

**FITOREMEDIASI LIMBAH BUDIDAYA
PENDEDERAN KERAPU BEBEK (*Cromileptes altivelis*)
MENGUNAKAN *Spirulina* sp.**

(SKRIPSI)

**OLEH
EVANSTIO PRATAMA**



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

FITOREMEDIASI LIMBAH BUDIDAYA PENDEDERAN KERAPU BEBEK (*Cromileptes altivelis*) MENGUNAKAN *Spirulina* sp.

Oleh

Evanstio Pratama¹, Siti Hudaidah², Berta Putri²

Fitoremediasi adalah proses menyerap suatu polutan menggunakan berbagai jenis tumbuhan seperti mikroalga, makroalga, dan makropita. Mikroalga *Spirulina* sp. memiliki kemampuan adaptasi tinggi karena dapat tumbuh pada kondisi minim nutrisi. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui potensi *Spirulina* sp sebagai agen fitoremediasi pada limbah budidaya pendederan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). Penelitian dilaksanakan pada Bulan Mei – Juni 2017 di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, Pesawaran. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu pupuk *Conwy* sebagai kontrol dan limbah budidaya pendederan kerapu bebek konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan volume 500 ml. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa *Spirulina* memberikan pengaruh yang signifikan dalam menyerap limbah. Hasil uji Beda Nyata Terkecil (BNT) menunjukkan pada konsentrasi limbah 25% *Spirulina* dapat menyerap limbah lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Kepadatan *Spirulina* pada media limbah 25% ($3,78 \times 10^4$ ind/ml) lebih tinggi dari media *Conwy* ($2,33 \times 10^4$ ind/ml) pada fase puncak pertumbuhan.

Kata Kunci : Fitoremediasi, Kerapu Bebek, Limbah, Pendederan, *Spirulina*.

Keterangan : 1(Penulis); 2 (Dosen Pembimbing)

ABSTRACT

PHYTOREMEDIATION USING *Spirulina* sp. ON AQUACULTURE WASTE NURSERY OF HUMPBAC GROUPER (*Cromileptes altivelis*).

By

Evanstio Pratama¹, Siti Hudaidah², Berta Putri²

Phytoremediation is a process to absorb pollutant using plants both microalgae, macroalgae, and makrophyta. Microalgae *Spirulina* sp. has a high adaptable because can grow in low nutrient conditions. The purpose of the research was to determine the potential of *Spirulina* sp. as a phytoremediation agent on aquaculture waste nursery of humpback grouper (*Cromileptes altivelis*). This research was conducted on May - June 2017 at Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, Pesawaran. This research design was Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatment and 3 replicated. The treatments were media conwy as control and aquaculture waste nursery of humpback grouper (*Cromileptes altivelis*) concentration 25%, 50%, 75%, and 100%, with volume 500 ml. The result of ANOVA test showed that *Spirulina* gave significant effecting in absorb the waste. The result of Least Significant Difference (LSD) showed that treatment concentration of waste 25% *Spirulina* can absorb waste higher than other treatments. The density of *Spirulina* Media with waste 25% ($3,78 \times 10^4$ ind/ml) is better than the conwy media ($2,33 \times 10^4$ ind/ml) on the phase of the peak.

Keywords: Humpback grouper, Nursery, Phytoremediation, *Spirulina*, Waste.

**FITOREMEDIASI LIMBAH BUDIDAYA
PENDEDERAN KERAPU BEBEK (*Cromileptes altivelis*)
MENGUNAKAN *Spirulina* sp.**

Oleh

EVANSTIO PRATAMA

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan Dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **FITOREMEDIASI LIMBAH BUDIDAYA
PENDEDERAN KERAPU BEBEK
(*Cromileptes altivelis*) MENGGUNAKAN
Spirulina sp.**

Nama Mahasiswa : **Evanstio Pratama**

No. Pokok Mahasiswa : 1314111023

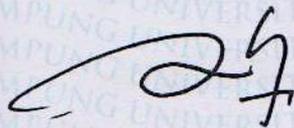
Program Studi : **Budidaya Perairan**

Fakultas : **Pertanian**

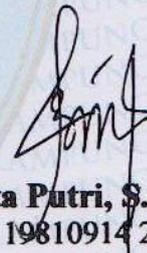


MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

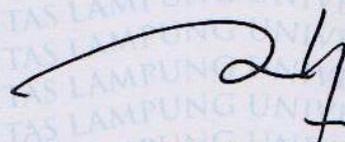


Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.
NIP 19640215 199603 2 001



Berta Putri, S.Si., M.Si.
NIP 19810914 200812 2 002

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan



Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.
NIP 19640215 199603 2 001

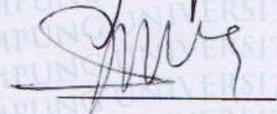
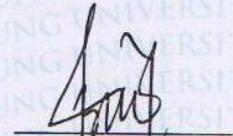
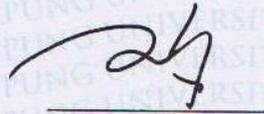
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

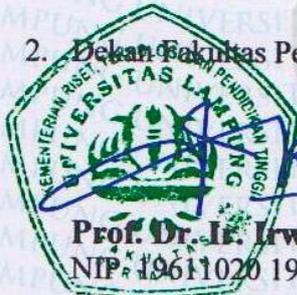
Ketua : **Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**

Sekretaris : **Berta Putri, S.Si., M.Si.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Tarsim, S.Pi., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **08 Desember 2017**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, Skripsi/Laporan Akhir ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya yang sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi ini.

Bandar Lampung, Desember 2017
Yang Membuat Pernyataan,



Evanstio Pratama

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 16 Juli 1995 sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Mustika Sondhi dan Ibu Rosita.

Penulis mengawali pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Sejahtera Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2001. Kemudian penulis menyelesaikan pendidikan di SD Al-Azhar 2 Bandar Lampung 2007, selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan di SMPN 25 Bandar Lampung pada tahun 2010, dan melanjutkan pendidikan di MAN 2 Bandar Lampung hingga lulus pada tahun 2013. Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Budidaya Perairan UNILA (HIDRILA) sebagai anggota bidang Pengkaderan pada tahun 2014-2015 dan sebagai kepala bidang Minat dan Bakat pada tahun 2015-2016 . Penulis aktif dalam Organisasi Komunitas Gitar Lampung pada tahun 2012-2013, penulis juga pernah menjadi asisten Dosen dalam matakuliah Genetika Ikan, Teknologi Budidaya Pakan Hidup, dan Kualitas Air Akuakultur.

Selama masa studi Penulis pernah melaksanakan Kegiatan Magang di UPT BBPBL Lampung di pesisir Way Muli, Kalianda dengan kegiatan “**Pendederan Kerapu Bebek dan Budidaya Pakan Alami**”.

Penulis melaksanakan Praktik Umum di PT. Central Pertiwi Bahari, Desa Bratasena, Tulang Bawang dengan judul **“Analisis Kandungan Amonia (NH₃-N) pada Tambak Udang Putih (*Litopenaeus Vannamei*) di PT. CPB”** pada tahun 2016. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Metaram Jaya, Kecamatan Bandar Mataram, Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2017.

Dari seluruh kegiatan magang dan Praktik umum kemudian penulis memiliki banyak inspirasi dalam bidang pakan alami, pendederan kerapu, dan ammonia. Akhirnya, Penulis melaksanakan penelitian akhir di Laboratorium Pakan Alami, Balai Besar Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, Pesawaran dengan judul **“Fitoremediasi Limbah Budidaya Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*) Menggunakan *Spirulina* sp.”** pada tahun 2017.

*Dengan rasa syukur kepada Allah SWT.
Kupersembahkan gelar sarjana ku untuk Mama dan
Papa ku tersayang yang selalu mendoakan di setiap
langkah ku dan memberi semangat di setiap hariku*

*Keluarga besar ku yang selalu memberikan motivasi dan
semangat yang tiada henti*

Motto:

*“Barang siapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya
itu adalah untuk dirinya sendiri.”*

(QS Al-Ankabut [29]: 6)

**“Jika Kamu menungguku menyerah, Kamu akan menungguku
Selamanya”**

(Mashashi Kisomoto)

**“Kesuksesan bukan kunci kebahagiaan.
Kebahagiaan Adalah Kunci Kesuksesan. Jika
kamu Mencintai apa yang kamu kerjakan,
maka Kamu akan sukses”**

(HERNAN CAIN)

**“Semangat, Keberanian (Dalam Hal Benar), dan Keyakinan
adalah kemewahan yang kupunya”**

(Evanstio Pratama)

SANWACANA

Puji syukur khadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Fitoremediasi Limbah Budidaya Pendederan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*) Menggunakan *Spirulina* sp.” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Kedua orangtuaku tersayang Mama, Papa yang selalu memberikan kasih sayang, perhatian, dukungan dan do'a tiada henti demi kelancaran, keselamatan dan kesuksesan penulis.
2. Keluarga besarku Alm. Bakas, Niyai, Opa, Oma, Eyang Uti, Eyang Kakung, Tante Lenny, Om Galih, Pakde Nugroho A., Bude Susi, Mas Abi dan Seluruhnya, atas semua do'a, dukungan dan motivasi yang menjadi penyemangat penulis.
3. Kedua adikku Rafika Tiara Ningtyas dan Aurora Maritzha Galena yang selalu memberikan canda tawa dan selalu mendoakan penulis.
4. Perfetto partner Shinta Riyana, S.Pi. yang selalu menemani, memberi pendapat, membantu segala hal, memberi canda tawa, serta selalu mensupport penulis.
5. Ibu Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan Universitas Lampung dan sebagai pembimbing utama atas kesediaan meluangkan waktu dan memberikan bimbingan dalam proses skripsi ini.
6. Ibu Berta Putri, S.Si., M.Si. dan Bapak Qadar Hasani, S.Pi., M.Si selaku pembimbing kedua atas kesediaan memberikan bimbingan, meluangkan waktu dan dukungan dalam proses skripsi ini.
7. Bapak Tarsim S.Pi., M.Si selaku penguji yang telah memberikan masukan berupa kritik dan saran dalam perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
8. Bapak Mahrus Ali, S.Pi., M.Si. dan Bapak Deny Sapto C.U., S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasehat dan bimbingan akademik kepada penulis.

