesar 48,42 % dan lemak 9,70 %.

*Tetraselmis chuii* memiliki peran penting dalam hal penyediaan pakan untuk udang atau untuk kegiatan pembenihan udang karena mempunyai nilai gizi yang tinggi dan mudah di budidayakan (De costa, 2004). Dengan demikian, perlu

adanya penelitian untuk mengetahui pengaruh penggunaan pupuk organik limbah kubis terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dirumuskan permasalahan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Rumusan Masalah

Keterangan:

→ : berpengaruh langsung

- - - - -> : umpan balik

a. Melimpahnya limbah organik disebabkan karena meningkatnya aktivitas masyarakat. Limbah organik ini seperti limbah pemukiman, limbah rumah makan dan limbah pasar tradisional. Salah satu limbah yang saat ini melimpah di pasar tradisional adalah limbah sayuran.

b. Limbah organik ini cepat mengalami pembusukan seperti limbah buah dan sayur. Limbah ini menghasilkan bau tak sedap dan dapat berdampak pada pencemaran lingkungan.

- c. Memanfaatkan limbah pasar sayur menjadi pupuk organik menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi limbah sayur yang melimpah khususnya limbah kubis.
- d. Pupuk organik dari limbah kubis dapat dijadikan alternatif pengganti pupuk anorganik dalam kultur *Tetraselmis chuii*
- e. Pemanfaatan pupuk organik limbah kubis ini dapat membantu mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang di sebabkan oleh limbah.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini yaitu :  
Menganalisa pengaruh pemberian pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi yang berbeda terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini yaitu :

#### 1. Bagi mahasiswa

Dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan limbah kubis sebagai sumber nutrisi untuk menumbuhkan *Tetraselmis chuii*.

#### 2. Bagi masyarakat

Dapat menjadi penunjang dalam penggunaan pupuk organik seperti limbah kubis sebagai pupuk alternatif lain untuk menumbuhkan pakan alami seperti *Tetraselmis chuii*, sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Meningkatkan nilai komersial limbah kubis, salah satu upaya mengatasi dan mengurangi limbah pasar, terutama limbah kubis.

## 1.5 Hipotesis

$H_0$ : Diduga pemberian pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan pengaruh terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*.

$H_1$ : Diduga pemberian pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi yang berbeda menunjukkan perbedaan pengaruh terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*.

## 1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2017 - Juni 2017 yang dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Sedangkan uji kandungan dari limbah sayur kubis dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Tetraselmis chuii*

#### 2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi *Tetraselmis chuii*

*Tetraselmis chuii* merupakan mikroalga yang dikenal dengan istilah flagellata berklorofil. Menurut Bougis (1979) dalam Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), mengklasifikasikan kedudukan *Tetraselmis chuii* sebagai berikut :

Phylum : Chlorophyta

Kelas : Prasinophyceae

Ordo : Pyramimonadales

Genus : *Tetraselmis*

Spesies : *Tetraselmis chuii*

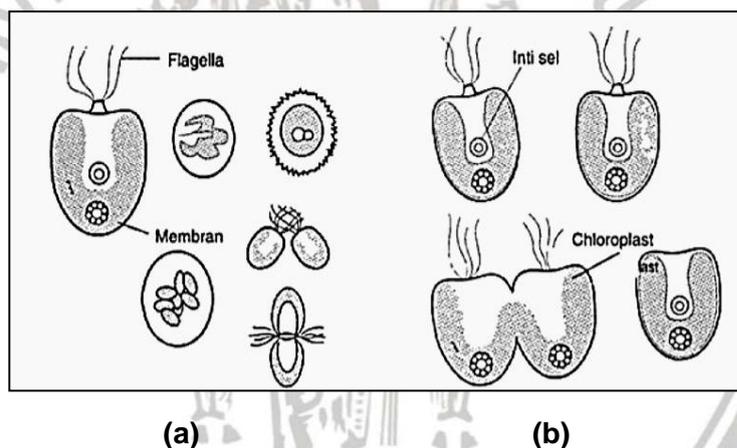
*Tetraselmis chuii* merupakan organisme renik bersel tunggal dengan ukuran tunggal dengan ukuran 7-12 mikron. *Tetraselmis chuii* mempunyai khlorofil (zat hijau daun) sehingga warnanya tampak hijau cerah. Selain itu, *Tetraselmis chuii* dapat bergerak dengan cepat karena mempunyai 4 buah bulu cambuk (*flagela*) (Kanna, 2002). Morfologi *Tetraselmis chuii* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Morfologi *Tetraselmis chuii* (Isnansetyo dan Kurniastuty (1995).

### 2.1.2 Siklus Hidup dan Reproduksi *Tetraselmis chuii*

Reproduksi *Tetraselmis chuii* terjadi secara vegetatif aseksual dengan pembelahan sel dan seksual dengan penyatuan kloroplast dari gamet jantan dan gamet betina. Pada reproduksi secara aseksual protoplasma sel membelah menjadi 2, 4, 8 sel dalam bentuk zoospora. Zoospora masing-masing akan melengkapi dengan empat buah flagella dan akan terlepas bebas dalam bentuk zygospora. Sedangkan pada reproduksi secara seksual gamet jantan dan betina identik sehingga disebut dengan isogami. Bersatunya kloroplast akan diikuti dengan menurunkannya zygot baru yang akan berkembang menjadi zygot yang sempurna (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Siklus hidup dan cara reproduksi *Tetraselmis chuii* bisa dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Reproduksi *Tetraselmis chuii* a) Reproduksi aseksual b) Reproduksi Isnansetyo dan Kurniastuty (1995).

### 2.1.3 Fase Pertumbuhan *Tetraselmis chuii*

Menurut Ru'yatin *et al.* (2015), pertumbuhan fitoplankton sangat mempengaruhi usia panen fitoplankton, dimana pertumbuhan tersebut dapat ditandai dengan perubahan warna kultur, bertambah besarnya ukuran sel atau bertambah banyaknya jumlah sel. Kepadatan sel digunakan untuk mengetahui pola pertumbuhan fitoplankton tersebut. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty

(1995), ada 5 fase pertumbuhan yaitu :

1. Fase Lag (Adaptasi)

Fase ini berlangsung setelah penambahan inokulum pada media kultur, populasi tidak langsung mengalami perubahan. Ukuran sel pada fase ini pada umumnya meningkat. Sel melakukan adaptasi terhadap lingkungannya dan mulai mengalami proses metabolisme, tetapi belum terjadi proses pembelahan sel sehingga kepadatan sel belum meningkat.

2. Fase Logaritmik (Eksponensial)

Fase ini berlangsung yang ditandai dengan pembelahan sel dan laju pertumbuhan organisme yang tetap (konstan). Pada kondisi kultur yang optimum, laju pertumbuhan pada fase ini dapat berlangsung maksimal.

3. Fase Berkurangnya Pertumbuhan Relatif

Fase ini merupakan fase pada hari ketujuh yang menunjukkan kecepatan pertumbuhan sel yang mulai lambat karena kondisi fisik dan kimia kultur mulai membatasi pertumbuhan.

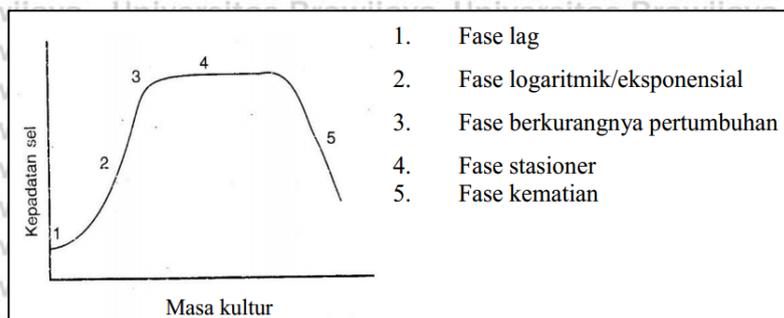
4. Fase Stasioner

Pada fase ini, pertumbuhan organisme mengalami penurunan dibandingkan dengan fase sebelumnya. Laju reproduksi yang terjadi sama dengan laju kematian. Sehingga dapat dikatakan penambahan maupun pengurangan jumlah sel relatif sama atau seimbang sehingga kepadatan alga tersebut adalah tetap.

5. Fase Kematian

Fase kematian ialah fase dimana laju pertumbuhannya lebih kecil daripada laju kematian. Jumlah sel menurun secara geometrik. Penurunan kepadatan *Tetraselmis chuii* ditandai dengan perubahan kondisi optimum yang dipengaruhi oleh temperatur, cahaya, pH air, jumlah unsur hara dan beberapa kondisi lingkungan yang lain. Secara skematik pola pertumbuhan fitoplankton dapat dilihat

pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Fase Pertumbuhan *Tetraselmis chuii* ( Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

*Tetraselmis chuii* memiliki laju pertumbuhan dan adaptasi terhadap lingkungan yang relatif cepat. Pola pertumbuhannya juga memiliki dua puncak populasi yaitu pada hari ke enam dan pada hari ke sepuluh. *Tetraselmis chuii* juga sensitif terhadap kepadatan sel yang tinggi, sehingga ketika dalam satu populasi sudah mencapai optimum maka penurunan jumlah kepadatan sel pada populasi tersebut akan cepat mengalami penurunan yang diakibatkan oleh beberapa hal yakni *Tetraselmis chuii* cukup sensitif dengan bioproduknya sendiri atau kandungan nutriennya habis terserap. Sebab lain dari kematian *Tetraselmis chuii* kemungkinan karena kultur *Tetraselmis chuii* mudah terkontaminasi oleh alga lain (Pujiono, 2013).

#### 2.1.4 Kegunaan *Tetraselmis chuii*

Menurut Kurniastuty dan Isnansetyo (1995), *Tetraselmis chuii* memiliki peran yang sangat penting dalam hal penyediaan pakan larva ikan dan non ikan serta digunakan dalam pemeliharaan larva ikan laut dengan sistem *green water*.

*Tetraselmis chuii* memiliki nilai gizi yang baik mengandung protein sebesar 48,42% dan lemak 9,70%. *Tetraselmis chuii* biasanya digunakan sebagai pakan rotifer (*Branchionus plicatilis*) secara massal dan pakan dalam budidaya biomassa *Artemia*.

Menurut Ekawati (2005), komposisi nilai gizi *Tetraselmis chuii* yaitu protein 48,40 %, lemak 9,70 %, kadar abu 21,17 %, serat kasar 0,08 %, Ca 2,03 mg/g, P 0,08 mg/g. Beberapa alasan mikroalga ini baik dikembangkan di Indonesia selain dikarenakan mikroalga jenis ini banyak ditemui di Indonesia, dapat pula memfiksasi CO<sub>2</sub> dengan baik, berpotensi sebagai sumber bioenergi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dan tidak memerlukan lahan yang luas untuk pertumbuhan serta tidak adanya kompetisi sebagai bahan pangan. *Tetraselmis chuii* mempunyai nilai gizi tinggi karena mengandung protein (48,42%), lemak (9,7%), karbohidrat (12,10%), asam amino, vitamin dan mineral. Selain itu aktivitas antioksidan berkisar antara 2,55-31,29 mg/mL dan total klorofil berkisar 3,65–19,20 mg/g (Sani, 2014).

## 2.2 Limbah Kubis

Menurut Utama dan Mulyanto (2009), limbah sayur adalah limbah padat organik yang terdiri dari kumpulan berbagai macam sayuran setelah disortir karena sudah tidak layak jual. Limbah sayur berpotensi sebagai pengawet maupun sebagai starter fermentasi karena memiliki kandungan asam tinggi dan mikrobia yang menguntungkan. Asam pada limbah sayur diduga berupa asam laktat sebagai hasil metabolisme bakteri asam laktat. Pemanfaatan ekstrak limbah sayur hasil fermentasi yaitu berupa asam organik, dapat digunakan sebagai pengawetan secara biologi maupun sebagai starter untuk fermentasi pakan. Limbah sayur pasar pada umumnya didominasi oleh kubis.

Kubis merupakan sayuran yang mengandung vitamin dan mineral yang cukup tinggi. Komposisi kimiawi kubis berdasarkan 100% bahan kering (BK) adalah kadar air 91-93 %, protein kasar (PK) 21,25 %, lemak 2,5 %, serat kasar (SK) 11,25 %, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) 55 %, abu 8,75 % serta vitamin 1,25 % (Rukmana, 1994). Kelemahan dari limbah kubis adalah kadar air

yang tinggi sebesar 92,44 % yang menyebabkan limbah kubis mudah busuk sehingga diperlukan penanganan yang cepat untuk mengolah limbah tersebut (Utama dan Mulyanto, 2009).

### 2.3 Pupuk

Pemupukan merupakan salah satu kegiatan penting dalam budidaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Pemberian pupuk ke dalam tanah bertujuan untuk menambah dan/atau mempertahankan kesuburan anorganik tanah, dimana kesuburan anorganik tanah dinilai berdasarkan unsur hara di dalam tanah, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro secara berkucupan dan berimbang (Cooke, 1989 dalam Marpaung, 2014).