9. Bapak Dr. Supono, S.Pi., M.Si selaku pembimbing Praktik Umum yang memberikan Inspirasi dan bahan refrensi atas Penelitian ini.
10. Bapak Dr. Suciantoro, Ibu Emi Rusyani, M.Si, Ibu Valentina S.Si, Ibu Istiqomah, Pak Tri, Ibu Evalawati, Ibu Muawannah, Bapak Dr. Surya dan Seluruh Staff di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung yang telah nasehat dan bimbingan saat penelitian kepada penulis.
11. Sahabat Patriot Neldian Saputra, Rino Alpassa, Hasby Sulaeka, Imam Muarif yang menemani dari awal perkuliahan hingga sekarang dan membantu dalam segala hal.
12. Teman - temanku Aji Saputra, Arbi Fadjri Pratama, Anrifal Mawalgi M., Enggie Rizki Pratama, M. Harris Kurniawan, Regina Fitriani, Eko Probo Pangesti dan Akbar Maulana Sasry yang telah menemani dan membantu dalam segala hal.
13. Perikanan angkatan 2013, Ari, Adjie, Arlin, Arga, Ayu Nov, Ayu Wd, Atik, Binti, Deki, Desti, Dewi, Diah, Devi, Ema, Ester, Fenni, Gita, Glenn, Ika, Ida, Juliana, Kurno, Masna, Mita, Mona, Nia, Ratna, Rara, Rifki, Rio, Rivaldy, Rizka, Rufaida, Siwi, Tania, Vanny, Wahyu, Winny, Yeni yang telah menemani selama perkuliahan.
14. Mahasiswa Universitas Sriwijaya Mahendra, Dwi hartatnto, Yusuf, Ari. Mahasiswa Institut Pertanian Bogor Bayu, Alumni SMKN 6 Kalianda Herwan Saputa sebagai Teman Senasib yang kebersamaannya tidak akan terlupakan.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun. Semoga skripsi ini dapat diterima dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, November 2017

Penulis

Evanstio Pratama

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Kerangka Pikir	2
1.4 Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mikroalga <i>Spirulina</i> sp.....	4
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>Spirulina</i> sp.	4
2.1.2 Manfaat dan Karakter <i>Spirulina</i> sp..	5
2.1.3 Faktor Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp..	6
2.1.4 Fase Pertumbuhan	8
2.2 Fitoremediasi	10
2.3 Limbah Amoniak pada Budidaya	11
2.3.1 Amoniak (NH ₃ -N).....	11
2.3.2 Pengaruh Amoniak Berlebih di Perairan.....	13
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	15
3.3.Rancangan Penelitian.....	16
3.4 Prosedur Penelitian	16
3.4.1 Persiapan Wadah	16
3.4.2 Persiapan Media	17
3.4.3 Penghitungan Kepadatan Awal dan Penebaran Inokulan <i>Spirulina</i> sp.....	17
3.4.4 Pelaksanaan Penelitian	18
3.4.4.1 Pengamatan	18
3.4.4.2 Analisis Data	20

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil.....	21
4.1.1 Kepadatan <i>Spirulina</i> sp.	21
4.1.2 Rasio Nitrogen dan Ortofosfat (Rasio N/P)	23
4.1.3 Total Amonia Nitrogen (TAN)	25
4.1.4 Faktor Lingkungan.....	26
4.2 Pembahasan.....	26

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	30

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pikir	3
2. <i>Spirulina</i> sp.....	5
3. Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	9
4. Tata Letak Botol Kultur	16
5. Kepadatan <i>Spirulina</i> sp. selama penelitian	21
6. Kepadatan <i>Spirulina</i> sp. pada fase puncak.	23
7. Penurunan TAN selama penelitian selama penelitian	25

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Bahan yang digunakan selama penelitian	15
2. Rasio N/P setiap Perlakuan selama penelitian.....	24
3. Data Parameter Lingkungan selama penelitian	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Persentase Total Amonia yang tidak Terionisasi Berdasarkan Hubungan pH dan Suhu (Boyd, 1990).....	36
2. Uji Statistik Pertumbuhan Puncak	37
3. Uji Statistik Total Amonia Nitrogen (TAN)	39
4. Total Ammonium, nitrat, nitrit dan orto-fosfat.....	41
5. Dokumentasi Penelitian.....	42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Budidaya intensif memberikan dampak seperti penurunan daya dukung lingkungan akibat akumulasi senyawa organik yang tinggi. Akumulasi senyawa organik berupa sisa pakan dan kotoran terurai menjadi amoniak. Rendahnya kualitas air oleh amoniak menjadi salah satu faktor timbulnya berbagai penyakit. Oleh karena itu, perbaikan kualitas lingkungan perlu dilakukan, sehingga usaha budidaya mampu mencapai tingkat produksi yang menguntungkan bagi seluruh pelaku usaha budidaya (Boyd, 1990).

Fitoremediasi adalah salah satu cara dalam menangani limbah budidaya, berasal dari kata fito yang artinya tumbuhan sedangkan remediasi (*to remedy*) artinya memperbaiki. Fitoremediasi adalah usaha membersihkan suatu polutan dengan menggunakan tumbuhan baik itu mikroalga, makro alga, hingga makropita (Cunningham *et al.*, 1995).

Mikroalga *Spirulina* sp. memiliki kemampuan adaptasi tinggi, yaitu dapat tumbuh dalam lingkungan yang tidak optimal. Misalnya dapat ditemukan di perairan dengan pH basa. Kondisi pH basa memberikan keuntungan dari sisi budidaya, karena relatif tidak mudah terkontaminasi oleh mikroalga yang lain, karena *Spirulina* sp. dapat hidup pada pH yang lebih rendah atau lebih asam (Ogawa dan Terui, 1970).

Nutrien utama pada media kultur mikroalga *Spirulina* adalah Nitrogen (N). Nitrogen pada media ditemukan dalam bentuk anorganik seperti nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^+), akan tetapi mikroalga umumnya dapat menggunakan NO_3^+ , NO_2^- , atau amonium (NH_4^+) sebagai sumber N dengan tingkat pertumbuhan yang sama baik dalam bentuk organik maupun anorganik (Borowitzka, 1988). Sumber N tersebut banyak terakumulasi dari limbah budidaya pendederan ikan kerapu

bebek, dan selama ini limbah yang dihasilkan hanya dibuang ke sumur serapan tanpa diolah menjadi hal yang lebih berguna.

Mikroalga *Spirulina* sp. yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi, diharapkan dapat meminimalkan limbah dari kegiatan pendederan kerapu bebek. Mikroalga *Spirulina* sp. yang tumbuh dapat menambah keuntungan budidaya karena memiliki nilai ekonomis. Keuntungan lain, yaitu perbaikan kualitas air limbah yang dapat mendukung budidaya yang berkelanjutan. Hal itu yang melatar belakangi penggunaan *Spirulina* sp. sebagai fitoremediator limbah budidaya pendederan ikan kerapu bebek dengan mempertimbangkan unsur yang terdapat pada limbah dan kemampuan adaptasi *Spirulina* sp. yang tinggi.

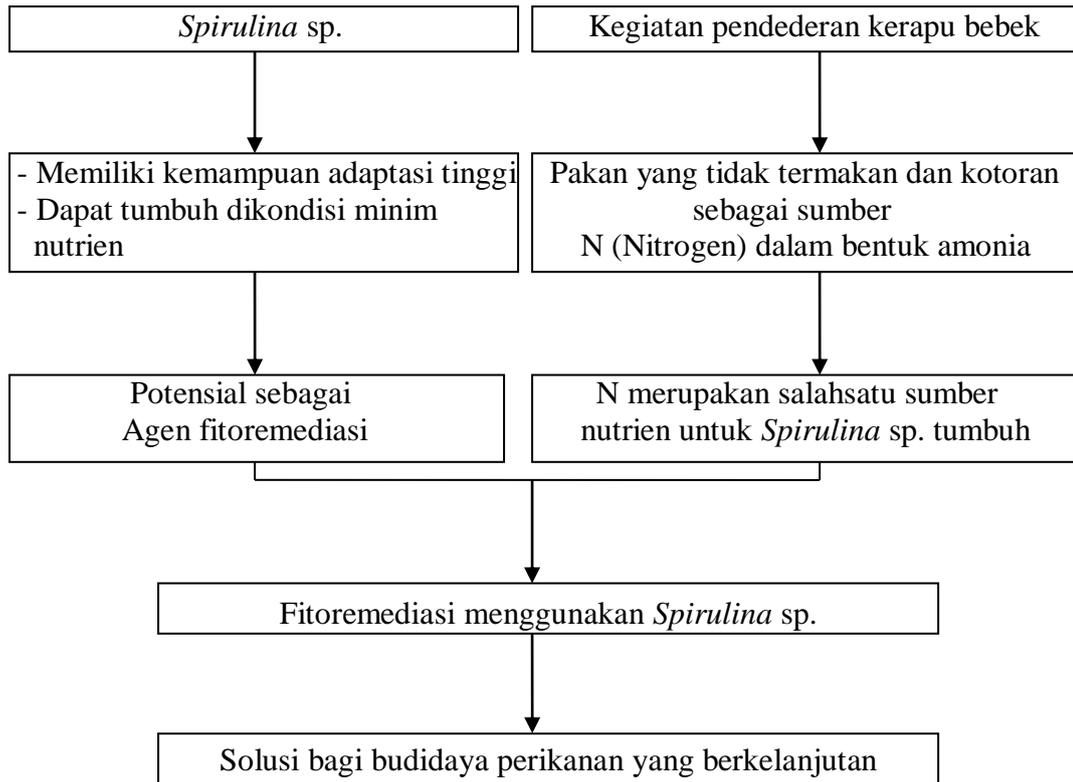
1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui potensi *Spirulina* sp. sebagai agen fitoremediasi pada limbah budidaya pendederan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*).

1.3 Kerangka Pikir

Mikroalga *Spirulina* sp. memiliki kemampuan adaptasi tinggi artinya mampu tumbuh dalam lingkungan yang tidak optimal (Ogawa dan Terui, 1970). Nutrien utama pada media kultur mikroalga adalah nitrogen (N), nitrogen pada media dalam bentuk anorganik seperti nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^+), tetapi mikroalga umumnya dapat menggunakan NO_3^+ , NO_2^- , atau amonium (NH_4^+) (Borowitzka, 1988). Sumber N tersebut terakumulasi pada limbah budidaya pendederan ikan kerapu bebek dengan tingkat pertumbuhan yang sama terlepas bentuknya organik maupun anorganik.

Fitoremediasi menjadi salah satu solusi dalam meminimalisir limbah. Jika perlakuan menggunakan *Spirulina* efektif, maka akan menjadikan alternatif yang baru dalam mengolah limbah dan terwujudnya budidaya yang berkelanjutan disamping itu nilai ekonomis *Spirulina* yang tinggi membuat keuntungan dalam budidaya meningkat. Kerangka berfikir penelitian ini dapat dijelaskan secara sistematis melalui diagram kerangka pikir (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka Pikir

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah :

1. H_0 : penggunaan *Spirulina* sp. sebagai fitoremediator limbah budidaya pendederan ikan kerapu bebek tidak memberikan pengaruh yang signifikan dalam menyerap limbah ($\alpha = 0,05$).
2. H_1 : penggunaan *Spirulina* sp. sebagai fitoremediator limbah budidaya pendederan ikan kerapu bebek memberikan pengaruh yang signifikan dalam menyerap limbah ($\alpha = 0,05$).

II. TINJAUAN PUSATAKA

2.1 Mikroalga *Spirulina* sp.

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi *Spirulina* sp.

Menurut Bold dan Wyne (1985) klasifikasi *Spirulina* sp. sebagai berikut :

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

Mikroalga *Spirulina* sp. dapat ditemukan pada berbagai taraf lingkungan, seperti di perairan payau, laut dan tawar (Ciferri, 1983). Ciri-ciri morfologinya yaitu filamen yang tersusun dari trikoma multiseluler berbentuk spiral yang bergabung menjadi satu, memiliki sel berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral, tidak bercabang, autotrof, dan berwarna biru kehijauan (Gambar 2).

Bentuk tubuh *Spirulina* sp. yang menyerupai benang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis (Tomaselli, 1997). Mikroalga *Spirulina* sp. berwarna hijau tua di dalam koloni besar yang berasal dari klorofil dalam jumlah tinggi dan memiliki struktur trichoma spiral dengan filamen–filamen bersifat mortal dan tidak memiliki heterosit (Borowitzka, 1988).



Gambar 2. *Spirulina* sp. (Henrickson, 1989)

2.1.2 Manfaat dan Karakter *Spirulina* sp.

Analisis kimia mengenai *Spirulina* sp. dimulai pada tahun 1970 yang menunjukkan *Spirulina* sp. sebagai sumber yang sangat kaya protein, vitamin dan mineral. Kandungan protein pada *Spirulina* sp. berkisar 60% - 70% dari berat kering, mengandung provitamin A tinggi, sumber β -karoten yang kaya vitamin B12 dan digunakan dalam pengobatan anemia, kandungan lipid sekitar 4-7%, dan karbohidrat sekitar 13,6% (Carrieri *et al.*, 2010). *Spirulina* sp. juga mengandung kalium, protein dengan kandungan *Gamma Linolenic Acid* (GLA) yang tinggi (Tokusoglu dan Unal, 2006) serta vitamin B1, B2, B12 dan C (Brown *et al.*, 1997), sehingga sangat baik apabila dijadikan pakan ataupun bahan untuk makanan dan farmasetik.

Komposisi pigmen pada *Spirulina* sp. merupakan komposisi pigmen yang kompleks dan umum ditemukan pada alga biru hijau. Komposisi tersebut diantaranya adalah klorofil- a, *xanthophyll*, *fikosianin* dan karotenoid yang terdiri dari *myxoxanthophyll*, *beta karoten*, dan *zeaxanthin* (Christwardana dan Hadiyanto, 2012). Fikosianin merupakan salah satu dari tiga pigmen (klorofil dan karotenoid) yang mampu menangkap radiasi sinar matahari paling efisien (Hall dan Rao, 1999). Fikosianin adalah pigmen yang paling dominan pada *Spirulina* sp. dan jumlahnya lebih dari 20% berat kering (Borowitzka, 1988). Fikosianin sebagai biliprotein diketahui mampu menghambat pembentukan koloni kanker (Adams, 2005).

Mikroalga *Spirulina* sp. banyak digunakan sebagai makanan fungsional

dan penghasil berbagai bahan aktif penting bagi kesehatan, antara lain asam lemak tak jenuh majemuk yaitu asam linoleat (LA) dan α -linolenat (GLA) (Cohen *et al.*, 1987). LA dan GLA berguna untuk pengobatan hiperkolesterolemia, sindroma prahaid, eksema atopik dan antitrombotik.

Pemanfaatan mikroalga *Spirulina* sp. sebagai makanan kesehatan sudah banyak dilakukan. Selain mudah dicerna, mikroalga ini mengandung senyawa-senyawa yang diperlukan oleh tubuh, seperti protein, lipid, karbohidrat, asam lemak tidak jenuh, vitamin-vitamin, mineral, asam amino, dan beberapa jenis pigmen yang sangat bermanfaat. Pada beberapa negara tertentu seperti Spanyol, Switzerland, Australia, Jepang, dan Amerika, mikroalga telah dimanfaatkan sebagai farmasitik dan bubuk keringnya dijadikan sebagai makanan kesehatan (Henricson, 2009).

2.1.3 Faktor Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Pertumbuhan mikroalga dalam kultur ditandai dengan bertambah besarnya ukuran sel atau bertambahnya jumlah sel. Pertumbuhan ini dapat dilihat dari semakin meningkatnya tingkat kepadatan sel pada kultur. Lingkungan tempat tumbuh harus dapat dikondisikan sehingga memenuhi semua kebutuhan yang diperlukan oleh mikroalga agar dapat tumbuh optimal. Faktor - faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga menurut Vonshak *et al.* (2004) antara lain adalah sebagai berikut :

a. Media

Media kultur mikroalga dibedakan menjadi dua jenis yaitu media sintetik dan media alami. Media sintetik yang sering digunakan dalam kultur mikroalga antara lain media *Conwy*, *Walne*, dan *NPF*. Media alami yang telah berhasil digunakan sebagai media kultur mikroalga yaitu ekstrak tauge, limbah cair tapioka, kelapa sawit, ampas tahu, dan air kelapa.

Menurut Vonshak *et al.* (2004), setiap jenis mikroalga memiliki perbedaan komposisi protein dan lemak dalam komposisi biokimia pada tubuhnya, dimana unsur yang penting berupa nitrogen (N) dan fosfat (P). Protein dalam *Spirulina* sp. sangat dibutuhkan untuk proses metabolisme sel dalam menunjang pertumbuhan, yaitu mempengaruhi proses sintesis dan akumulasi dari kandungan

dalam sel seperti karbohidrat, asam amino, asam nukleat dan lemak (Tokusoglu dan Uunal, 2006).

Nutrien utama pada media kultur mikroalga adalah N, namun terkadang N pada media dalam bentuk anorganik seperti nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^+), akan tetapi mikroalga umumnya dapat menggunakan NO_3^+ , NO_2^- , atau amonium (NH_4^+) sebagai sumber N dengan tingkat pertumbuhan yang sama terlepas bentuknya organik maupun anorganik (Borowitzka, 1988). Mikroalga *Spirulina* adalah alga dalam golongan alga hijau – biru yang dapat tumbuh sangat baik di media dengan rasio N/P < 10/1 (Chien, 1992).

Pertumbuhan *Spirulina* sp. akan dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dalam media pertumbuhannya. Makronutrien dalam media yang dibutuhkan yaitu berupa C, H, O, N, P, K, S, Ca dan unsur mikronutrien yaitu Fe, Cu, Mg, Co, Mn, B, Zn,. Komponen vitamin yang tersedia dalam media juga dapat mempercepat pertumbuhan terutama kandungan vitamin B12 (Andersen, 2005).

Mikroalga *Spirulina* sp. dapat ditumbuhkan dalam media yang berbeda bahkan dalam media limbah. Bahan-bahan organik yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroalga ini terdapat melimpah dalam limbah–limbah yang berasal dari tanaman seperti limbah tapioka, limbah lateks, dan kelapa sawit. Berdasarkan penelitian dari Sumiarsa *et al.* (2011), diketahui bahwa *Spirulina* sp. berhasil dijadikan sebagai biofilter pada limbah cair peternakan sapi.

b. Faktor – Faktor Lingkungan

Mikroalga *Spirulina* sp. memiliki daya adaptasi tinggi yang mampu tumbuh dalam berbagai kondisi pertumbuhan. Jenis alga ini dapat ditemukan di perairan dengan pH basa. Kondisi pH basa memberikan keuntungan dari sisi budidaya, karena relatif tidak mudah terkontaminasi oleh mikroalga yang lain, yang pada umumnya hidup pada pH yang lebih rendah atau lebih asam (Ogawa dan Terui, 1970). Faktor-faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Spirulina* sp. adalah suhu, cahaya, pH, dan agitasi (Vonshak, 1986).