Pupuk berdasarkan pembuatannya menjadi dua jenis yaitu pupuk anorganik dan organik. Pupuk organik atau pupuk alam merupakan hasil-hasil akhir dari perubahan atau penguraian sisa-sisa (seresah) tanaman atau binatang, misalnya pupuk kandang, pupuk hijau, kompos. Sedangkan pupuk anorganik atau pupuk buatan merupakan hasil industri atau hasil dari pabrik pembuat pupuk. Pupuk tersebut pada umumnya mengandung unsur hara tinggi. Misalnya pupuk NPK, Urea dan TSP (Sutedjo, 2008).

Menurut Andoko (2004), dilihat dari bentuknya ada dua macam pupuk organik yaitu pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

#### a. Pupuk Organik Padat

Pupuk organik padat juga disebut kompos yang terdiri dari dua macam, yaitu kompos biasa dan kompos fermentasi. Kompos biasa merupakan bahan organik seperti dedaunan, rerumpuan, jerami, alang-alang, dedak padi, batang jagung, sulur atau kotoran hewan yang melapuk secara alami. Sementara kompos fermentasi merupakan kompos yang terbentuk karna campur tangan manusia dan menggunakan mikroba pengurai seperti EM-4 (*effective microorganism*). EM-4

(*effective microorganism*) berisi sekitar 80 genus mikroba pengurai dan sudah terbukti sangat efektif sebagai pengurai bahan organik menjadi kompos.

b. Pupuk Organik Cair

Berbeda dengan pupuk organik padat atau kompos yang diperoleh melalui proses pelapukan secara alami, pupuk organik cair ini harus dibuat sendiri.

Bahannya berupa bahan organik yang dihancurkan dan difermentasikan dalam air selama beberapa waktu.

Penggunaan pupuk organik mampu menjadi solusi dalam mengurangi aplikasi pupuk anorganik yang berlebihan dikarenakan adanya bahan organik yang mampu memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah. Fungsi pupuk organik terhadap sifat kimia yaitu meningkatkan kapasitas tukar kation, meningkatkan ketersediaan unsur hara dan meningkatkan proses pelapukan bahan mineral.

Pupuk organik juga ramah terhadap lingkungan. Dampak dari penggunaan pupuk anorganik menghasilkan peningkatan produktivitas tanaman yang cukup tinggi.

Namun penggunaan pupuk anorganik dalam jangka yang relatif lama umumnya berakibat buruk pada kondisi tanah. Tanah menjadi cepat mengeras, kurang mampu menyerap air dan cepat menjadi asam yang pada akhirnya akan menurunkan produktivitas tanaman (Indrakusuma, 2000).

## 2.4 Nutrien

Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton adalah ketersediaan nutrien. Nutrien yang dibutuhkan fitoplankton terdiri dari makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien yang diperlukan antara lain N, P, Fe,

Mg, S, dan K. Sedangkan mikronutrien yang diperlukan adalah Mn, Zn, Cu, Mo, dan Co dalam jumlah yang relatif sedikit. Unsur nutrien yang diperlukan oleh mikroalga dalam jumlah terbanyak adalah karbon (C), nitrogen (N), dan phosphor (P) (Pratama, 2016).

Komposisi nutrisi pada media kultur fitoplankton ternyata sangat berperan dalam pertumbuhan. Mikroalga mendapatkan nutrisi dari air laut yang sudah mengandung nutrisi yang cukup lengkap. Namun pertumbuhan mikroalga dengan kultur dapat mencapai optimum dengan mencampurkan air laut dengan nutrisi yang tidak terkandung dalam air laut tersebut. Nutrisi tersebut dibagi menjadi makronutrisi (nitrat dan fosfat) dan mikronutrisi. Makronutrisi merupakan pupuk dasar yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga (Matacupan, 2009).

Unsur nitrogen (N) dan fosfor (P) merupakan unsur hara (nutrisi) yang diperlukan oleh mikroalga untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Dengan demikian pada saat konsentrasi nitrogen pada media kultur optimal maka kegiatan metabolisme sel akan berjalan dengan baik, termasuk sintesis klorofil. Dengan adanya kandungan klorofil yang meningkat maka proses fotosintesis akan berjalan dengan baik sehingga pertumbuhan mikroalga akan optimal (Swandewi *et al.*, 2017).

## 2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Tetraselmis chuii*

### 2.5.1 Suhu

Menurut Maryam *et al.* (2015), suhu mempengaruhi proses metabolisme dari makhluk hidup termasuk fitoplankton dan zooplankton. Umumnya pada kondisi laboratorium, perubahan suhu air dipengaruhi oleh temperatur ruangan dan intensitas cahaya. Kultur sebaiknya dilakukan pada suhu antara 21 - 25°C dengan tujuan agar pertumbuhannya tidak terlalu cepat sehingga memperlambat fase kematian.

Suhu yang optimal untuk budidaya fitoplankton berkisar antara 20 - 30 °C. Umumnya mikroalga yang dibudidayakan toleran terhadap suhu 16 - 27 °C. Suhu di bawah 16 °C dapat menghambat pertumbuhan, sedangkan suhu 35 °C dapat mematikan beberapa spesies mikroalga. Suhu dapat diturunkan dengan

mengalirkan air dingin melalui permukaan tabung budidaya atau dengan mengontrol suhu udara dengan unit pendingin udara (Ekawati, 2005).

### 2.5.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) air memperlihatkan intensitas asam maupun basa suatu perairan. Bentuk persamaan pH adalah logaritma negatif dari aktivitas ion hidrogen. Skala pH berkisar antara 0 - 14. Kisaran pH pada perairan alami antara 5 - 7. Sedangkan rata-rata pH air laut yaitu 8,3 dan relatif konstan dikarenakan kapasitas penyangga air laut yang tinggi (Hanggono, 2007).

Menurut Utami *et al.* (2012), derajat keasamaan (pH) air pada media pertumbuhan pakan alami berkisar antara 6-8,5. Apabila pH melebihi batas optimum atau dibawah batas optimum, maka kecepatan pertumbuhan mikroalga akan menurun. Media kultur yang dipergunakan untuk mengkultur mikroalga sering mengalami perubahan pH. Meningkatnya pH ini disebabkan oleh fotosintesis maupun proses lainnya. Kisaran pH yang optimum bagi pertumbuhan *Tetraselmis chuii* adalah 8 - 9,5 (Nawansih *et al.*, 2016).

### 2.5.3 Oksigen Terlarut (DO)

Menurut Sofarini (2012), oksigen merupakan salah satu komponen utama bagi metabolisme jasad-jasad perairan dan oksigen dihasilkan dari proses fotosintesa algae dan makrofita. Oksigen terlarut dalam air dibutuhkan organisme untuk proses respirasi. Sumber utama oksigen dalam air adalah dari proses difusi dan proses fotosintesis fitoplankton. Kadar oksigen terlarut yang rendah dapat berpengaruh terhadap fungsi dan lambatnya pertumbuhan, bahkan dapat mengakibatkan kematian (Maryam *et al.*, 2015). Semakin tinggi kelimpahan fitoplankton maka akan menghasilkan oksigen yang lebih banyak dibandingkan dengan kelimpahan fitoplankton yang lebih rendah.

#### 2.5.4 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan (Effendi, 2003). Salinitas merupakan faktor pembatas bagi fitoplankton yang hidup di perairan pesisir karena mereka hidup melalui adaptasi terhadap tekanan osmotik yang diakibatkan oleh adanya salinitas. Perubahan salinitas akan mempengaruhi secara signifikan terhadap laju pertumbuhan fitoplankton (Putri *et al.*, 2015).

Salinitas merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan perkembangan fitoplankton, terutama dalam mempertahankan tekanan osmosis antara protoplasma sel dengan air sebagai lingkungannya. Tinggi rendahnya salinitas akan mempengaruhi tekanan osmotik sel alga (Supriyantini, 2013). Menurut Nawansih *et al.* (2016), syarat *Tetraselmis chunii* agar dapat tumbuh optimal adalah pada salinitas 30 - 32 ppt

#### 2.5.5 Nitrat

Zat hara sangat diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang biak, diantaranya adalah nitrogen dalam bentuk nitrat, serta perannya dalam proses sintesa protein hewan dan tumbuh-tumbuhan (Sofarini, 2012). Nitrat adalah senyawa yang penting dalam produktivitas primer yaitu sebagai unsur yang dimanfaatkan oleh fitoplankton dan dibutuhkan dalam proses fotosintesis (Mulyadi, 1999 *dalam* Sihombing *et al.*, 2013). Nitrat juga merupakan zat hara anorganik utama yang dibutuhkan fitoplankton sebagai rantai makanan untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya (Simanjuntak *et al.*, 2009).

Menurut Hidayat *et al.* (2013), kandungan nitrat yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 0,9 – 3,5 mg/l dan akan menjadi faktor pembatas apabila kurang dari 0,44 mg/l, dan menurut Prowse *dalam* Basmi (1999), menyatakan bahwa pertumbuhan optimal fitoplankton terjadi bila kandungan nitrat dalam air 3,9 – 15,5 mg/L.

#### 2.4.6 Orthofosfat

Fosfor diperairan dibedakan atas 3 bentuk, yakni Orthophospat, Metaphospat, Polyphospat. Namun hanya orthophospat yang dapat dimanfaatkan oleh alga. Kadar fosfat dalam perairan berkisar antara 0,005-0,02 mg/l. Kadar fosfat total dalam perairan alami jarang sekali melebihi 1 mg/l. Berdasarkan kadarnya dalam perairan, orthophospat dibagi menjadi 3: oligotrofik dengan kisaran fosfat 0,003 mg/l-0,001 mg/l, mesotrofik dengan kisaran fosfat 0,001-0,02 mg/l, eutrofik dengan kisaran fosfat 0,031-0,1 mg/l (Effendi, 2003)

Fosfat merupakan unsur zat hara yang berperan penting terhadap produktivitas suatu perairan. Unsur ini termasuk salah satu unsur esensial dalam pembentukan protein, lemak dan metabolisme organisme. Dalam jumlah yang seimbang, fosfat dapat menstimulasi pertumbuhan dari mikroorganisme perairan yang berfotosintesis (Asmawi, 1994 dalam Sofarini, 2012).

#### 2.5.7 Alkalinitas

Alkalinitas atau lebih dikenal dengan total alkalinitas adalah konsentrasi total dari unsur basa-basa yang terkandung dalam air dan biasa dinyatakan dalam mg/l atau setara dengan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Dalam air, basa-basa yang terkandung biasanya dalam bentuk ion karbonat dan bikarbonat karena keduanya merupakan parameter total alkalinitas dalam air tambak dan kolam yang tidak hanya berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan plankton, tetapi juga mempengaruhi parameter kualitas air yang lain, yaitu pH air (Kordi dan Tancung, 2007).

Alkalinitas adalah gambaran kapasitas air untuk menetralkan asam atau kuantitas anion air yang dapat menetralkan kation hidrogen serta sebagai kapasitas penyangga terhadap perubahan pH perairan. Penyusun utama alkalinitas adalah bikarbonat, karbonat dan hidroksida yang merupakan sumber

karbon anorganik di perairan. Sumber karbon organik di perairan berasal dari atmosfer, batuan karbonat, siklus biologi karbon dan sumber dari luar perairan. (Effendie, 2003). Konsentrasi pH berbanding lurus dengan alkalinitas. Apabila alkalinitas meningkat, maka pH juga cenderung meningkat, begitupun sebaliknya (Mubarak *et al.*, 2009).



### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah penggunaan pupuk organik yang berasal dari limbah kubis terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*. Serta analisa kualitas air sebagai parameter pendukung *Tetraselmis chuii*. Analisa tersebut terdiri dari parameter fisika yang meliputi suhu dan salinitas. Parameter kimia yang meliputi derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), alkalinitas, nitrat dan orthofosfat.

Parameter biologi yaitu perhitungan kelimpahan *Tetraselmis chuii*.

#### 3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang dengan 4 perlakuan serta 3 kali ulangan. Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang adalah rancangan percobaan dengan materi homogen. Metode eksperimen dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pemberian pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh terhadap pertumbuhan *Tetraselmis chuii*.

Perlakuan dari penelitian ini adalah pemberian pupuk organik limbah kubis terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii* dengan pemberian konsentrasi yang berbeda yaitu : perlakuan K (0 mg/L) dengan pupuk limbah kubis 0 gr/l, perlakuan A (1 mg/L) dengan pupuk limbah kubis 0,098 gr/l, perlakuan B (2 mg/L) dengan pupuk limbah kubis 0,196 gr/l dan perlakuan C (3 mg/L) dengan pupuk limbah kubis 0,294 gr/l. Penggunaan konsentrasi ini didasarkan dari hasil penelitian sebelumnya bahwa kandungan optimal N di perairan sebesar 2 mg/L. Sehingga diambil 1 mg/L dosis dibawahnya dan 1 mg/L dosis diatasnya. Adapun perhitungan pupuk limbah organik dapat dilihat pada Lampiran 3.