Faktor pembatas yang sangat penting dalam kultur mikroalga baik skala laboratorium, semi massal, maupun massal adalah suhu. Penurunan suhu pada lingkungan kultur akan dapat menyebabkan penurunan laju fotosintesis dan

meningkatnya derajat lipid tidak jenuh dalam sistem membran, sedangkan peningkatan suhu akan merangsang aktivitas molekul sehingga laju difusi meningkat (Borowitzka, 1988).

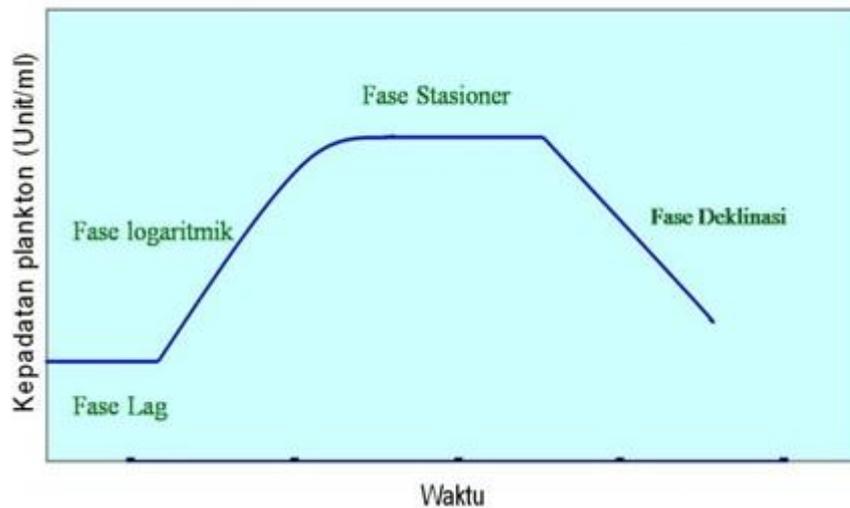
Nilai pH dalam media tumbuh mikroalga akan menentukan kemampuan biologi mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara, sehingga pH optimum sangat penting untuk menunjang pertumbuhan *Spirulina* sp. yang optimal. Nilai pH yang baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 8,5-9,5 (Suryati, 2002).

Cahaya pada kultur mikroalga skala laboratorium biasanya cukup dengan menggunakan lampu TL atau neon. Cahaya merupakan sumber energi bagi mikroalga untuk dapat melakukan fotosintesis. Apabila mikroalga kekurangan cahaya dalam lingkungan kulturnya maka fotosintesis akan berlangsung tidak normal. Pencahayaan pada kultur dapat dipengaruhi oleh tingkat intensitas pencahayaan, lamanya pencahayaan dan bergantung dari kepadatan sel yang akan mempengaruhi pembentukan bayangan sel itu sendiri. Intensitas cahaya yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 1500-3000 lux dan tidak melebihi 4000 lux untuk menghindari fotoinhibisi (Richmond, 1968).

Agitasi atau proses pengadukan merupakan faktor yang penting dalam mengoptimalkan proses pertumbuhan *Spirulina* sp. Agitasi dilakukan untuk menjaga kelarutan CO₂, meratakan penyebaran nutrisi dan cahaya serta mencegah pengendapan sel-sel alga. Salah satu cara agitasi yang termudah dan efektif adalah dengan aerasi. Pemberian aerasi tersebut akan dapat memberikan udara ke dalam media tumbuh. Aerasi merupakan salah satu alat untuk membantu difusi oksigen dalam perairan. Dalam kultur *Spirulina* sp. aerasi diperlukan mencegah terjadinya pengendapan, meratakan nutrisi, membuat gerakan untuk terjadinya pertukaran udara (penambahan CO₂) dan dalam skala massal untuk mencegah terjadinya stratifikasi suhu (Novrina, 2003).

2.1.4 Fase Pertumbuhan

Pertumbuhan mikroalga dibagi menjadi empat fase yaitu fase lag, fase eksponensial (logaritmik), fase stasioner, dan fase deklinasi (Gambar 4).



Gambar 3. Fase Pertumbuhan Mikroalga (Winasis, 2011)

1. Fase lag

Fase lag adalah fase adaptasi dimana terjadi penyesuaian sel terhadap lingkungan baru. Pada saat adaptasi, sel mengalami defisiensi enzim atau koenzim, sehingga harus disintesis dahulu untuk berlangsungnya aktivitas biokimia sel selanjutnya. Lamanya fase adaptasi dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu media, lingkungan pertumbuhan, dan jumlah inokulan. Pada fase lag, populasi mikroalga tidak mengalami perubahan, tetapi ukuran sel meningkat. Fotosintesis masih aktif berlangsung dan organisme mengalami metabolisme tetapi belum terjadi pembelahan sel sehingga kepadatannya belum meningkat (Brock dan Madigan, 1991).

2. Fase Eksponensial

Pada fase eksponensial mikroalga membelah dengan cepat dan konstan sehingga kepadatan sel akan meningkat hingga mencapai kepadatan. Pada fase eksponensial mikroalga lebih banyak membutuhkan energi dari pada fase lainnya dan paling sensitif terhadap keadaan lingkungannya (Vonshak *et al.* 2004; Andersen, 2005).

Kandungan protein pada fase eksponensial akan tetap, sedangkan akumulasi dari kandungan karbohidrat dan lemak terjadi pada fase stasioner dari siklus hidup mikroalga (Becker, 1995 ; Andersen, 2005).

3. Fase Stasioner

Fase stasioner merupakan fase dengan pertumbuhan yang mulai mengalami penurunan dibandingkan fase eksponensial. Brown *et al.* (1997) menjelaskan bahwa pada saat kultur berada pada fase stasioner, komposisi mikroalga berubah secara signifikan karena terbatasnya kandungan nitrat pada media kultur yang mengakibatkan kandungan karbohidrat meningkat hingga dua kali lipat dari kandungan protein.

4. Fase Deklinasi

Fase deklinasi (kematian) merupakan fase ketika terjadi penurunan jumlah atau kepadatan mikroalga. Kematian sel dapat disebabkan oleh mulai berkurangnya nutrisi yang tersedia sehingga tidak mampu mendukung pertumbuhan sel, penurunan kualitas air, dan akumulasi metabolit (NO_2^- dan NH_4^+) (Lavens dan Sorgeloos, 1996).

2.2 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah proses bioremediasi yang menggunakan berbagai jenis tanaman untuk menghilangkan, memindahkan, dan atau mengurai kontaminan dalam tanah atau air. Konsep penggunaan tanaman untuk penanganan limbah dan sebagai indikator pencemaran air sudah lama dilakukan, yaitu fitoremediasi dengan sistem lahan basah, lahan alang-alang dan tanaman apung. Selanjutnya konsep fitoremediasi berkembang untuk penanganan masalah pencemaran tanah (Cunningham, 1995).

Tanaman telah lama digunakan untuk proses penjernihan air. Mekanisme yang terjadi adalah proses koagulasi menggunakan ekstrak tanaman yang bersifat koagulan. Tanaman enceng gondok (*Eichornia crassipes*) telah lama digunakan untuk pengolahan air limbah secara tradisional. Wilayah hilir di perairan umum yang dipenuhi dengan enceng gondok secara alami dapat membersihkan air limbah. Tanaman air lain seperti kapu-kapu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia natans*) juga dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air limbah. Tanaman alang-alang juga dimanfaatkan untuk pengolahan air limbah menggunakan sistem *wetland* (lahan basah). Jenis alang-alang yang telah digunakan adalah *Phragmites*

australis, *Typha latifolia*, dan *Schoenoplectus lacustris* (Escobedo *et al.*, 2007).

Fitoremediasi dapat dilakukan secara *in situ* (langsung di tempat terjadinya pencemaran), maupun secara *ex situ* atau menggunakan kolam buatan yang merupakan bioreaktor besar untuk penanganan limbah. Tanaman dapat digunakan secara langsung dalam bentuk alamnya lengkap terdiri bagian akar, batang, dan daun, maupun dalam bentuk kultur jaringan tanaman (Escobedo *et al.*, 2007).

Konsentrasi polutan yang dapat ditolerir oleh tanaman terbatas, menyebabkan teknik fitoremediasi biasanya menggunakan jenis-jenis tanaman yang toleran terhadap polutan tertentu. Konsentrasi polutan yang tinggi melebihi batas toleran menyebabkan tanaman mengalami stres dan akhirnya mati, pada kondisi seperti ini diperlukan pengenceran atau dikombinasikan dengan metode lain. Tanaman secara umum hanya dapat hidup pada limbah dengan BOD kurang dari 300 miligram per liter (Relf, 1996).

Tanaman dapat membersihkan polutan dari tanah, air maupun udara, dengan berbagai cara. Tanaman dapat merusak atau merombak polutan organik, maupun menyerap dan menstabilisasi logam polutan. Dalam hal ini polutan organik dapat dibersihkan oleh tanaman melalui satu mekanisme atau kombinasi proses-proses fitodegradasi, rizodegradasi, dan fitovolatilisasi. Polutan organik seperti *crude oil*, pelarut, dan *Polyaromatic Hydrocarbons* (PAHs) telah dibuktikan dapat diatasi dengan teknik ini. Sedangkan polutan logam berat dan unsur radioaktif dapat dibersihkan oleh tanaman melalui proses fitoekstraksi /fitoakumulasi, rizofiltrasi, dan atau fitostabilisasi (Kumar *et al.*, 1995).

2.3 Limbah Amoniak pada Budidaya

2.3.1 Amoniak (NH₃-N)

Amoniak merupakan hasil katabolisme protein yang dieksresikan oleh organisme serta merupakan hasil penguraian zat organik oleh bakteri dan ekskresi hewan perairan menjadi bentuk amoniak. Total ammonia Nitrogen (TAN) di dalam air terdapat dalam bentuk tak terionisasi (NH₃) atau amoniak dan dalam bentuk terionisasi (NH₄⁺) atau ammonium (Supono, 2016).

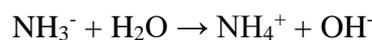
Amoniak merupakan hasil ekskresi utama dari hewan akuatik, tetapi jumlah ini kecil jika dibandingkan dengan amonia yang berasal dari hasil akhir

perombakan protein yang berasal dari sisa pakan. Konsentrasi amoniak dalam ekosistem perairan juga dipengaruhi oleh keberadaan tanaman akuatik. Amoniak merupakan sumber nitrogen utama bagi tanaman akuatik (Izzati, 2011). Ammonium atau dalam bentuk terionisasi (NH_4^+) tidak bersifat beracun pada ikan dan udang, sedangkan Amoniak atau dalam bentuk tak terionisasi (NH_3) bersifat beracun dalam konsentrasi yang tinggi (Supono, 2016).

Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja maupun oksidasi senyawa organik oleh mikroba. Penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan pada areal persawahan turut berkontribusi pada peningkatan kadar amoniak pada aliran sungai. Pupuk yang mengandung nitrogen seperti urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) dan ZA (NH_4SO_4) apabila terurai di alam membentuk nitrogen amoniak. Konsentrasi amoniak tinggi pada permukaan air sungai dapat menyebabkan kematian pada biota kecil misalnya ikan. Bahkan pada pH tinggi, amoniak dengan konsentrasi kecil sudah bersifat racun (Crab, 2007).

Nitrogen anorganik (*mobilized nitrogen*) dalam bentuk nitrat dan nitrit berbahaya bagi udang. Dalam budidaya udang, amoniak seringkali muncul sebagai senyawa toksik. Protein merupakan penyusun utama komposisi pakan sangat berpotensi sebagai penyebab munculnya amoniak dalam jumlah besar jika tidak termakan oleh udang. Sedangkan sumber lainnya berasal dari metabolisme udang (Supono, 2016).

Sumber amoniak yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri, dan domestik. Amoniak yang terdapat dalam mineral masuk ke badan air melalui erosi tanah. Kondisi perairan alami, pada suhu dan tekanan normal amoniak berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan gas amoniak. Kesetimbangan antara gas amoniak dengan ammonium ditunjukkan dalam persamaan reaksi (Effendi, 2003):



Amoniak yang terukur di perairan berupa amoniak total (NH_3 dan NH_4^+). Amoniak bebas tidak dapat terionisasi, sedangkan ammonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Amoniak bebas (NH_3) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap

organisme akuatik. Toksisitas terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu. Avertebrata air lebih toleran terhadap toksisitas amoniak daripada ikan (Effendi, 2003).

Pada dasar perairan kemungkinan terdapat amoniak dalam jumlah yang lebih banyak dibanding perairan bagian atasnya karena oksigen terlarut pada bagian dasar relatif lebih kecil. Konsentrasi amoniak yang tinggi pada permukaan air akan menyebabkan kematian ikan yang terdapat pada perairan tersebut (Bratvold, 2001).

Konsentrasi amoniak dalam larutan di atas 0,1 ppm mematikan kehidupan hewan. Toksisitas amoniak dipengaruhi oleh pH yang ditunjukkan dengan kondisi pH rendah akan bersifat racun jika jumlah amoniak berlebih, sedangkan dengan kondisi pH tinggi hanya dengan jumlah amoniak yang sedikit akan bersifat racun juga. Amoniak ada di dalam air tanah secara alamiah dengan jumlah kurang dari 0,2 ppm. Kandungan yang lebih tinggi dijumpai pada air tanah yang berhumus atau dalam hutan dengan konsentrasi mencapai 3 ppm, sedangkan air permukaan kandungan amoniak dapat mencapai 12 ppm (Avnimelech, 2009).

2.3.2 Pengaruh Amoniak Berlebih di Perairan

Dampak dari kadar amoniak yang tinggi dalam perairan menurut Boyd (1990) yaitu apabila kadar amoniak dalam darah ikan atau udang meningkat, kemudian konsumsi oksigen meningkat dan insang menjadi rusak sehingga menurunnya kemampuan darah dalam transportasi oksigen, dan ikan atau udang mudah terserang penyakit dan menghambat laju pertumbuhan.

Jika Nitrit diabsorpsi oleh ikan maka akan bereaksi membentuk met-Hb, sifat met-Hb pada darah antara lain tidak dapat menangkap dan mengangkut oksigen sehingga ikan dapat terserang penyakit *brown blood disease*. Hal yang sama akan terjadi pada Crustacea yang mengandung *hemocyanin* (Boyd, 1990). Level aman amoniak bagi ikan adalah 0,13 mg/liter, artinya melebihi dari itu tidak baik untuk ikan (Chin dan Chen, 1987).

Amoniak, nitrat dan nitrit yang terdapat di tambak. Senyawa tersebut bersifat metabolit toksik dan sangat berbahaya bagi perikanan tambak. Keberadaan fosfat secara berlebihan yang disertai dengan keberadaan nitrogen

dapat menstimulir ledakkan pertumbuhan alga di perairan (*algae bloom*). Alga yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan. Perairan yang cukup mengandung fosfat, alga mengakumulasi fosfat di dalam sel melebihi kebutuhannya. Fenomena yang demikian dikenal dengan istilah konsumsi lebih (*luxury consumption*) (Effendi, 2003).

Salah satu senyawa toksin dalam perairan adalah amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$). Kadar amoniak dalam air laut sangat bervariasi dan dapat berubah secara cepat. Amoniak dapat bersifat toksik bagi biota jika kadarnya melebihi ambang batas maksimum. Meningkatnya kadar amoniak di laut berkaitan erat dengan masuknya bahan organik yang mudah terurai (baik yang mengandung unsur nitrogen maupun tidak). Penguraian bahan organik yang mengandung unsur nitrogen akan menghasilkan senyawa nitrat (NO_3^+), nitrit (NO_2^-) dan selanjutnya menjadi amoniak (NH_3^-) (Effendi, 2003).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei – Juni 2017 di Laboratorium Pakan Alami, Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Tabel 1. Alat dan Bahan yang digunakan selama penelitian

Alat	Keterangan
Botol Kultur	Volume 500 ml, 15 buah
<i>Blower</i>	1 buah
Termometer	1 buah
pH meter	1 buah
Botol film	50 buah
Spektrofotometer	1 buah
Selang aerasi	10 meter
Mikroskop	1 buah
Timbangan digital	1 buah
Tabung reaksi	25 buah
Pipet tetes	10 buah
Mikropipet	1 buah
Lampu	TL 36 watt
Wadah Penampung	Diameter 1 meter, 1 buah
Kain strimin	1 meter
Lux meter	1 buah
Alat tulis	1 set perlengkapan
<i>Sedgwick Rafter</i>	1 buah

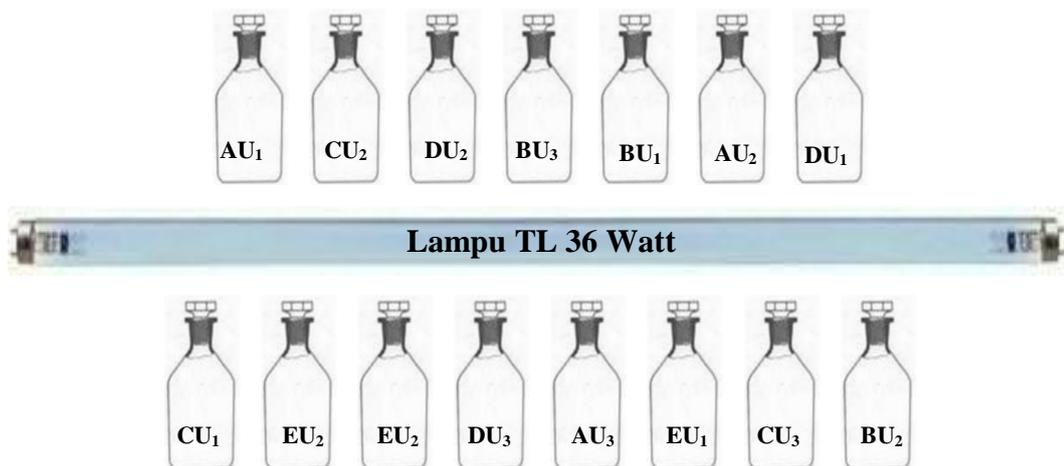
Bahan	Keterangan
<i>Reagent TAN</i>	1 set perlengkapan
<i>Reagent Nitrit</i>	1 set perlengkapan
<i>Reagent Nitrat</i>	1 set perlengkapan
<i>Reagent Orthophosphate</i>	1 set perlengkapan
Inokulan <i>Spirulina</i> sp.	Kepadatan 65.000 individu/ml
Limbah pendederan ikan kerapu bebek	50 liter
Air laut	50 liter
Alkohol 70 %	5 liter

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan dengan konsentrasi limbah yang berbeda dengan volume maksimal 500 ml, sebagai berikut :

- Perlakuan A (Kontrol) = 0 % limbah + 100 % air laut + Pupuk *Conwy*
- Perlakuan B = 25 % limbah + 75 % air laut
- Perlakuan C = 50 % limbah + 50 % air laut
- Perlakuan D = 75 % limbah + 25 % air laut
- Perlakuan E = 100 % limbah

Tata letak botol kultur penelitian yang digunakan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 4. Tata Letak Botol Kultur

Keterangan :

Ulangan (U) = 1, 2, 3

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Wadah

Botol kultur dan wadah penampungan limbah direndam menggunakan larutan klorin dengan konsentrasi 10 mg/l selama 1 hari kemudian dicuci dengan air bersih agar steril dari kontaminan yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.