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengambil dua macam data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang di ambil terdiri dari kelimpahan *Tetraselmis chuii*, serta pengukuran parameter kualitas air meliputi suhu, salinitas, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), alkalinitas nitrat dan fosfat. Penelitian ini dilakukan selama 14 hari karena pada waktu tersebut merupakan rata-rata siklus hidup *Tetraselmis chuii*. Pengambilan data dilakukan setiap hari untuk pengamatan kepadatan *Tetraselmis chuii*, pengukuran suhu, salinitas, derajat keasaman (pH), dan oksigen terlarut (DO). Sedangkan pengukuran alkalinitas 5 hari sekali. Untuk pengukuran nitrat dan fosfat dilakukan 3 kali pada hari ke- 0, 7 dan 14. Sedangkan data sekunder yang di ambil terdiri dari informasi-informasi yang diperoleh dari buku, jurnal serta laporan penelitian.

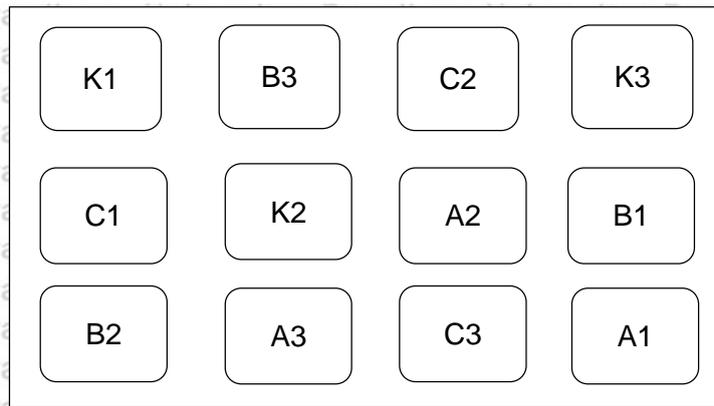
### 3.3 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian tentang pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii* pada kultur menggunakan pupuk organik limbah kubis dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

### 3.4 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang dengan 4 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan diberikan dengan pemberian konsentrasi pupuk organik limbah kubis yang dibutuhkan *Tetraselmis chuii* yaitu : K (0 mg/L), A (1 mg/L), B (2 mg/L), C (3 mg/L). Rancangan penelitian ini dimaksudkan untuk menduga ragam dari galat percobaan, menduga *standard error* dari rata-rata perlakuan, meningkatkan peningkatan percobaan, dan memperluas presisi kesimpulan percobaan yaitu melalui pemilihan dan penggunaan satuan-satuan percobaan yang lebih bervariasi (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Adapun tata letak penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Tata Letak Penelitian

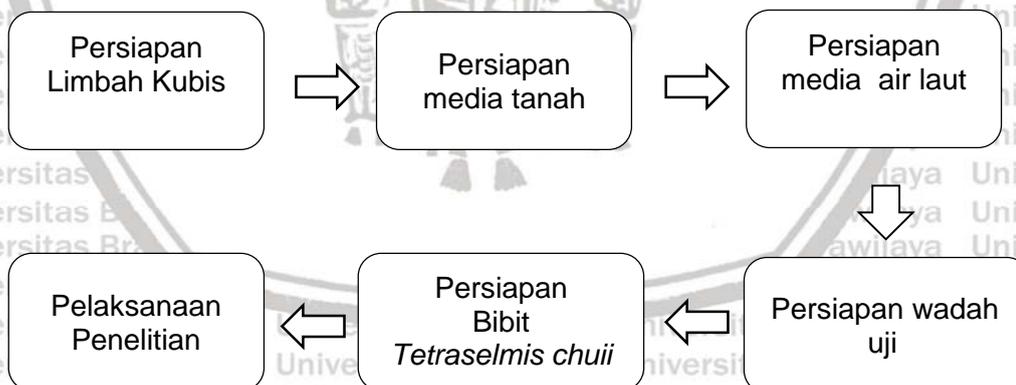
Keterangan:

- K : Perlakuan kontrol 0 mg/L
- A : Perlakuan menggunakan pupuk limbah kubis konsentrasi 1 mg/L
- B : Perlakuan menggunakan pupuk limbah kubis konsentrasi 2 mg/L
- C : Perlakuan menggunakan pupuk limbah kubis konsentrasi 3 mg/L

### 3.5 Prosedur Penelitian

Adapun rangkaian prosedur penelitian disajikan dalam Gambar 6 sebagai

berikut :



**Gambar 6.** Rangkaian Prosedur Penelitian

### 3.5.1 Pembuatan Pupuk Organik Limbah Kubis

Kandungan unsur pada limbah kubis yang telah diujikan di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dengan hasil dapat dilihat pada Lampiran 2. Pupuk organik limbah kubis yaitu : C = 27,93 %, N = 5,36 % dan C/N = 5 %.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pembuatan pupuk organik limbah kubis antara lain :

1. Menyiapkan limbah kubis sebanyak 1 kg
2. Memotong limbah kubis menjadi ukuran yang sangat kecil dan memasukkannya ke dalam keranjang sampah
3. Menambahkan larutan molase sebanyak 1 ml ke keranjang sampah
4. Menambahkan larutan EM4 sebanyak 1 ml ke keranjang sampah
5. Mengaduk campuran bahan selama 5 menit
6. Setelah 7 hari akan di dapatkan pupuk organik

### 3.5.2 Persiapan Media Tanah

Langkah-langkah yang dilakukan pada sterilisasi tanah sebagai media kultur antara lain :

- 1) Memanaskan oven dengan suhu awal 60 °C
- 2) Meletakkan tanah kedalam loyang
- 3) Apabila oven telah mencapai suhu 60 °C, loyang yang berisi tanah dimasukkan kedalam oven
- 4) Tutup oven, dan suhu dinaikkan hingga 120 °C
- 5) Ditunggu kurang lebih 30 menit
- 6) Angkat loyang, dan m
- 7) Matikan oven.

### 3.5.3 Sterilisasi Alat dan Media

#### a) Sterilisasi Alat

Langkah-langkah yang dilakukan pada sterilisasi alat adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan bak-bak percobaan
2. Menyiapkan air dan chlorin sebanyak 150mg/L untuk merendam peralatan selama 12-24 jam.
3. Menetralkan chlorin pada alat dengan menggunakan Na-Thiosulfat 40-50 mg/L dan dibilas menggunakan air tawar sampai bersih.

#### b) Sterilisasi Air Laut

Menurut Ekawati (2005), langkah-langkah yang digunakan untuk melakukan sterilisasi media kultur adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan air laut sebagai media kultur.
2. Menyaring air laut menggunakan filter bag.
3. Air laut direbus 2 jam kemudian disimpan dalam wadah yang tidak tembus cahaya agar tidak ditumbuhi lumut.
4. Media dapat digunakan untuk kultur *Tetrasemis chuii*

### 3.5.4 Persiapan Penelitian

#### a) Persiapan Wadah Uji

Menyiapkan bak dan peralatan penunjang lainnya yang sudah disterilisasi.

#### b) Persiapan Media Kultur

1. Menyiapkan bak yang sudah steril.
2. Menyiapkan tanah yang sudah steril dengan ketinggian 2 cm
3. Menyiapkan media air laut untuk kultur *Tetraselmis chuii* yang sudah disterilisasi dengan volume 4,98 liter.

4. Menyiapkan pupuk organik limbah kubis sesuai perlakuan dosis yang telah ditentukan

**c) Persiapan Bibit *Tetraselmis chuii***

Menurut Ekawati (2005), bibit *Tetraselmis chuii* yang diambil dari stok dihitung kepadatan tebarnya dengan menggunakan rumus :

$$N1 \times V1 = N2 \times V2$$

Keterangan:

N1 : Kepadatan awal

V1 : Volume stok awal

N2 : Kepadatan kultur yang dikehendaki

V2 : Volume kultur yang dikehendaki

Kepadatan stok *Tetraselmis chuii* diperoleh dari hasil pengamatan *Tetraselmis chuii* sebelum pemberian perlakuan. Media yang digunakan sebanyak 4.980 mL dengan kepadatan yang diinginkan sebesar  $1 \times 10^4$ . Adapun perhitungan kepadatan yang akan digunakan sebagai berikut :

$$\text{Kepadatan} = 19/5 \times 25 \times 10^4$$

$$= 19/5 \times 25 \times 10^4$$

$$= 95 \times 10^4$$

$$N1 \times V1 = N2 \times V2$$

$$95 \times 10^4 \times V1 = 10^4 \times 4.980$$

$$= 52,42 \text{ mL}$$

### 3.5.5 Pelaksanaan Penelitian

Adapun pelaksanaan penelitian penggunaan pupuk limbah kubis dalam pertumbuhan *Tetraselmis chuii* sebagai berikut:

1. Meletakkan masing-masing bak secara acak sesuai perlakuan
2. Memasukkan media tanah dengan tinggi 2 cm dan air laut sebanyak 4,98 liter kedalam setiap bak.

3. Memasukkan pupuk organik limbah kubis ke setiap bak dengan dosis yang sudah ditentukan.
4. Melakukan penebaran bibit *Tetraselmis chuii* dengan kepadatan  $1 \times 10^4$  sel/mL.
5. Mengamati kelimpahan *Tetraselmis chuii* dengan mikroskop.
6. Mengamati parameter kualitas air yaitu : suhu, salinitas, DO, pH, alkalinitas, nitrat dan orthofosfat

### 3.6 Analisis Parameter Kualitas Air

#### 3.6.1 Suhu

Menurut SNI (1990), pengukuran suhu dengan menggunakan alat yaitu Termometer Hg. Prosedur pengukuran suhu dilakukan dengan cara :

- a. Memasukkan termometer Hg kedalam perairan dengan membelakangi matahari, dan ditunggu 2 - 3 menit.
- b. Mencatat dalam skala °C, membaca skala pada termometer Hg pada saat masih didalam air dan jangan sampai tangan menyentuh bagian air raksa thermometer

#### 3.6.2 Derajat Keasaman (pH)

Menurut SNI (1990), pengukuran derajat keasaman (pH) perairan menggunakan alat yaitu pH meter merk Cyberscan pH 300. Prosedur pengukuran pH meter dilakukan dengan cara :

- a. Dibuka tutup pH meter kemudian dikalibrasi dengan menggunakan aquadest
- b. Di klik tombol on kemudian dimasukkan pH meter kedalam perairan
- c. Ditunggu sampai angka atau nilai pH berhenti lama dan dicatat hasilnya
- d. Kemudian di klik tombol off dan ditutup kembali

### 3.6.3 Oksigen Terlarut (DO)

Menurut Salmin (2005), prinsip kerja DO meter adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit. Pada alat DO meter, probe ini biasanya menggunakan katoda perak (Ag) dan anoda timbal (Pb). Secara keseluruhan, elektroda ini dilapisi dengan membran plastik yang bersifat semi permeable terhadap oksigen.

- a. Alat DO meter dikalibrasi dengan aquades
- b. Elektroda dikeringkan dengan kertas tisu selanjutnya dibilas dengan aquades
- c. Elektroda dibilas dengan air sampel yang akan diuji
- d. Elektroda dicelupkan ke dalam air sampel yang diuji sampai DO meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- e. Dicatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari DO meter.

### 3.6.4 Salinitas

Menurut Kordi dan Tancung (2007), pengukuran salinitas dengan refraktometer adalah sebagai berikut:

- a. Mengambil air sampel menggunakan pipet tetes
- b. Meneteskan pada optik refraktometer sebanyak 1 tetes
- c. Melihat nilai salinitas pada refraktometer sebelah kanan dengan mengarahkan ke cahaya matahari.

### 3.6.5 Nitrat

Menurut Boyd (1979), pengukuran nitrat adalah sebagai berikut:

- a. Menyaring sampel 12,5 ml dan menuangkan kedalam cawan porselen
- b. Memanaskan cawan berisi sampel diatas *hot plate* hingga kering terbentuk kerak kemudian didinginkan
- c. Menambahkan 1 ml asam fenol disulfonik aduk dengan spatula
- d. Mengencerkan dengan 10 ml aquades

- e. Menambahkan dengan meneteskan  $\text{NH}_4\text{OH}$  sampai terbentuk warna kuning
- f. Mengencerkan dengan aquades sampai 12,5 ml lalu masukkan kedalam cuvet.
- g. Memasukkan cuvet kedalam spektrofotometer (dengan panjang gelombang 410  $\mu\text{m}$ )

### 3.6.6 Orthofosfat

Menurut Boyd (1979), pengukuran fosfat adalah sebagai berikut:

- a. Menyaring air sampel sejumlah 25 air sampel dengan menggunakan kertas saring.
- b. Menambahkan 1 ml amonium molybdate dan diaduk.
- c. Menambahkan 3-5 tetes  $\text{SnCl}_2$ , aduk diamkan 15 menit.
- d. Memasukkan cuvet kedalam spektrofotometer (dengan panjang gelombang 690nm).