3.4.2 Persiapan Media

Tahapan dari persiapan media :

1. Wadah penampungan limbah dengan volume 100 liter diletakan di bagian bawah pipa *outlet* dari seluruh bak pendederan kerapu bebek agar air limbah dari seluruh kolam pendederan dapat ditampung langsung saat pembuangan kotoran.
2. Limbah yang terakumulasi pada wadah penampungan kemudian diagitasi agar limbah tidak mengendap.
3. Perlakuan A (kontrol) menggunakan 0 % limbah dan 100 % air laut steril yang diperkaya pupuk *conwy* dengan konsentrasi 1 ml untuk 1 liter air
4. Limbah yang sudah diaduk kemudian dimasukan kedalam botol kultur sesuai konsentrasi yang ditentukan yaitu 25% (125 ml + 375 ml air laut steril); 50% (250 ml limbah + 250 ml air laut steril); 75% (375 ml limbah + 125 ml air laut steril); dan 100% (500 ml limbah). kemudian limbah diagitasi guna mencegah limbah mengendap dalam botol kultur.
5. Lampu TL 36 watt dipasang dengan intensitas rata-rata 3500 lux, sebagai sumber cahaya selama kultur *Spirulina* sp.

3.4.3 Penghitungan Kepadatan Awal dan Penebaran Inokulan *Spirulina* sp.

Penghitungan kepadatan awal *Spirulina* sp. dilakukan untuk mengetahui kepadatan individu inokulum yang akan digunakan dalam botol kultur. Kepadatan individu awal dihitung menggunakan *sedwick rafter* dengan tiga kali ulangan. Inokulan *Spirulina* dimasukan ke dalam setiap botol kultur dengan kepadatan $0,078 \times 10^4$ individu/ml. Adapun tahapan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

1. *Sedwick rafter* yang akan digunakan dibersihkan menggunakan alkohol 70% dan dikeringkan dengan menggunakan *tissue*, kemudian dipasang gelas penutup.
2. Kultur *starter* yang akan digunakan dalam kultur (inokulan *Spirulina*) diambil sebanyak 1 ml kemudian dimasukan ke *sedwick rafter*.
3. Perhitungan kepadatan individu *Spirulina* sebanyak 1 ml yang ditetaskan pada bagian parit melintang hingga penuh dan mikroalga tersebar merata.

4. Mikroalga *Spirulina* sp. yang terdapat pada kotak bujur sangkar yang memiliki sisi 1 mm dihitung sebanyak 50 kotak dibawah mikroskop dengan perbesaran 10 kali sebanyak 3 kali ulangan.
5. Volume inokulum yang dibutuhkan untuk inokulasi dapat dihitung menggunakan rumus (Chien, 1987) sebagai berikut :

$$V_1 = \frac{V_2 \times N_2}{N_1}$$

Keterangan:

V_1 = Volume inokulan yang digunakan (ml)

N_1 = Kepadatan individu inokulan *Spirulina* sp. yang terhitung (ind/ml)

V_2 = Volume media yang akan digunakan (ml)

N_2 = Kepadatan individu inokulan *Spirulina* sp. yang dibutuhkan (ind/ml)

3.4.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.4.1 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan meliputi parameter fisika, kimia dan biologi air yang dilakukan selama penelitian, sebagai berikut:

1. Parameter Fisika dan Kimia Air

Pengukuran parameter fisika air yaitu suhu. Sedangkan parameter kimia air berdasarkan APHA (2005) yaitu pH, dan salinitas, *Total Ammonia Nitrogen* (TAN), Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), Nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3^+) dan Ortofosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) untuk mengetahui N/P rasio dalam media. Berikut tahapan pengukuran kualitas air setiap parameter :

- a. Pengukuran suhu dilakukan setiap 24 jam sekali dan diukur menggunakan termometer.
- b. Pengukuran pH dilakukan setiap 24 jam sekali dan diukur menggunakan pH meter.
- c. Pengukuran TAN dilakukan sebelum penebaran inokulan spirulina dan akhir retensi saat *Spirulina* memasuki fase deklansi (Kematian). Nilai TAN diukur menggunakan Spektrofotometer uv-vis dengan panjang

gelombang 640 nm pada sampel yang telah diberi larutan *reagent* TAN. Nilai TAN menurut Boyd (1990) dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{TAN (A)} = \frac{\text{Absorbansi Sampel} - \text{Absorbansi Blanko}}{\text{Konstanta}}$$

Keterangan : TAN = Total Amoniak Nitrogen (A/ Absorbansi)

- d. Pengukuran Amoniak dilakukan pada sebelum penebaran inokulan spirulina dan akhir retensi saat Spirulina memasuki fase deklansi (Kematian). Nilai Amoniak diukur dengan hubungan pH dan Suhu (Boyd, 1990) dengan rumus :

$$\text{NH}_3 \text{ (mg/l)} = \text{TAN} \times \text{F}$$

Keterangan : F = konsentrasi yang diperoleh dari hubungan pH dan Suhu (Lampiran 1)

- e. Pengukuran nitrit, nitrat, dan ortofosfat dilakukan sebelum penebaran inokulan dan akhir retensi saat Spirulina memasuki fase deklansi (Kematian) pada sampel yang telah diberi larutan *reagent* dengan panjang gelombang masing - masing 543 nm, 410 nm, dan 650 nm (APHA, 2005).

2. Parameter Biologi Air

Pengamatan yang dilakukan pada parameter biologi air adalah pengamatan kepadatan fitoplankton. Pengamatan laju pertumbuhan *Spirulina* sp. dilakukan seperti saat perhitungan kepadatan individu inokulan. Kepadatan individu dihitung setiap 24 jam sekali mulai dari hari pertama sampai akhir penelitian atau saat memasuki fase kematian.

3.4.4.2 Analisis Data

Data pengukuran Total Amonia Nitrogen (selisih awal - akhir) dan kepadatan puncak diuji normalitas dan homogenitas data. Jika signifikan data > 0,05 maka data tersebut normal dan homogen, selanjutnya dilakukan pengujian ANOVA pada tingkat kepercayaan 95 %. Setelah diketahui perlakuan berpengaruh signifikan, maka dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) dengan tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan signifikan antar perlakuan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penggunaan *Spirulina* sp. sebagai agen fitoremediasi limbah budidaya pendederan ikan kerapu bebek berpengaruh dalam menyerap limbah. Penurunan TAN tertinggi berada pada media dengan konsentrasi limbah 25% sebesar 20,12 mg/l dan kepadatan tertinggi berada pada media dengan konsentrasi limbah 25% sebesar $3,78 \times 10^4$ ind/ml.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan protein pada *Spirulina* sp. yang dipelihara pada media limbah pendederan kerapu bebek.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kultur *Spirulina* sp. dalam media limbah pendederan kerapu bebek pada skala massal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams M. 2005. *Superfood for optimum health : Chlorella and Spirulina*. New York: Truth Publishing International, Ltd. 26.
- Agusnar. 2008. *Analisa Pencemaran dan Pengendalian Pencemaran*. Medan. USU Press. 17 - 18.
- America Public Health Association (APHA). 2005. *Standart Methods for examination of water and wastewater 22nd Edition*. Virginia. America Public Health Association.
- Andersen, A. Robert. 2005. *Alga Culturing Tehniques*. Elsevier Academic Press. USA.
- Arif, P. 1997. *Aplikasi SPSS 10.05 dalam Statistik dan Rancangan Percobaan*. Jakarta. Alfabeta Press.
- Avnimelech, Y. 2009. *Biofloc Technology – A Practicial Guide Book*. Louisiana. The World Aquaculture Society United State. 182.
- Borowitzka, M.A. 1988. Algal growth media and sources of cultures In: Borowitzka M.A. & Borowitzka L.J. (eds.), *Micro-algal Biotechnology*. Press: Cambridge. Cambridge University. 456-465
- Boyd, C.E. 1990. *Water quality in Pond for Aquaculture*. Auburn University, Alabana. Departement of Fisheries and Allied Aquacultures, USA, 482.
- Bratvold,D., Browdy,C. L. 2001. Effect Of Sand Sediment And Vertical Surfaces Surface Aquamatstm On Production, Water Quality, And Microbial Ecology In An Intensive Litopenaeus vannamei Culture System. *Aquaculture*, (195) : 81-94
- Brock, T. D. & M. T. Madigan. 1991. *Biology of Microorganisms*. 6th Ed. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey
- Brown, M.R., Jeffrey, S.W., Volkman, J.K., & Dunstan, G.A. 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*, (151): 315-331.

- Carrieri, D., Momot, D., Brasg, I.A., Ananyev, G., Lenz, O., Bryant, D.A. Dismukes, G.C. 2010. Boosting autofermentation rates and product yields with sodium stress cycling: Application to production of renewable fuels by cyanobacteria. *Journal Applied and Environmental Microbiology*, 76 (19) : 6455- 6462
- Chien, T.S. and J.C. Chen. 1987. Acute Toxicity of Ammonia to Larvae of The Tiger Prawn, *Panaeus Monodon*. *Aquaculture*, (6) : 247 -253
- Choi, *et al.*, 2013. An analysis of Australian company carbon emission disclosures. *Pacific Accounting Review*, Vol. 25 No. 1, 58-79.
- Ciferri, O. 1983. *Spirulina*, The Adible Microorganism. America Society for Microbiology. *Microbiological* (4) : 551-578
- Cohen Z., Vonshak A., and Richmond A. 1987. Fatty *sp.* (*Arthospira*) grown on digested pig waste Biores. *acid composition of Spirulina strains grown under var-Technol*, (77) : 19 -24
- Crab, R., Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier, and Verstraete. 2007. Nitrogen Removal Techniques in Aquaculture for Sustainable production. *Aquaculture*, (270) : 1-4
- Cunningham, SD, Berti, WR, and Huang, JW. 1995. *Remediation of contaminated soils and sludges by green plants in Bioremediation of inorganics*. Ohio. Battelle Press.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta. Kanisius.
- Escobedo, F. 2007. [online] *Urban Forests in Florida: Do They Reduce Air Pollution? Institute of Food and Agricultural Sciences*. <http://edis.ifas.ufl.edu>. University of Florida. First published: October 2007. Diakses pada 18 Januari 2017
- Fogg, G.E. 1975. *Algal Culture and Phytoplankton Ecology*. London : The Unviversity of Winscosin Press.
- Goldman, C. J. 1980. *Physiological Aspect In Algae Culture*. Elsevier. Nort Holland Biological press.
- Hargreaves, J. A. 1999. Control of Clay Turbidity in Ponds. *Southern Regional Aquaculture Center (SARC)*, Publication No.460. May.
- Hasanudin, M. 2012. Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya terhadap Pertumbuhan dan Kadar Lipid Mikroalga *Scenedesmus sp.* yang dibudidayakan pada Limbah Cair Tapioka. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri. Malang.

- Henrickson, R. 2009. *Earth food Spirulina*. Ed Ke-6. Hawaii: Ronore Enterprises, Inc. 180
- Hongmei, G., Yunlai, T., Jia, W., Xiaogang, W., Lixin, Z., and Congming L., 2008. Characterization of photosystem II in salt -stressed cyanobacterial *Spirulina platensis* cells. *Biochimica et Biophysica acta*, (1777) : 488 - 495.
- Izzati, M. 2011. Perubahan Konsentrasi Oksigen dan pH Terhadap Perairan Tambak Setelah Ditambahkan Rumput Laut *Sargasum plagyopyllum* dan Ekstraknya. *Skripsi*. Universitas Diponegoro.
- Kartikasari, D. 2010. Pengaruh Penggunaan Media Yang Berbeda Terhadap Kemampuan Penyerapan Logam Berat Pb Pada *Nannochloropsis* sp. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Lampung.
- Kumar, N. PBA., Dushenkov, V., Motto, H., and Raskin, I. 1995. Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science and Technology*, 29 (5) : 687-690
- Octhreeani, A. M., Supriharyono, Prijadi Soedarsono. 2014. Pengaruh Perbedaan Jenis Media terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dilihat dari Kepadatan Sel dan Klorofil a pada Skala Semi Massal. *Journal Management of Aquatic Resources*, 3(2) : 102-108.
- Ogawa, T., and G. Terui. 1970. Studies on the growth of *Spirulina platensis*. On the pure culture of *Spirulina platensis*. *J. Ferment Technol*, 48 : 361-367.
- Relf, D. 1996. *Plant Actually Clean the Air*. Blacksburg. Consumer Horticulture, Virginia Tech.
- Septiana, I. 2016. Pertumbuhan dan Kandungan Karotenoid Mikroalga *Dunaliella* sp. dalam Media Ekstrak Daun Lamtoro. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Lampung.
- Stanca D, Popovici E. 1996. Urea as nitrogen source in modified Zarrouk edium. *Journal of Biology. Veg.* 41:25-31
- Sumiarsa, D., Jatnika, R., Kurnani TB., Lewaru, M. 2011. Perbaikan kualitas limbah cair peternakan sapi perah oleh *Spirulina* sp.. *Jurnal Akuatika, Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Jurusan Kimia FMIPA UNPAD*, 2 (2)
- Supono. 2016. *Sistem Heterotrof (Biofloc) Dalam Budidaya*. Bandar Lampung. Universitas Lampung.
- Taw, N. 1990. *Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga. Proyek Pengembangan Udang*, United nations development

Programme, Food and Agriculture Organizations of the United Nations.

- Tokusoglu, O., M.K. Uunal. 2006. Biomass nutrient profile of three microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Isochrysis galbana*. *Journal Food Sci*, 86 (4): 1144 - 1148.
- Tomaselli L. 1997. Morphology, Ultrastucture and Taxonomy of *Arthrospira* (*Spirulina*) *maxima* and *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*. Di dalam : *Vonshak A, editor. Spirulina platensis (Arthrospira) : Physiology, Cellbiology and Biotechnology*. Taylor&Francis , Bristol ,USA. 2.
- Vonshak, A., S. Boussiba; A. Abeliovich & A. Richmond. 2004. Production of *Spirulina platensis* biomass: Maintenance of monoalgal culture outdoors. *Biotech. and Bioengineering*. 25 (2) : 341-349.
- Winarti. 2003. Pertumbuhan *Spirulina* yang dikultur dengan Pupuk Komersil (Urea, TSP, dan ZA) dan Kotoran Ayam. *Skripsi*. Bogor : Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Persentase Total Amonia Yang Tidak Terionisasi Berdasarkan Hubungan pH dan Suhu (Boyd, 1990)

pH	Suhu (⁰ C)								
	24	25	26	27	28	29	30	31	32
7,0	0,0052	0,00560	0,00600	0,00650	0,00700	0,00755	0,00810	0,00880	0,00950
7,1	0,0067	0,00723	0,00772	0,00833	0,00900	0,000970	0,01040	0,001133	0,01225
7,2	0,00820	0,00885	0,00950	0,01029	0,01100	0,01185	0,01270	0,01889	0,01900
7,3	0,01090	0,01143	0,01225	0,01320	0,01419	0,01929	0,01639	0,01783	0,01930
7,4	0,01800	0,01400	0,01500	0,01615	0,01730	0,01865	0,02000	0,02280	0,02380
7,5	0,01672	0,01800	0,01929	0,02079	0,02229	0,02399	0,02969	0,02739	0,03029
7,6	0,02630	0,02515	0,02390	0,02939	0,02720	0,02929	0,03630	0,03410	0,03690
7,7	0,02630	0,02823	0,03019	0,03248	0,03430	0,03748	0,04005	0,04899	0,04705
7,8	0,03220	0,03440	0,03680	0,03960	0,04240	0,04260	0,04380	0,02300	0,02720
7,9	0,04100	0,04393	0,04559	0,05045	0,05395	0,05798	0,06200	0,06723	0,07245
8,0	0,04990	0,05390	0,05760	0,06130	0,06220	0,07039	0,07320	0,08149	0,08770
8,1	0,06339	0,06783	0,07230	0,07723	0,08279	0,08870	0,09495	0,10230	0,10999
8,2	0,07680	0,08219	0,08790	0,09379	0,10000	0,10709	0,11410	0,12319	0,13220
8,3	0,09665	0,10320	0,10979	0,22733	0,22490	0,13338	0,14189	0,15623	0,16340
8,4	0,11690	0,12429	0,13200	0,14090	0,14930	0,15970	0,16960	0,18210	0,19490
8,5	0,14470	0,15390	0,16310	0,17398	0,18409	0,19333	0,20709	0,22138	0,23970

Lampiran 2. Uji Statistik Puncak Pertumbuhan

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		puncak_pertumbuhan
N		15
Normal Parameters ^a	Mean	2.2382
	Std. Deviation	1.30937
Most Extreme Differences	Absolute	.241
	Positive	.161
	Negative	-.241
Kolmogorov-Smirnov Z		.932
Asymp. Sig. (2-tailed)		.350

a. Test distribution is Normal.

Sig > 0.05, menunjukkan data penelitian normal dan bisa dilanjutkan ke Uji Homogenitas data.

Test of Homogeneity of Variances

puncak_pertumbuhan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.636	4	10	.097

Sig > 0.05, menunjukkan data penelitian homogen dan bisa dilanjutkan ke Uji Anova.

DESCRIPTIVES

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
A	3	2.9333	.23587	.13618	2.3474	3.5193	2.71	3.18
B	3	3.7800	.06557	.03786	3.6171	3.9429	3.71	3.84
C	3	2.9000	.14731	.08505	2.5341	3.2659	2.77	3.06
D	3	1.2600	.06245	.03606	1.1049	1.4151	1.19	1.31
E	3	.3177	.01137	.00657	.2894	.3459	.30	.33
Total	15	2.2382	1.30937	.33808	1.5131	2.9633	.30	3.84

ANOVA

puncak_pertumbuhan

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.831	4	5.958	347.745	.000
Within Groups	.171	10	.017		
Total	24.002	14			

F hitung > Sig, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada selang kepercayaan 95 %. Sehingga bisa dilakukan Uji Lanjut yaitu Lsd (BNT).

puncak_pertumbuhan

LSD (BNT)

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
A	E	2.61567*	.10687	.000	2.3775	2.8538
	D	1.67333*	.10687	.000	1.4352	1.9115
	C	.03333	.10687	.762	-.2048	.2715
	B	-.84667*	.10687	.000	-1.0848	-.6085
B	E	3.46233*	.10687	.000	3.2242	3.7005
	D	2.52000*	.10687	.000	2.2819	2.7581
	C	.88000*	.10687	.000	.6419	1.1181
	A	.84667*	.10687	.000	.6085	1.0848
C	E	2.58233*	.10687	.000	2.3442	2.8205
	D	1.64000*	.10687	.000	1.4019	1.8781
	B	-.88000*	.10687	.000	-1.1181	-.6419
	A	-.03333	.10687	.762	-.2715	.2048
D	E	.94233*	.10687	.000	.7042	1.1805
	C	-1.64000*	.10687	.000	-1.8781	-1.4019
	B	-2.52000*	.10687	.000	-2.7581	-2.2819
	A	-1.67333*	.10687	.000	-1.9115	-1.4352
E	D	-.94233*	.10687	.000	-1.1805	-.7042
	C	-2.58233*	.10687	.000	-2.8205	-2.3442
	B	-3.46233*	.10687	.000	-3.7005	-3.2242
	A	-2.61567*	.10687	.000	-2.8538	-2.3775

Lampiran 3. Uji Statistik Total Amonia Nitrogen (TAN)

		TAN
N		15
Normal	Mean	17.2211
Parameters ^a	Std. Deviation	1.91582
Most Extreme	Absolute	.173
Differences	Positive	.173
	Negative	-.108
Kolmogorov-Smirnov Z		.669
Asymp. Sig. (2-tailed)		.762

a. Test distribution is Normal.