### 3.6.7 Alkalinitas

Menurut Hariyadi *et al.* (1992), prosedur pengukuran alkalinitas sebagai berikut :

- a. Mengambil 50 ml air sampel, memasukkan ke dalam erlenmeyer.
- b. Menambahkan 2 tetes indikator pp :
  1. Apabila terbentuk warna pink maka segera dititrasi dengan  $\text{HCl}$  atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,02 N sampai terbentuk warna bening (tidak berwarna). Mencatat titran yang digunakan (misal : A ml). Menghitung alkalinitas dengan rumus :

$$\text{Alkalinitas (mg/l)} = \frac{V_{\text{titran}} \times N_{\text{titran}} \times 100/2 \times 1000}{\text{mL sampel}}$$

2. Apabila tidak berwarna maka segera menambahkan MO (Methyl Orange) sebanyak 3-4 tetes, kemudian dititrasi dengan  $\text{HCl}$  atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,02 N sampai terjadi perubahan warna dari biru menjadi merah kebiruan. Mencatat titran yang digunakan (misal : B ml). Menghitung

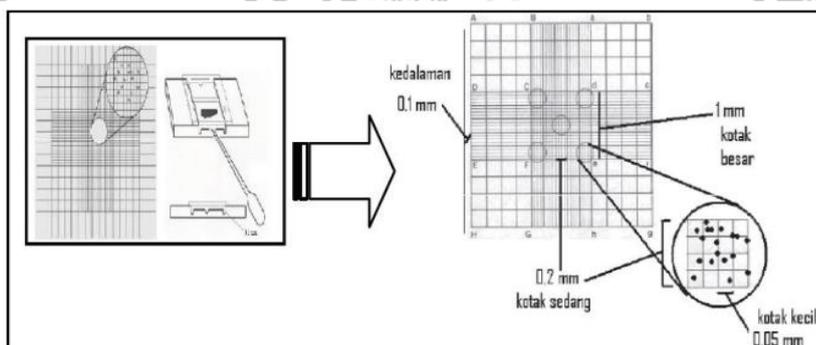
alkalinitas dengan rumus :

$$\text{Alkalinitas (mg/l)} = \frac{(A+B) \times N \text{ titran} \times 100/2 \times 1000}{\text{mL sampel}}$$

### 3.7 Menghitung Kelimpahan *Tetraselmis chuii*

Perhitungan kelimpahan mikroalga *Tetraselmis chuii* dilakukan untuk mengetahui perkembangan pertumbuhan selama pelaksanaan penelitian yaitu selama 14 hari. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler, *haemocytometer*, *handtally counter* sebagai alat bantu untuk menghitung kelimpahan mikroalga *Tetraselmis chuii*.

Hemacytometer merupakan suatu alat yang terbuat dari gelas yang dibagi menjadi kotak-kotak pada dua tempat bidang pandang. Kotak tersebut berbentuk bujur sangkar dengan sisi 1 mm dan tinggi 0,1 mm, sehingga bila ditutup dengan cover glass, akan menghasilkan volume ruangan 0,1 mm<sup>3</sup> atau 10<sup>-4</sup> ml. Kotak tersebut dibagi lagi menjadi dua puluh lima kotak bujur sangkar, yang masing-masing dibagi lagi menjadi enam belas kotak bujur sangkar yang lebih kecil (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Untuk mengetahui bentuk hemacytometer dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 7. Hemacytometer (Ochthreeani *et al.*, 2014)

Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), cara penghitungan kepadatan

*Tetraselmis chuii* dengan hemacytometer adalah sebagai berikut :

1. Hemacytometer dibersihkan terlebih dahulu dengan kertas tissue. Kemudian gelas penutupnya dipasang.
2. Mengambil 1 ml air sampel berisi *Tetraselmis chuii* kemudian ditambahkan lugol 1-2 tetes.
3. Meneteskan air sampel yang berisi *Tetraselmis chuii* menggunakan pipet tetes pada bagian parit yang melintang hingga penuh. Penetesan harus hati-hati agar tidak terjadi gelembung udara dibawah gelas penutup.
4. Selanjutnya *hemocytometer* tersebut diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 10 atau 40 kali dan di cari bidang yang berkotak-kotak.
5. Kemudian menghitung pertumbuhan *Tetraselmis chuii* menggunakan rumus.

Perhitungan menggunakan rumus yaitu mengambil 5 buah blok pada penampang *haemocytometer*. Pada setiap blok dihitung kelimpahannya dan dijumlahkan. Perhitungan tersebut sesuai dengan pendapat Cresswel (2010) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah} \left( \frac{\text{sel}}{\text{ml}} \right) = \frac{n}{\text{jumlah bidang pandang}} \times 25 \times 10000$$

Keterangan:

n = total sel hasil perhitungan

25 = faktor divisi berdasarkan presentase dari masing-masing kisi perhitungan pada penelitian menggunakan 5 titik sehingga 25

$10^4$  = Estimasi air yang ditemukan dalam *haemocytometer* pada penemuan n

Setelah dihitung menggunakan rumus perhitungan *Tetraselmis chuii* diatas, langkah selanjutnya adalah dilakukan pencatatan hasil pengamatan yang diperoleh serta diperoleh hasil pertumbuhan pada pengamatan pemeliharaan

*Tetraselmis chuii* selama 14 hari.

### 3.8 Laju Pertumbuhan Spesifik

Perhitungan laju pertumbuhan spesifik dari pertumbuhan saat awa kultur hingga puncak kelimpahan maksimum. Menurut Kurniastuty dan Julinasari (1995), laju pertumbuhan spesifik, dihitung dengan menggunakan rumus:

$$K = \frac{\ln N_t - \ln N_o}{T}$$

#### Keterangan :

K = Laju pertumbuhan jumlah populasi *Tetraselmis chuii*  
 $N_t$  = Jumlah populasi *Tetraselmis chuii* setelah t hari (sel/mL)  
 $N_o$  = Jumlah populasi awal *Tetraselmis chuii* (sel/mL)  
 T = waktu (hari) atau waktu dari  $N_o$  ke  $N_t$

#### - Doubling Time

*Doubling time* ( $t_d$ ) adalah waktu penggandaan dari sel *Tetraselmis chuii*.

Waktu penggandaan sel ( $t_d$ ) merupakan rata-rata waktu generasi konsentrasi sel

*Doubling time* (hari) dihitung dari laju pertumbuhan dengan menggunakan rumus

menurut Ak *et al.* (2008), sebagai berikut :

$$dt = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,6933}{\mu}$$

#### Keterangan :

$dt$  = Doubling time (hari)  
 $\ln 2$  = nilai logaritma natural 2  
 $\mu$  = Laju Pertumbuhan

### 3.9 Analisis Data

Analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tersarang dengan menggunakan ANOVA. Uji anova bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh pemberian pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi berbeda pada *Tetraselmis chuii*. Apabila dari analisa keragaman diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata, maka untuk membandingkan nilai dilanjutkan dengan uji Beda Nyata

Terkecil (BNT). Uji BNT dilakukan untuk mengetahui perlakuan mana saja yang memiliki perbedaan. Model rancangan ini menurut Sudjana (1994) sebagai berikut

$$Y_{ij} = \mu + A(i) + B_j(i) + \epsilon(ij)$$

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, r$$

Keterangan :

$Y_{ij}$  : Pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

$\mu$  : Rata-rata umum

$A(i)$  : Pengaruh perlakuan ke j

$B_j(i)$  : Pengaruh j yang ada dalam i

$\epsilon(ij)$  : Pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Berikut adalah tabel analisis ragam untuk rancangan acak lengkap pada

Tabel 1.

**Tabel 1. Analisa Ragam**

SK	Db	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	a-1					
Waktu dalam perlakuan	a(b-1)					
Galat	ab(r-1)					
Total	abr-1					

Kesimpulan:

- Jika Fhitung > Ftabel 5% dan Ftabel 1% maka perlakuan berbeda sangat nyata.
- Jika Fhitung > Ftabel 5% tetapi lebih kecil dibanding Ftabel 1 % maka berbeda nyata.
- Jika Fhitung < Ftabel 5% dan Ftabel 1% maka tidak berbeda.

Apabila dalam kesimpulan analisa diperoleh hasil berbeda nyata atau berbeda sangat nyata, maka harus dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dari masing-masing perlakuan. Rumus perhitungan uji BNT sebagai berikut :

$$BNT (5\%) = t_{0,05/2} (DBG) \times \frac{\sqrt{2KTG}}{rb}$$

Kesimpulan:

- Jika nilai uji BNT > selisih rata-rata maka tidak ada pengaruh yang nyata (tidak berbeda nyata).
- Jika nilai uji BNT < selisih rata-rata maka diantara kedua perlakuan ada pengaruh yang nyata (berbeda nyata).



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kelimpahan *Tetraselmis chuii*

Hasil dari penelitian mengenai kultur *Tetraselmis chuii* pada media air laut dengan menggunakan pupuk organik limbah kubis yang dilakukan selama 14 hari, menunjukkan hasil yang berbeda pada tiap perlakuan. Penambahan pupuk organik limbah kubis yang dimaksudkan sebagai sumber nutrisi pada media kultur untuk menunjang pertumbuhan *Tetraselmis chuii*. Terdapat perbedaan jumlah kelimpahan populasi *Tetraselmis chuii* pada masing-masing media kultur. Hal ini menunjukkan bahwa *Tetraselmis chuii* mampu memanfaatkan nutrisi yang berasal dari pupuk organik limbah kubis tersebut. Hasil kelimpahan *Tetraselmis chuii* selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 4. Sedangkan rata-rata kelimpahan *Tetraselmis chuii* dapat dilihat Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Kelimpahan Rata-Rata *Tetraselmis chuii* ( $10^4$ ) sel/ml

Hari ke-	Perlakuan ( $10^4$ sel/ml)			
	K (0 mg/L)	A (1 mg/L)	B (2 mg/L)	C (3 mg/L)
0	1,0	1,0	1,0	1,0
1	5,0	5,0	5,0	6,7
2	6,7	10,0	10,0	15,0
3	10,0	13,3	15,0	16,7
4	11,7	15,0	16,7	16,7
5	15,0	20,0	21,7	21,7
6	20,0	26,7	33,3	41,7
7	16,7	23,3	25,0	26,7
8	15,0	21,7	25,0	25,0
9	18,3	21,7	21,7	23,3
10	15,0	20,0	20,0	23,3
11	13,3	13,3	15,0	18,3
12	13,3	11,7	13,3	15,0
13	10,0	10,0	13,3	15,0
14	8,3	10,0	11,7	11,7

Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan rata-rata tertinggi kelimpahan *Tetraselmis chuii* berada pada pemberian pupuk organik limbah kubis dengan dosis 3 mg/L sebanyak  $41,7 \times 10^4$  sel/mL, diikuti dengan dosis 2 mg/L sebanyak  $33,3 \times 10^4$  sel/mL kemudian dosis 1 mg/L sebanyak  $26,7 \times 10^4$  sel/mL. Sedangkan rata-rata terendah berada pada pemberian pupuk organik limbah kubis dengan dosis 0 mg/L sebanyak  $20 \times 10^4$  sel/mL. Pada data kelimpahan rata-rata *Tetraselmis chuii* pada Tabel 2 diatas perlu adanya uji lanjutan yakni Uji F dengan pola tersarang yang kemudian diperoleh hasil seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Analisa Varian (ANOVA)

SK	DB	JK	KT	F hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	1112,50	370,83	8,04**	2,68	3,95
Waktu dalam perlakuan	52	6677,57	128,41	2,78**	1,48	1,70
Galat	112	5166,33	46,13			
Total	167					

Keterangan : \* berbeda nyata  
\*\* berbeda sangat nyata

Hasil perhitungan ANOVA pada Tabel 3, menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik limbah kubis berpengaruh sangat nyata terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii* selama penelitian. Hal ini dapat dilihat dari nilai F Tabel 5% (2,68) < F Hitung (8,04) > F Tabel 1% (3,95), yang berarti terima  $H_1$  yang artinya dengan pemberian pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi berbeda memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*.

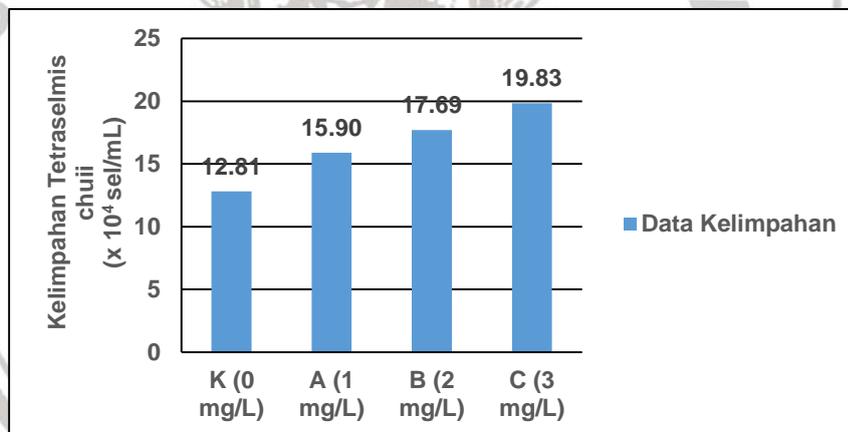
Selanjutnya, untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi yang berbeda terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii* dilakukan dengan uji BNT yang disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Perlakuan	Rata-rata	Kontrol	A	B	C	Notasi
		12,81	15,90	17,69	19,83	
Kontrol	12,81	-				a
A	15,90	3,09*	-			b
B	17,69	4,88	1,79 <sup>tn</sup>	-		b
C	19,83	7,02	3,93*	2,14 <sup>tn</sup>	-	c

Keterangan: tn = tidak nyata, \*nyata pada taraf BNT 5%

Berdasarkan pada Tabel 4, diketahui bahwa perlakuan A (1 mg/L) dengan perlakuan B (2 mg/L) memiliki notasi yang sama sehingga perlakuan tersebut tidak berbeda, sedangkan perlakuan Kontrol (0 mg/L) dan C (3 mg/L) memiliki notasi yang berbeda, sehingga perlakuan tersebut berbeda nyata. Pengaruh konsentrasi pupuk organik limbah kubis terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii* dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Limbah Kubis terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*

Berdasarkan hasil tabel uji BNT diatas diketahui bahwa perlakuan kontrol menunjukkan kelimpahan *Tetraselmis chuii* terendah dibandingkan dengan perlakuan lain. Adanya penambahan dosis dapat mempengaruhi jumlah kelimpahan *Tetraselmis chuii*, semakin tinggi dosis yang diberikan maka semakin tinggi kelimpahan *Tetraselmis chuii*. Hasil nilai rata-rata, kelimpahan tertinggi pada

perlakuan C yaitu perlakuan dengan pemberian konsentrasi pupuk organik limbah kubis 3 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi pupuk organik limbah kubis dengan konsentrasi 3 mg/L memberikan pengaruh lebih baik dalam hal kelimpahan *Tetraselmis chuii* selama 14 hari dibandingkan perlakuan lainnya.

Untuk mengetahui konsentrasi pupuk organik limbah kubis optimal yang dapat diberikan untuk meningkatkan kelimpahan *Tetraselmis chuii* dilakukan dengan perhitungan regresi kuadratik dapat dilihat pada Lampiran 6.

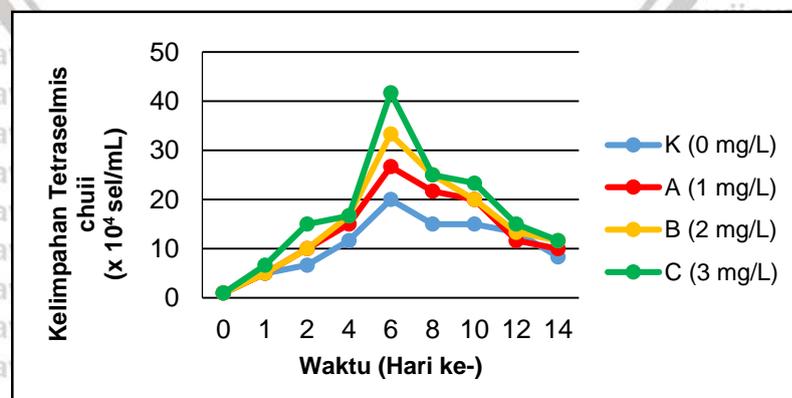
$$\bar{Y} = 11,67 + 17,24 - 3,6X^2 \text{ untuk } 0 \leq X \leq 2.$$

$$Y' = 17,24 - 2(3,6 X)$$

$$0 = 17,24 - 7,2 X$$

$$X = 2,3$$

Hasil perhitungan diperoleh konsentrasi pupuk organik limbah kubis optimal sebesar 2,3 mg/L. Demikian juga dengan perhitungan waktu dalam perlakuan pada tabel ANOVA (Tabel 4), didapatkan  $f_{Tabel 5\%} (1,48) < f_{Hitung} (2,78) > f_{Tabel 1\%} (1,70)$  yang artinya waktu dalam perlakuan dengan pemberian pupuk organik limbah kubis juga memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kelimpahan *Tetraselmis chuii*. Untuk mengetahui pengaruh kelimpahan *Tetraselmis chuii* dari waktu ke waktu sebagai akibat dari pemberian konsentrasi pupuk organik limbah kubis dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9. Kelimpahan populasi *Tetraselmis chuii* (sel/mL)

Berdasarkan Gambar 9 dapat dijelaskan bahwa jumlah pertumbuhan sel fitoplankton *Tetraselmis chuii* memiliki lima fase pertumbuhan, yaitu fase adaptasi, fase eksponensial, fase perlambatan pertumbuhan, fase stationer dan fase kematian. Pada fase adaptasi, sel masih mengalami proses adaptasi lingkungan yaitu menyesuaikan media awal ke media baru. Fase ini berlangsung pada hari ke-1 sampai pada hari ke-3. Hal ini ditunjukkan oleh grafik kepadatan sel, dimana kepadatan sel hari pertama hingga hari kedua belum mengalami kenaikan yang signifikan. Menurut Retnaningdyah *et al.* (2011), menjelaskan bahwa fase adaptasi merupakan fase dimana sel-sel mikroorganisme mengalami proses adaptasi terhadap lingkungan baru. Pada fase ini, sel akan mengalami perbesaran. Menurut Chilmawati dan Suminto (2008), waktu fase lag (adaptasi) menunjukkan lamanya adaptasi fitoplankton dengan media barunya. Perbedaan lamanya masa adaptasi diduga karena adanya perbedaan kepekatan antara media kultur dengan cairan tubuh sel alga, dalam masa adaptasi sel-sel memulihkan enzim dan konsentrasi substrat ke tingkat yang diperlukan untuk pertumbuhan serta masuknya unsur hara ke dalam sel fitoplankton terjadi melalui proses difusi sebagai akibat perbedaan konsentrasi antara media kultur dengan cairan tubuh.

Kenaikan signifikan mulai terjadi pada hari ke-4, yang berarti pembelahan sel optimal mulai terjadi. Hari ke-4 sampai pada hari ke-6 disebut tahap eksponensial yaitu sel fitoplankton mengalami pembiakan sel yang cepat.

Berdasarkan hasil yang diperoleh selama penelitian dapat dilihat bahwa pada perlakuan kontrol (0 mg/L), perlakuan A (1 mg/L), perlakuan B (2 mg/L), dan perlakuan C (3 mg/L) mengalami peningkatan disemua perlakuan hingga mencapai puncaknya pada hari ke-6 penelitian. Hal ini sesuai penelitian Pujiono (2013), pola pertumbuhan *Tetraselmis chuii* memiliki puncak populasi yaitu pada hari ke-6. Hal ini ditandai dengan penambahan jumlah sel yang sangat cepat melalui pembelahan sel alga dan apabila dihitung secara matematis membentuk

fungsi logaritma. Untuk kepentingan budidaya, sebaiknya sel algae dipanen pada akhir fase eksponensial. Karena pada fase ini struktur sel masih normal secara nutrisi terjadi keseimbangan antara nutrisi dalam media dan kandungan nutrisi dalam sel. Selain itu, pada fase akhir eksponensial, didapatkan kandungan protein dalam sel sangat tinggi, sehingga kualitas sel algae benar-benar terjaga untuk kepentingan kultivan budidaya lebih lanjut (Putri *et al.*, 2009).

Selanjutnya tahap perlambatan pertumbuhan, kecepatan tumbuh sel fitoplankton *Tetraselmis chuii* mulai melambat. Faktor yang berpengaruh adalah kekurangan nutrisi. Fase selanjutnya yaitu fase stasioner yang ditandai terjadinya penurunan kecepatan perkembangan sel fitoplankton secara bertahap. Jumlah populasi konstan dalam waktu tertentu sebagai akibat dari penghentian pembiakan sel-sel secara total atau adanya keseimbangan antara tingkat kematian dan tingkat pertumbuhan yang terjadi pada hari ke-10. Kemudian terjadi fase kematian, fitoplankton mengalami penurunan populasi yang berujung pada kematian yang terjadi pada hari ke-12. Menurut Rusyani (2001) dalam Musa *et al.* (2014), terjadi penurunan jumlah sel karena baik kandungan nutrisi maupun 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 keadaan dimana kebutuhan nutrisi menjadi semakin lebih besar, sedangkan kandungan nutrisi dalam media semakin menurun karena tidak dilakukannya penambahan nutrisi. Selain itu, juga persaingan tempat hidup karena semakin banyak jumlahnya sel dalam volume yang tetap.

Menurut Fogg (1975) dalam Utomo (2005), adanya bayangan populasi dari selnya sendiri (*self shading*) juga menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya yang diserap sehingga dapat mengakibatkan kematian. Ketiga faktor inilah yang menyebabkan kematian individu dan sekaligus memperkecil jumlah sel-sel yang

tumbuh, sehingga setelah mengalami puncak akan mengalami penurunan jumlah sel.

#### 4.2 Laju Pertumbuhan Spesifik

Menurut Wulandari (2011) dalam Musa *et al.* (2014), laju pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) menggambarkan kecepatan pertambahan sel fitoplankton per satuan waktu yang dapat dipakai sebagai tolak ukur untuk mengetahui daya dukung medium atau nutrisi terhadap pertumbuhan atau pembelahan sel fitoplankton.

Data rata-rata laju pertumbuhan kelimpahan *Tetraselmis chuii* dapat dilihat pada

Tabel 5.

**Tabel 5.** Rata-rata Laju Pertumbuhan Spesifik

Perlakuan	ulangan	Laju Pertumbuhan Spesifik (sel/mL /hari)	Rata-rata (sel/mL /hari)
0 mg/L	1	0,220	0,273
	2	0,277	
	3	0,322	
1 mg/L	1	0,322	0,334
	2	0,322	
	3	0,358	
2 mg/L	1	0,358	0,379
	2	0,389	
	3	0,389	
3 mg/L	1	0,416	0,378
	2	0,301	
	3	0,416	

Berdasarkan Tabel diatas didapatkan hasil laju pertumbuhan *Tetraselmis chuii* tertinggi yaitu pada dosis 2 mg/L sebesar 0,379 sel/mL/hari , kemudian pada dosis 3 mg/L sebesar 0,378 sel/mL/hari, pada dosis 1 mg/L sebesar 0,334 sel/mL/hari sedangkan laju pertumbuhan terendah yaitu pada dosis 0 mg/L sebesar 0,273 sel/mL/hari. Kondisi tinggi dan rendahnya laju pertumbuhan pada kelimpahan *Tetraselmis chuii*, dikarenakan perbedaan nutrisi pada setiap perlakuan serta adanya penyerapan nutrisi lebih yang digunakan untuk pergerakan sel dan proses pertumbuhan. Laju pertumbuhan spesifik juga

dipengaruhi oleh besar kecilnya permukaan sel. Semakin kecil ukuran sel, maka semakin besar luas permukaannya sehingga masuknya nutrisi ke dalam jaringan sel lebih cepat (Musa *et al.*, 2014).

Menurut Priyambodo (2011), bahwa dalam mengkultur *Tetraselmis chuii* ketersediaan unsur hara sangat menentukan terhadap laju pertumbuhan populasinya, apabila terjadi kekurangan unsur hara dalam media dapat menyebabkan terjadinya penurunan laju pertumbuhan.

Sedangkan untuk hasil dari *doubling time* (td) dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Rata-rata *Doubling Time*

Perlakuan	ulangan	<i>Doubling time</i> (/hari)	Rata - rata (/hari)
0 mg/L	1	3,155	2,603
	2	2,500	
	3	2,153	
1 mg/L	1	2,153	2,080
	2	2,153	
	3	1,934	
2 mg/L	1	1,934	1,832
	2	1,781	
	3	1,781	
3 mg/L	1	1,667	1,879
	2	2,304	
	3	1,667	

Berdasarkan Tabel dapat dijelaskan bahwa nilai *doubling time* perlakuan 0 mg/L sebesar 2,60. Hal tersebut menggambarkan bahwa sel *Tetraselmis chuii* memerlukan waktu selama 2,60 hari untuk dapat menggandakan dirinya. Kemudian nilai *doubling time* perlakuan 1 mg/L sebesar 2,08. Hal tersebut menggambarkan bahwa sel *Tetraselmis chuii* memerlukan waktu selama 2,08 hari untuk menggandakan dirinya. Pada perlakuan 2 mg/L nilai *doubling time* sebesar 1,83 artinya sel *Tetraselmis chuii* memerlukan waktu selama 1,83 hari untuk dapat menggandakan dirinya. Sedangkan nilai *doubling time* perlakuan 3 mg/L sebesar

1,87. Hal tersebut menggambarkan bahwa sel *Tetraselmis chuii* memerlukan waktu selama 1,87 hari untuk dapat menggandakan dirinya.

Menurut Afriza *et al.*, (2014), waktu generasi yang lebih rendah berarti pertumbuhan jumlah populasi lebih cepat karena waktu yang diperlukan untuk pembelahan sel lebih singkat sehingga untuk mencapai kepadatan maksimum lebih cepat. Baik atau tidaknya waktu generasi dan laju pertumbuhan tergantung pada tujuan kultur fitoplankton tersebut. Apabila menginginkan panen yang cepat maka dibutuhkan waktu generasi rendah dan laju pertumbuhan yang lebih tinggi.

### 4.3 Parameter Kualitas Air

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Tetraselmis chuii* salah satunya adalah unsur hara, disamping ketersediaan unsur hara yang dapat mempengaruhi yaitu kualitas air. Kualitas air dalam penelitian ini bermaksud untuk mengetahui kisaran kualitas air yang dapat ditolerir *Tetraselmis chuii* untuk mendukung pertumbuhannya. Parameter kualitas air yang diukur selama penelitian meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut (DO), derajat keasaman (pH), alkalinitas, nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), dan orthofosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ).