Sig > 0.05, menunjukkan data penelitian normal dan bisa dilanjutkan ke Uji Homogenitas data.

DESCRIPTIVES

TAN

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
A	3	14.9208	.61564	.35544	13.3914	16.4501	14.41	15.60
B	3	15.7052	.12313	.07109	15.3993	16.0110	15.56	15.79
C	3	17.5365	.42610	.24601	16.4780	18.5950	17.26	18.03
D	3	20.1262	.48738	.28139	18.9155	21.3369	19.58	20.51
E	3	17.8171	.39168	.22613	16.8441	18.7901	17.38	18.14
Total	15	17.2211	1.91582	.49466	16.1602	18.2821	14.41	20.51

TEST OF HOMOGENEITY OF VARIANCES

TAN

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.756	4	10	.214

Sig > 0.05, menunjukkan data penelitian homogen dan bisa dilanjutkan ke Uji Anova.

ANOVA

TAN					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	49.452	4	12.363	63.945	.000
Within Groups	1.933	10	.193		
Total	51.385	14			

F hitung > Sig, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada selang kepercayaan 95 %. Sehingga bisa dilakukan Uji Lanjut yaitu Lsd (BNT).

Uji Lanjut

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
A	B	-.78437	.35902	.054	-1.5843	.0156
	C	-2.61572*	.35902	.000	-3.4157	-1.8158
	D	-5.20544*	.35902	.000	-6.0054	-4.4055
	E	-2.89630*	.35902	.000	-3.6962	-2.0964
B	A	.78437	.35902	.054	-.0156	1.5843
	C	-1.83135*	.35902	.000	-2.6313	-1.0314
	D	-4.42107*	.35902	.000	-5.2210	-3.6211
	E	-2.11193*	.35902	.000	-2.9119	-1.3120
C	A	2.61572*	.35902	.000	1.8158	3.4157
	B	1.83135*	.35902	.000	1.0314	2.6313
	D	-2.58972*	.35902	.000	-3.3897	-1.7898
	E	-.28057	.35902	.453	-1.0805	.5194
D	A	5.20544*	.35902	.000	4.4055	6.0054
	B	4.42107*	.35902	.000	3.6211	5.2210
	C	2.58972*	.35902	.000	1.7898	3.3897
	E	2.30914*	.35902	.000	1.5092	3.1091
E	A	2.89630*	.35902	.000	2.0964	3.6962
	B	2.11193*	.35902	.000	1.3120	2.9119
	C	.28057	.35902	.453	-.5194	1.0805
	D	-2.30914*	.35902	.000	-3.1091	-1.5092

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Lampiran 4. Total Ammonium, nitrat, nitrit dan orto-fosfat

Perlakuan	Sebelum Kultur					
	Ammonium	Nitrit	Nitrat	N Total	<i>ortho-phosphate</i> (PO4)	N : P
A	18.01	4.86	0.08	22.95	4,80	5:1
B	17.16	4.37	3.39	24.91	9,25	3:1
C	20.82	4.00	1.70	26.52	13,87	2:1
D	23.30	5.49	4.07	32.87	14,06	2:1
E	38.84	7.44	2.22	48.50	15,94	3:1

Perlakuan	Sesudah Kultur					
	Ammonium	Nitrit	Nitrat	N Total	<i>ortho-phosphate</i> (PO4)	N : P
A	0.62	0.11	2.42	3.15	1,22	2:1
B	0.69	0.13	1.48	2.30	3,78	0,6 : 1
C	7.45	0.14	1.39	8.98	4,31	2:1
D	8.30	0.17	1.53	10.01	4,17	2:1
E	24.83	0.17	2.57	20.23	4,57	6:1

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian



pH meter



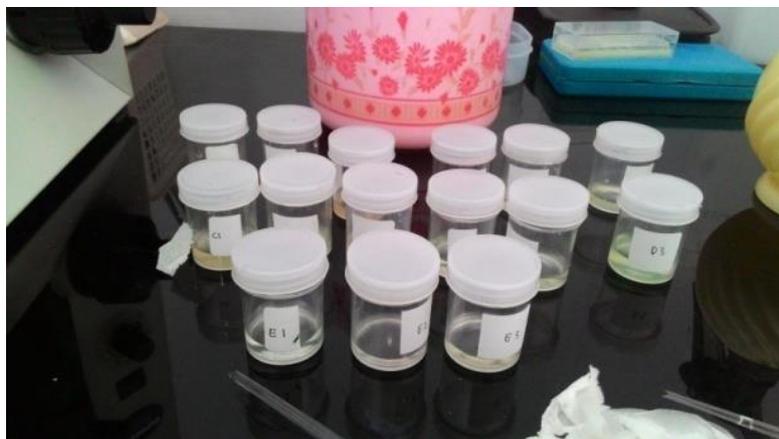
Tabung Reaksi dan Rak tabung reaksi



Mikroskop



Alat Penghitung



Botol Sampel



Gelas Ukur dan Erlenmeyer



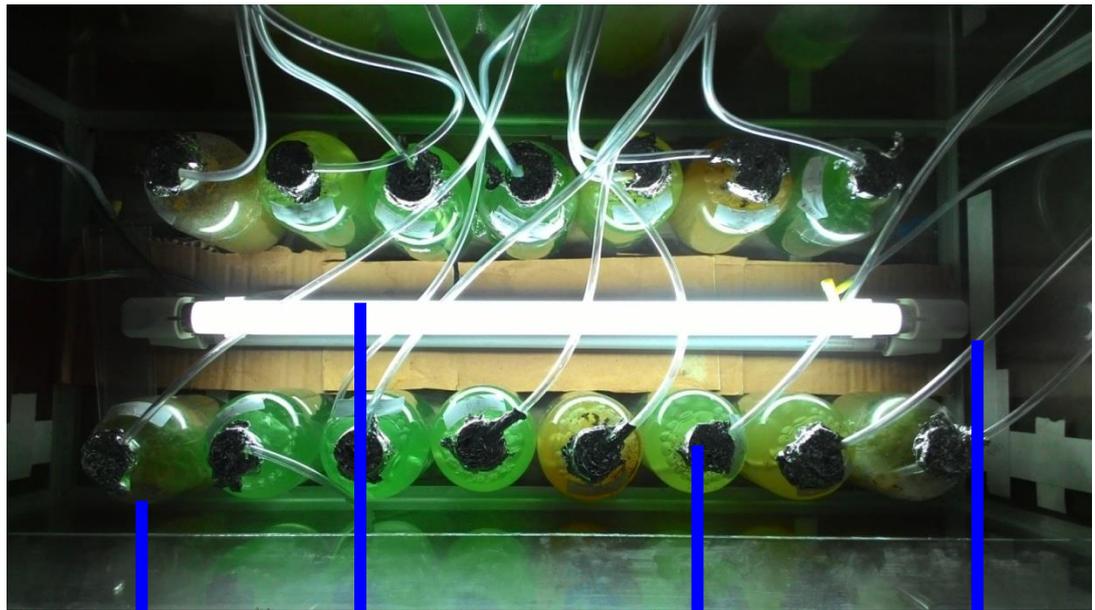
Vacuum



Lux Meter



Spektrofotometer

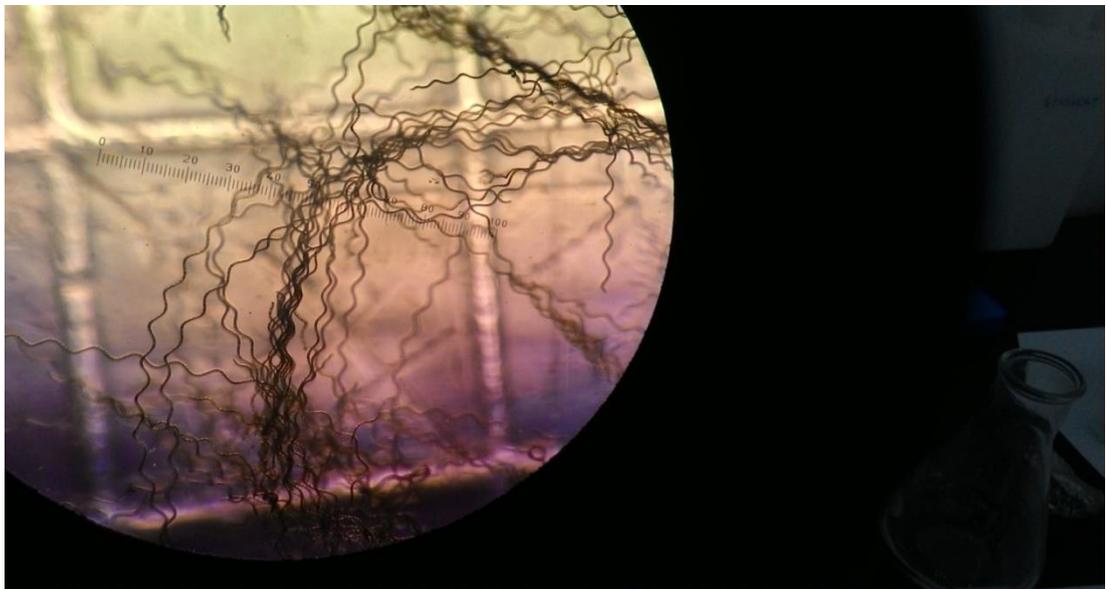


Botol Kultur

Lampu Neon
36 watt

Aluminium
Foil

Selang aerasi



Pengamatan *Spirulina* sp. Di mikroskop



Pemberian *Reagent* Total Amonia Nitrogen, Ortofosfat, Nitrit, dan Nitrat



PERLAKUAN A, B, C, D, DAN E PADA FASE PUNCAK