#### 4.3.1 Suhu

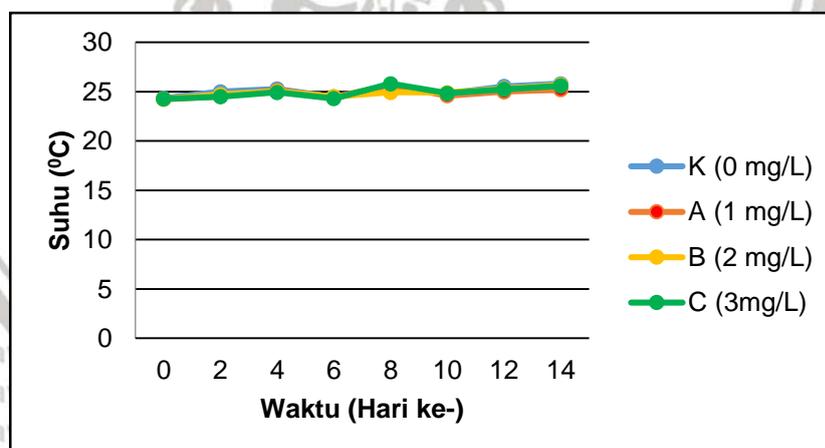
Suhu mempengaruhi proses-proses fisika, kimia dan biologi yang berlangsung dalam sel mikroalga. Peningkatan temperatur hingga batas tertentu akan merangsang aktivitas metabolisme, sehingga laju difusi akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur dan dapat mempengaruhi laju fotosintesis (Prabowo, 2009). Suhu secara langsung akan mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan merupakan faktor yang menentukan pertumbuhan alga. Suhu air mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses metabolisme. Kenaikan suhu sampai batas tertentu dapat mempercepat proses metabolisme (Suriawiria, 1985).

Nilai pengukuran suhu selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 7. Nilai pengukuran suhu rata-rata dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Rata- Rata Pengukuran Suhu (°C) selama penelitian

Hari ke-	Perlakuan			
	K (0 mg/L)	A (1 mg/L)	B (2 mg/L)	C (3 mg/L)
0	24,33	24,23	24,27	24,27
1	24,47	24,33	24,53	24,50
2	25,00	24,53	24,70	24,50
3	25,43	25,03	25,53	25,50
4	25,27	25,13	25,03	24,93
5	25,30	24,67	24,63	24,50
6	24,47	24,47	24,50	24,30
7	24,30	26,50	24,47	24,10
8	25,33	25,67	24,93	25,80
9	25,07	25,90	25,17	24,97
10	24,80	24,60	24,90	24,83
11	25,40	25,30	25,30	24,50
12	25,53	25,00	25,30	25,23
13	25,70	24,30	25,60	25,40
14	25,80	25,20	25,70	25,60

Gambaran lebih jelasnya mengenai hasil rata-rata pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 10 sebagai berikut:



**Gambar 10.** Grafik rata-rata pengukuran suhu pada media kultur

Berdasarkan hasil pengukuran suhu pada penelitian ini didapatkan rata-rata yaitu 24,10 °C - 26,50 °C. Suhu pada media kultur mulai mengalami peningkatan pada hari ke-4 dan turun hari ke-6 dengan konsentrasi suhu tertinggi

terjadi pada perlakuan A (1 mg/L) yakni sebesar 26,50 °C dan konsentrasi suhu terendah pada perlakuan C (3 mg/L) yakni sebesar 24,10 °C. Hal ini dikarenakan perbedaan intensitas matahari yang sampai pada tiap-tiap bak perlakuan karena penggunaan sistem lingkungan tidak terkontrol (*outdoor*) sehingga sinar matahari cukup berpengaruh dalam penentuan konsentrasi suhu.

Kisaran suhu dari hasil penelitian ini masih dalam kisaran yang dapat di tolerir oleh *Tetraselmis chuii*. Menurut Rostini (2007), bahwa suhu optimum pada kegiatan kultur *Tetraselmis chuii* yaitu berkisar 20 °C – 27 °C dan ditambahkan Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), *Tetraselmis chuii* dapat mentoleransi suhu 15 °C - 35 °C, dimana pada kondisi suhu tersebut *Tetraselmis chuii* masih mampu melakukan proses reproduksi.

Suhu air dapat mempengaruhi kehidupan biota air secara tidak langsung, yaitu melalui pengaruhnya terhadap kelarutan oksigen dalam air. Semakin tinggi suhu air maka semakin rendah daya larut oksigen di dalam air. Sebaliknya, apabila suhu air menurun maka kelarutan oksigen semakin tinggi. Semakin tinggi suhu air, semakin tinggi pula laju metabolisme organisme (Effendi, 2003).

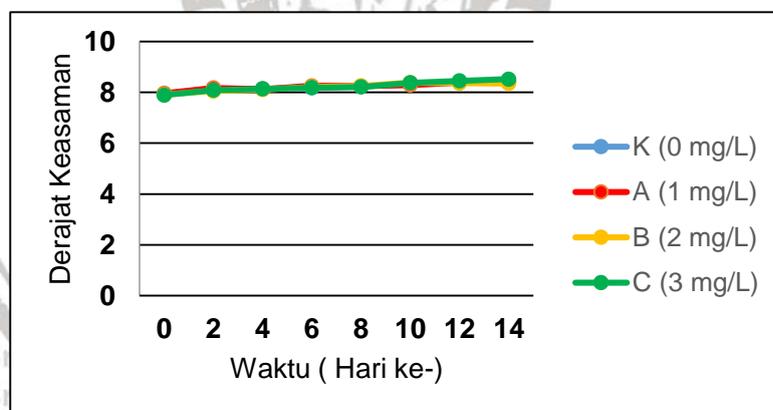
#### 4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) pada pertumbuhan organisme merupakan faktor yang mempengaruhi kegiatan enzim. pH ini akan mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan mikroalga serta dapat mengubah ketersediaan nutrisi dan mempengaruhi fisiologi sel. pH yang semakin menurun akan menyebabkan peningkatan CO<sub>2</sub> terlarut (Afriza *et al.*, 2015). Nilai pengukuran derajat keasaman (pH) selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 7. Nilai rata-rata pengukuran derajat keasaman (pH) pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Rata- Rata Pengukuran pH selama penelitian

Hari ke-	Perlakuan			
	K (0 mg/L)	A (1 mg/L)	B (2 mg/L)	C (3 mg/L)
0	7,95	7,96	7,90	7,89
1	7,96	8,12	7,93	8,06
2	8,08	8,17	8,05	8,09
3	8,06	8,07	8,03	8,08
4	8,14	8,12	8,11	8,13
5	8,15	8,15	8,14	8,17
6	8,17	8,25	8,21	8,18
7	8,10	8,24	8,09	8,13
8	8,23	8,24	8,25	8,21
9	8,04	8,06	8,30	8,27
10	8,35	8,28	8,38	8,37
11	8,37	8,39	8,35	8,39
12	8,38	8,38	8,36	8,45
13	8,41	8,38	8,34	8,50
14	8,41	8,41	8,35	8,52

Gambaran lebih jelasnya mengenai hasil rata-rata pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 11 sebagai berikut :



**Gambar 11.** Grafik rata-rata pengukuran pH pada media kultur

Berdasarkan hasil pengukuran pH pada penelitian ini didapatkan rata-rata yaitu 7,89 - 8,52. Nilai pH tertinggi pada konsentrasi C (3 mg/L) sebesar 8,52 sedangkan pH terendah pada konsentrasi C (3 mg/L) sebesar 7,89. Kisaran pH dari hasil penelitian ini masih dalam kisaran yang di tolerir oleh *Tetraselmis chui*.

hal ini sesuai dengan pernyataan Fogg dan Thake (1987) dalam Nawansih *et al.*



(2016), kisaran pH yang optimum bagi pertumbuhan *Tetraselmis chuii* adalah 8 -

9,5. Kenaikan pH terjadi seiring dengan adanya kenaikan nilai salinitas pada media kultur, dan karena adanya aktivitas fotosintesis mikroalga. Pada saat fotosintesis, CO<sub>2</sub> bebas merupakan jenis karbon anorganik utama yang digunakan mikroalga.

Mikroalga juga dapat menggunakan ion karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) dan ion bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Penyerapan CO<sub>2</sub> bebas dan bikarbonat oleh mikroalga menyebabkan penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> terlarut dan mengakibatkan peningkatan nilai pH.

Menurut Isnaini *et al.* (2014), perairan dengan pH antara 6 – 9 merupakan perairan dengan kesuburan yang tinggi dan tergolong produktif karena memiliki kisaran pH yang dapat mendorong proses pembongkaran bahan organik yang ada dalam perairan menjadi mineral-mineral yang dapat diasimilasikan oleh fitoplankton. Nilai pH yang berada pada ambang batas normalnya dapat menurunkan kecepatan tumbuh dari fitoplankton. pH berhubungan dengan kelarutan CO<sub>2</sub> dalam media kultur, karena CO<sub>2</sub> akan berikatan dengan ion H<sup>+</sup> sehingga akan membentuk asam karbonat yang bersifat asam (Alamsjah *et al.*, 2011).

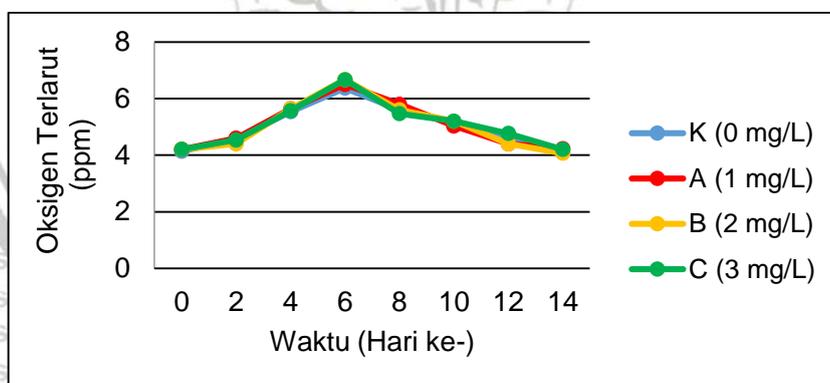
#### 4.3.3 Oksigen Terlarut (DO)

Fitoplankton merupakan pengguna oksigen selain peranannya sebagai penyumbang oksigen utama dalam air, sehingga DO merupakan parameter kualitas air yang penting pula bagi kehidupan fitoplankton (Romimohtarto dan Juwana, 2001). Nilai pengukuran oksigen terlarut selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 7. Nilai rata-rata pengukuran oksigen terlarut pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Rata- Rata Pengukuran Oksigen Terlarut selama penelitian

Hari ke-	Perlakuan			
	A (0 mg/L)	B (1 mg/L)	C (2 mg/L)	D (3 mg/L)
0	4,13	4,20	4,20	4,20
1	4,33	4,37	4,30	4,37
2	4,57	4,60	4,40	4,53
3	5,17	5,40	5,50	5,37
4	5,53	5,63	5,63	5,57
5	5,73	5,53	5,63	5,63
6	6,37	6,50	6,67	6,67
7	6,43	6,30	6,27	6,23
8	5,60	5,80	5,60	5,47
9	5,37	5,17	5,33	5,13
10	5,15	5,03	5,20	5,20
11	5,00	5,07	4,80	5,10
12	4,67	4,40	4,40	4,77
13	4,47	4,23	4,37	4,30
14	4,10	4,23	4,07	4,20

Gambaran lebih jelasnya mengenai hasil rata-rata pengukuran oksigen terlarut dapat dilihat pada Gambar 12 sebagai berikut :



**Gambar 12.** Grafik rata-rata pengukuran DO pada media kultur

Berdasarkan hasil pengukuran oksigen terlarut pada penelitian ini didapatkan rata-rata yaitu 4,07 - 6,67 mg/L. Nilai oksigen terlarut tertinggi pada konsentrasi C (3 mg/L) sebesar 6,67 mg/L sedangkan oksigen terlarut terendah pada konsentrasi B (2 mg/L) sebesar 4,07 mg/L. Kisaran oksigen terlarut dari hasil penelitian ini masih dalam kisaran yang di tolerir oleh *Tetraselmis chui*. Kisaran



oksigen terlarut yang diperoleh masih tergolong memiliki produktifitas tinggi.

Kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan akan menurun akibat proses pembusukkan bahan organik, respirasi, dan reaerasi terhambat. Penurunan oksigen terlarut terjadi akibat pemanfaatan oksigen terlarut untuk proses dekomposisi bahan organik menjadi bahan anorganik. Nilai kandungan oksigen sebesar 2 ppm sudah cukup untuk mendukung kehidupan organisme perairan (Andriani, 1999) dalam Patty, (2015). Peningkatan nilai oksigen terlarut terjadi pada hari ke- 6. Besarnya nilai oksigen terlarut tersebut berasal dari banyaknya kelimpahan *Tetraselmis chuii* sehingga oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis yang dihasilkan juga meningkat. Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35 %) dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton (Effendi, 2003).

#### 4.3.4 Salinitas

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 asal (Fachrullah, 2011).

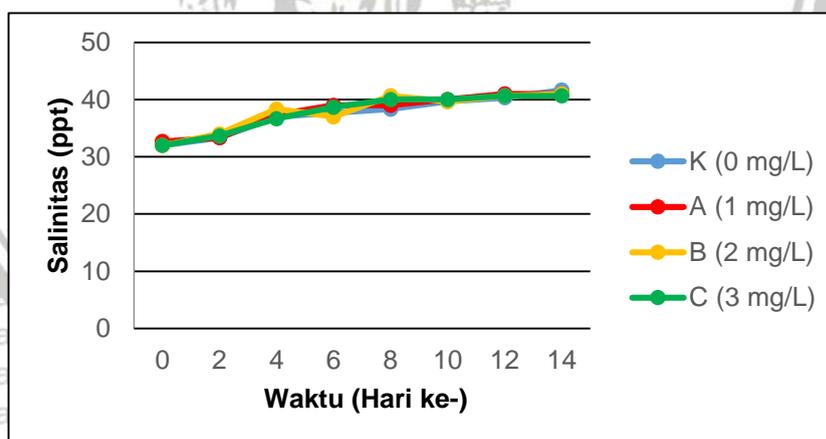
Salinitas sangat penting bagi golongan alga laut dan payau, yaitu untuk mempertahankan tekanan osmotik yang layak antara protoplasma dari organisme dengan air sebagai lingkungan hidupnya. Kadar salinitas akan mempengaruhi tekanan osmotik sel sehingga secara langsung akan mempengaruhi proses metabolismenya (Priyambodo dan Wahyuningsih, 2008). Nilai pengukuran salinitas selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 7. Nilai rata-rata

pengukuran salinitas pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Rata- Rata Pengukuran Salinitas selama penelitian

Hari ke-	Perlakuan			
	K (0 mg/L)	A (1 mg/L)	B (2 mg/L)	C (3 mg/L)
0	32,0	32,7	32,0	32,0
1	33,3	33,7	32,3	33,3
2	33,3	33,3	34,0	33,7
3	35,7	36,7	35,7	36,7
4	37,0	37,3	38,3	36,7
5	38,3	38,3	37,7	38,3
6	37,7	39,0	37,0	38,7
7	37,7	40,0	40,7	39,3
8	38,3	39,0	40,7	40,0
9	38,7	39,3	39,0	39,7
10	39,7	40,0	39,7	40,0
11	40,7	39,7	40,3	40,0
12	40,3	41,0	40,7	40,7
13	41,0	41,0	41,0	40,3
14	41,7	41,0	41,0	40,7

Gambaran lebih jelasnya mengenai hasil rata-rata pengukuran salinitas dapat dilihat pada Gambar 13 sebagai berikut :



**Gambar 13.** Grafik rata-rata pengukuran salinitas pada media kultur

Berdasarkan hasil pengukuran salinitas pada penelitian ini didapatkan hasil kisaran salinitas pada semua perlakuan berkisar antara 32 - 40,7 ppt. Nilai salinitas tertinggi pada konsentrasi C (3 mg/L) sebesar 40,7 ppt sedangkan Nilai salinitas

terrendah pada konsentrasi K (0 mg/L) sebesar 32,0 ppt. Menurut Silfester (2007)

dalam Fauziyah (2016), salinitas optimum yang dibutuhkan fitoplankton air laut untuk pertumbuhan berkisar 25 ppt - 38 ppt. Nilai salinitas hari ke-0 sampai hari ke-14 mengalami kenaikan.

Meningkatnya salinitas dalam medium dapat menyebabkan cairan keluar dari dalam protoplasma, apabila hal itu terjadi maka fitoplankton akan mengalami penyusutan sel. Menurut Nawansih *et al.* (2016), kenaikan salinitas pada kisaran yang tinggi ini dapat menyebabkan kerusakan sel seperti mengkerutnya membrane sel, terganggunya aktivitas metabolisme sel, dan terganggunya proses-proses kimia lain yang berperan penting dalam pertumbuhan.

#### 4.3.5 Nitrat

Nitrat merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama yang berguna bagi pertumbuhan tanaman dan alga.

Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat oleh organisme.

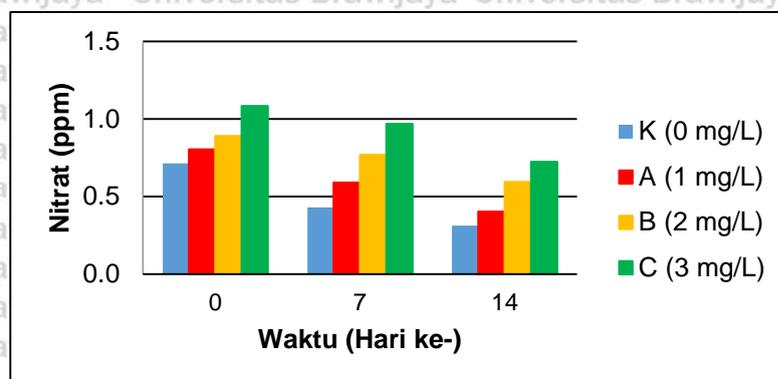
Proses ini penting dalam siklus nitrogen. Fungsi nitrogen yaitu membangun dan memperbaiki jaringan tubuh serta memberikan energi. Tumbuhan dan hewan membutuhkan nitrogen untuk sintesa protein (Effendi, 2003). Nilai

pengukuran Nitrat selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 7. Data pengukuran nitrat pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Rata- Rata Pengukuran Nitrat selama penelitian

Hari ke-	Perlakuan			
	K (0 mg/L)	A (1 mg/L)	B (2 mg/L)	C (3 mg/L)
0	0,715	0,890	0,805	1,085
7	0,430	0,770	0,590	0,970
14	0,313	0,595	0,390	0,725

Gambaran lebih jelasnya mengenai hasil rata-rata pengukuran nitrat dapat dilihat pada Gambar 14 sebagai berikut :



**Gambar 14.** Grafik rata-rata pengukuran nitrat pada media kultur

Berdasarkan hasil pengukuran nitrat pada penelitian ini didapatkan rata-rata 0,313-1,085 mg/L. Menurut Mackentum (1969) dalam Astuti *et al.* (2009), untuk pertumbuhan optimal fitoplankton memerlukan kandungan nitrat pada kisaran 0,9-3,5 mg/L. Konsentrasi nitrogen yang rendah merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan sel.

Nilai nitrat yang semakin menurun selama waktu penelitian dikarenakan besarnya pemanfaatan nitrat oleh *Tetraselmis chuii* untuk melakukan perkembangbiakan, sedangkan pemberian pupuk limbah kubis yang digunakan selama penelitian hanya diberikan sekali, tanpa adanya pemberian pupuk susulan. Sehingga kemungkinan adanya penambahan nilai nitrat dari proses dekomposisi jasad fitoplankton yang telah mati tidak begitu berpengaruh.

#### 4.3.6 Orthofosfat

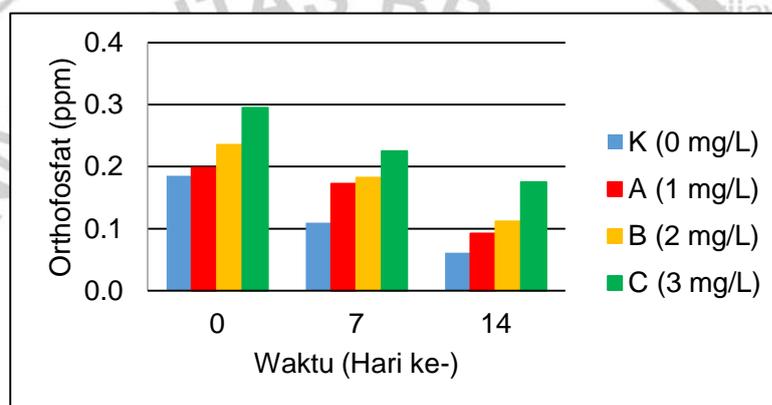
Orthofosfat merupakan salah satu zat hara yang dibutuhkan dan mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan hidup organisme di laut (Patty, 2014). Orthofosfat sendiri dalam perairan berperan sebagai nutrisi. Akan tetapi tingginya kandungan fosfat di perairan dapat

berdampak pada peledakan plankton (Jamilah, 2015). Nilai pengukuran orthofosfat dapat dilihat pada Lampiran 7. Nilai rata-rata pengukuran orthofosfat pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Rata-Rata Pengukuran Orthophospat (mg/L) selama penelitian

Hari ke-	Perlakuan			
	K (0 mg/L)	A (1 mg/L)	B (2 mg/L)	C (3 mg/L)
0	0,185	0,235	0,198	0,295
7	0,110	0,182	0,140	0,225
14	0,062	0,112	0,092	0,175

Gambaran lebih jelasnya mengenai hasil rata-rata pengukuran orthofosfat dapat dilihat pada Gambar 15 sebagai berikut :



**Gambar 15.** Grafik rata-rata pengukuran orthofosfat pada media kultur

Berdasarkan hasil pengukuran orthofosfat pada penelitian ini didapatkan rata-rata yaitu 0,06-0,29 mg/L. Menurut Mas'ud (1993) dalam Rudiyaniti (2011).

Nilai orthofosfat optimum untuk alga adalah 0,018 – 2,78 mg/l. Nilai fosfat yang dapat dikatakan masih layak untuk pertumbuhan *Tetraselmis chuii*. Di hari awal pengamatan menunjukkan hasil nilai orthofosfat yang cenderung tinggi, hal ini menunjukkan bahwasannya orthofosfat belum dimanfaatkan oleh *Tetraselmis chuii*. Kandungan fosfat pada hari ke-7 hingga ke-14 penelitian mengalami penurunan pada seluruh perlakuan. Rendahnya kandungan orthofosfat yang tersisa memperlihatkan adanya penurunan dari aktifitas penguraian yang mengakibatkan penurunan bahan organik yang ada pada tiap perlakuan

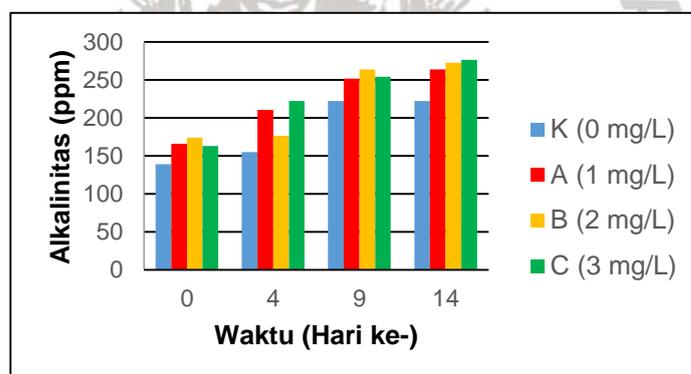
#### 4.3.7 Alkalinitas

Alkalinitas adalah gambaran kapasitas air untuk menetralkan asam atau kuantitas anion air yang dapat menetralkan kation hidrogen serta sebagai kapasitas penyangga terhadap perubahan pH perairan (Effendie, 2003). Nilai pengukuran alkalinitas dapat dilihat pada Lampiran 7. Data pengukuran alkalinitas selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Rata-rata Pengukuran Alkalinitas selama penelitian

Hari ke-	Perlakuan			
	K (0 mg/L)	A (1 mg/L)	B (2 mg/L)	C (3 mg/L)
0	139	166	174	163
4	155	211	177	223
9	223	252	264	255
14	223	264	273	277

Gambaran lebih jelasnya mengenai hasil rata-rata pengukuran alkalinitas dapat dilihat pada Gambar 16 sebagai berikut :



**Gambar 16.** Grafik rata-rata pengukuran alkalinitas pada media kultur

Berdasarkan hasil pengukuran alkalinitas pada penelitian ini didapatkan hasil kisaran alkalinitas pada semua perlakuan berkisar antara 139-277 mg/L. Semakin tinggi nilai alkalinitas maka perairan tersebut cenderung bersifat alkali. Untuk tumbuh optimal, plankton menghendaki total alkalinitas sekitar 80 – 120 mg/L. Nilai alkalinitas di perairan alami hampir tidak pernah melebihi 500 mg/L

$\text{CaCO}_3$ . Sedangkan nilai alkalinitas yang baik berkisar antara 30 – 500 mg/L  $\text{CaCO}_3$  (Effendi, 2003). Pada kisaran total alkalinitas kurang atau melebihi dari kisaran

tersebut, pertumbuhan plankton terhambat. Namun demikian bukan berarti pertumbuhan plankton pasti optimal apabila total alkalinitas air cukup. Hal ini karena masih banyak parameter kualitas air yang mempengaruhi pertumbuhan plankton, seperti ketersediaan  $\text{CO}_2$  dan pH (Kordi dan Tancung, 2007).

Menurut Anggraeni (2002) dalam Zumaritha (2011), nilai alkalinitas yang tinggi dan cenderung bersifat alkali lebih produktif daripada perairan dengan nilai alkalinitas yang rendah atau cenderung masam. Lebih produktifnya perairan dengan nilai alkalinitas tinggi berkaitan dengan keberadaan fosfor dan elemen esensial lainnya yang meningkat kadarnya dengan meningkatnya nilai alkalinitas.

Alkalinitas tidak hanya dipengaruhi oleh pH juga dipengaruhi oleh komposisi mineral, suhu dan kekuatan ion (Effendi, 2003).



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan yaitu pemberian perlakuan pupuk organik limbah kubis dengan dosis yang berbeda pada pertumbuhan *Tetraselmis chuii* memiliki pengaruh yang berbeda sangat nyata dengan dibuktikan dengan nilai F hitung  $>$  F tabel pada taraf 1% dan 5%. Perhitungan dosis optimal untuk pertumbuhan *Tetraselmis chuii* dengan menggunakan pupuk organik limbah kubis yaitu 2,3 mg/L.

### 5.2 Saran

Limbah kubis dapat digunakan sebagai pupuk organik dalam pertumbuhan *Tetraselmis chuii*. Dan diperlukan penelitian lebih lanjut dalam penambahan dosis untuk melihat kelimpahan *Tetraselmis chuii* yang kemungkinan lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afriza, Z., G. Diansyah dan A. I. S. Purwiyanto. 2015. Pengaruh Pemberian Pupuk Urea ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) Dengan Dosis Berbeda Terhadap Kepadatan Sel Dan Laju Pertumbuhan *Porphyridium* sp. Pada Kultur Fitoplankton Skala Laboratorium. *Maspuri Journal*. 7(2) :33-40.
- Alamsjah, M. A., R. F. Christiana dan S. Subekti. 2011. Pengaruh Fermentasi Limbah Rumput Laut *Gracilaria* sp. Dengan *Bacillus subtilis* Terhadap Populasi Plankton Chlorophyceae. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 3(2) : 203 -213.
- Ak. I., S. Cirik and T. Goksan. 2008. Effect of Light Intensity, Salinity and Temperature on Growth in Camalt Strain of *Dunaliella viridis* teodoresco from Turkey. *Journal of Biological Science*. 8(8):1356-1359.
- Andoko, A. 2004. Budidaya Padi Secara Organik. Penebar Swadaya. Depok.
- Astuti, L. P., A. Warsa, dan H. Satria. 2009. Kualitas Air dan Kelimpahan Plankton di Danau Sentani, Kabupaten Jayapura. *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.)*, Vol 9(1): 66-77.
- Artiningsih, A., 2008. Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Basmi, J. 1999. Planktologi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Boyd, E. C. 1979. Water Quality for Warmwater Fish Culture. Auburn University Agricultural Experiment Station. Alabama. USA.
- Cresswel, L. 2010. Phytoplankton Culture of Aquaculture Feed. Southern Regional Aquaculture Center. 5004 pp.
- Da Costa, R.A.A.M., M.L Koenig And S.J. De Macado. 2004. Urban Secondary Sewage: An Alternative Medium For The Culture of *Tetraselmis chuii* (Prasinophyceae) And *Dunaliella viridis* (Chlorophyceae). *Brazilian Archives Of Biology And Technology*. 47(3) : 451-459.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan. Kanasius. Yogyakarta. 258 hlm.
- Ekawati, A.W. 2005. Budidaya Makanan Alami. Diktat Kuliah. 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. Institut Pertanian Bogor.



Fauziah, P.T. 2016. Pemanfaatan Ekstrak Daun *Avicennia Marina* Sebagai Inhibitor Dalam Upaya Peningkatan Efisiensi Penggunaan Pupuk N Dan Kelimpahan *Tetraselmis Chuii*. Skripsi. FPIK. Universitas Brawijaya. Malang.

Gunawan, Kusmiadi dan Prasetiyono. 2015. Studi Pemanfaatan Sampah Organik Sayuran Sawi (*Brassica juncea* L.) Dan Limbah Rajungan (*Portunus pelagicus*) Untuk Pembuatan Kompos Organik Cair. Jurnal Pertanian dan Lingkungan. 8(1) : 37-47.

Hariyadi, S., Suryadiputra, Widigdo, B. 1992. Limnologi : Penuntun Praktikum dan Metoda Analisa Kualitas Air. Institut Pertanian Bogor.

Hanggono, B. 2007. Manajemen Lingkungan Dan Kualitas Air, Pelatihan Pembenihan Ikan Kerapu di BBAP Situbondo. BBAP Situbondo. Situbondo.

Hidayat, R., L. Viruly dan Azizah. 2013. Kajian Kandungan Klorofil-a Pada Fitoplankton Terhadap Parameter Kualitas Air Di Teluk Tanjungpinang Kepulauan Riau. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Isnaini., H. Surbakti dan R. Aryawati. 2014. Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Sekitar Pulau Maspari, Ogan Komering Ilir. *Maspari Journal*. 6(1) : 39-45.

Isnasetyo, A Dan Kurniastuty. 1995. Teknik Kultur Phytoplankton & Zooplankton Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut. Kanasius. Yogyakarta. 116 hlm.

Jamilah. 2015. Analisis Hidro-Oseanografi Untuk Budidaya Tiram Mutiara Di Perairan Baubau. *Jurnal Biotek*. 3(2) : 92-105.

Kanna, I. 2002. Budidaya Kepiting Bakau. Kanasius. Yogyakarta.

Kordi, K.M.G.H dan A.B.Tanjung. 2007. Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan. Rineka Cipta. Jakarta.

Marpaung, A.E. 2014. Pemanfaatan Pupuk Organik Padat Dan Pupuk Organik Cair Dengan Pengurangan Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea Mayz* L). *Jurnal Saintech*. 6(4) : 8-15.

Maryam, S., G. Diansyah Dan Isnaini. 2015. Pengaruh Pemberian Pakan Fitoplankton (*Tetraselmis* Sp., *Porphyridium* Sp. Dan *Chaetoceros* Sp.) Terhadap Laju Pertumbuhan Zooplankton *Diaphanosoma* Sp. Pada Skala Laboratorium. *Maspari Journal*. 7(2) : 41-50.

Matakupan, J. 2009. Studi Kepadatan *Tetraselmis chuii* Yang Dikultur Pada Intensitas Cahaya Yang Berbeda. *Jurnal Triton*. 5(2) : 31-35.

Mattjik, A.A. dan Sumertajaya I.M. 2006. Perancangan Percobaan Dengan Aplikasi SAS Dan Minitab. Jilid 1. IPB PRESS. Bogor

Mubarak, A.S., D.T. R. Tias Dan L. Sulmartiwi. 2009. Pemberian Dolomit Pada Kultur *Daphnia* spp. Sistem *Daily Feeding* Pada Populasi *Daphnia* spp. Dan Kestabilan Kualitas Air. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*. **1(1)** : 6.

Musa, B., I. Raya dan S. Dali. 2014. Pengaruh Penambahan Ion  $\text{Cu}_2^+$  terhadap Laju Pertumbuhan Fitoplankton *Chorella vulgaris*. Universitas Hasanuddin Makasar.

Musnamar, E. I. 2003. Pupuk Organik Padat: Pembuatan dan Aplikasinya, Jakarta, Penebar Swadaya.

Nawansih, O., T.P. Utomo dan A.I. Pratama. 2016. Kajian Produksi Biomassa *Tetraselmis* sp. Pada Media Limbah Cair Industri Karet Remah yang diperkaya Sebagai Bahan Baku Potensial Biodiesel. *Jurnal Kelitbangan*. **4(1)**: 37 - 46.

Octhreeani, A.M., Supriharyono dan P. Soedarsono. 2014. Pengaruh Perbedaan Jenis Pupuk Terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. Dilihat Dari Kepadatan Sel Dan Klorofil A Pada Skala Semi Massal. *Diponegoro Journal Of Maquares*. **3 (2)** : 102-108.

Patty, S.I. 2014. Karakteristik Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut Di Perairan Pulau Gangga dan Pulau Siladen, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. **2(2)** : 74-84.

Prabowo, D. A. 2009. Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada Skala Laboratorium. Institut Pertanian Bogor.

Pratama, A.I. 2016. Media Limbah Cair Industri Karet Remah Yang Diperkaya Nitrogen Dan Diatur Salinitasnya. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Priyambodo K, dan Wahyuningsih T. 2008. Budidaya Pakan Alami untuk Ikan Edisi 7. Penebar Swadaya. Jakarta.

Pujiono, A. E. 2013. Pertumbuhan *Tetraselmis chuii* pada medium air laut dengan intensitas cahaya, lama penyinaran, dan jumlah inokulan yang berbeda pada skala laboratorium. (Skripsi). Universitas Jember. Jember. 41 hlm.

Putri, C.L.O., Insafitri dan I.W. Abida. 2009. Pengaruh Pemberian  $\text{FeCl}_3$  Terhadap Pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans*. *Jurnal Kelautan*. **2(1)** : 73-80.

Putri, S.I.P., S. Hikmah dan J. Sari. 2015. Struktur Komunitas Fitoplankton Dan Kaitannya Dengan Ketersediaan Zat Hara Dan Parameter Kualitas Air Lainnya Di Perairan Timur Surabaya. *Depik*. **4(2)**: 79-86.

Retnaningdyah, C., U. Marwati., A. Soegianto dan B. Irawan. 2011. Media Pertumbuhan, Intensitas Cahaya dan Lama Penyinaran yang Efektif untuk Kultur *Microcystis* Hasil Isolasi dari Waduk Sutami di Laboratorium. *JBP*. **13(2)** : 123-130.

- Romimohtarto K, Juwana S. 2001. *Biologi Laut*. Djambatan. Jakarta.
- Rostini, I. 2007. Kultur Fitoplankton (*Chlorella* sp. dan *Tetraselmis chuii*) pada Skala Laboratorium. Universitas Padjadjaran.
- Rudiyanti, S. 2011. Pertumbuhan *Skeletonema costatum* Pada Berbagai Tingkat Salinitas Media. *Jurnal Saintek Perikanan*. **6**(2) : 69-76.
- Ru'yatin., I. S. Rohyani dan L. Ali. 2015. Pertumbuhan *Tetraselmis* Dan *Nannochloropsis* Pada Skala Laboratorium. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon. **1**(2) : 296-299.
- Rukmana, R. 1994. Bertanam Kubis. Kanasius. Yogyakarta.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*. **30** (3): 1 - 6.
- Sani, R.N dan Nisa, F.C. 2014. Analisis rendemen dan Skrinng Fitokimia Ekstrak Etanol Mikroalga Laut *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Pangan dan Argoindustri*. **2** (2) : 121 – 126.
- Sihombing, R.F., R. Aryawati dan Hartoni. 2013. Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspuri Journal*. **5**(1) : 34-39.
- Simanjuntak, M. 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton Di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Journal of Fisheries Sciences*. **11**(1) : 31-45.
- Sofarini, D. 2012. Keberadaan Dan Kelimpahan Fitoplankton Sebagai Salah Satu Indikator Kesuburan Lingkungan Perairan Di Waduk Riam Kanan. *EnviroScienteeae*. **8** : 30-34.
- Standar Nasional Internasional. 1990. Metode Pengukuran Kualitas Air. Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Sudjana. 1994. Desain dan Analisis Eksperimen. Penerbit Tarsito. Bandung.
- Sufianto. 2013. Penapsiran sampah organik yang termanfaatkan dan tidak termanfaatkan. Makala, Kelompok Kajian. BO. Mhs. Agro. FPP. UMM.
- \_\_\_\_\_. 2014. Analisis Mikroba Pada Cairan Sebagai Pupuk Cair Limbah Organik Dan Aplikasinya Terhadap Tanaman Pakcoy (*Brassica chinensis* L.). *Jurnal Gamma*. **9**(2). 77-94.
- Surawiria. U. 1995. Pengantar Mikrobiologi Umum. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Supriyantini, E. 2013. Pengaruh Salinitas terhadap Kandungan Nutrisi *Skeletonema costatum*. *Buletin Oseanografi Marina*. **2** : 51-57.
- Sutedjo, M.M. 2008. Pupuk dan Cara Pemupukan. Rineka Cipta. Jakarta.

Swandewi, I.G.A.P.A.P., A.A.M.D. Anggreni dan B.Admadi. 2017. Pengaruh Penambahan Nano3 Dan K2hpo4 Pada Media Bg-11 Terhadap Konsentrasi Biomassa Dan Klorofil *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*. **5** (1) : 1-11.

Utama, C.S dan A. Mulyanto. 2009. Potensi Limbah Pasar Sayur Menjadi Starter Fermentasi. *Jurnal Kesehatan*. **2**(1) : 6-13.

Utama, C.S., B. Sulistiyanto dan B.E. Setiani.2013. Profil Mikrobiologis Pollard yang Difermentasi dengan Ekstrak Limbah Pasar Sayur pada Lama Peram yang Berbeda. *Agripet*. **13**(2): 26-30.

Utami, N.P., Yuniarti, MS dan K. Haetami. 2012. Pertumbuhan *Chlorella sp.* Yang Dikultur Pada Perioditas Cahaya Yang Berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **3**(3) : 237-244.

Yusmidiarti, I. N. Sari dan A.Widada. 2013. Pemanfaatan Asam Laktat Hasil Fermentasi Limbah Kubis Terhadap Daya Simpan Ikan Nila. *Mitra Raflesia*. **5** (2) : 32.

Zumaritha, F. 2011. Pemanfaatan Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) untuk Kultivasi Mikroalga *Nannochloropsis sp.* sebagai Bahan Baku Biofuel. Institut Pertanian Bogor

