

**PERTUMBUHAN POPULASI MIKROALGA *Spirulina* sp. PADA KULTUR
SKALA LABORATORIUM DALAM MEDIA LIMBAH PENDEDERAN
KERAPU BEBEK (*Cromileptes altivelis*)**

SKRIPSI

Oleh

ELLEN LARASATI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PERTUMBUHAN POPULASI MIKROALGA *Spirulina* sp. PADA KULTUR SKALA LABORATORIUM DALAM MEDIA LIMBAH PENDEDERAN KERAPU BEBEK (*Cromileptes altivelis*)

Oleh

ELLEN LARASATI

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pertumbuhan populasi *Spirulina* sp., pada kultur skala laboratorium dalam media limbah pendederan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan, yaitu perlakuan A (100%), B (75%), C (50%) dan D (25%) limbah pendederan kerapu bebek sebagai media kultur. Parameter yang dihitung meliputi kepadatan populasi *Spirulina* sp., nitrat, ortofosfat, pH, suhu, salinitas dan intensitas cahaya. Data parameter nitrat, ortofosfat dan kepadatan populasi *Spirulina* sp., diuji menggunakan *analysis of variance* (anova) dengan tingkat kepercayaan 95% dan hasil yang berbeda nyata diuji lanjut menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah pendederan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) pada konsenrasi 25% berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan populasi *Spirulina* sp., pada kultur skala laboratorium.

Kata Kunci: Kerapu bebek, limbah, nitrat, ortofosfat, *Spirulina* sp.

ABSTRACT

GROWTH OF *Spirulina* sp. POPULATION USING HUMPBACK GROUPEL (*Cromileptes altivelis*) CULTIVATION WASTE IN LABORATORY SCALE CULTURE

By

ELLEN LARASATI

The aim of this study was to examine the growth of *Spirulina* sp., population using humpback grouper (*Cromileptes altivelis*) cultivation waste in laboratory scale culture. The research design used was a completely randomized design (CRD) with four treatments and three replications, that is treatment A (100%), B (75%), C (50%) and D (25%) humpback grouper waste as culture medium. The parameters observed included the population density of *Spirulina* sp., nitrate, orthophosphate, temperature, salinity, pH and light intensity. The parameter data of nitrate, orthophosphate and population density of *Spirulina* sp. were tested using analysis of variance (anova) at 95% and continued least significance different (LSD). The results showed that the utilization of humpback grouper (*Cromileptes altivelis*) waste at 25% concentration affect significantly influence on the growth of *Spirulina* sp., population in the laboratory scale culture ($2,66 \times 10^6$ ind/mL).

Key words: *Humpback grouper, nitrate, orthophosphate, Spirulina sp., waste.*

**PERTUMBUHAN POPULASI MIKROALGA *Spirulina* sp. PADA KULTUR
SKALA LABORATORIUM DALAM MEDIA LIMBAH PENDEDERAN
KERAPU BEBEK (*Cromileptes altivelis*)**

Oleh

ELLEN LARASATI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN

Pada

Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PERTUMBUHAN POPULASI MIKROALGA
Spirulina sp. PADA KULTUR SKALA
LABORATORIUM DALAM MEDIA LIMBAH
PENDEDERAN KERAPU BEBEK (*Cromileptes
Altivelis*)**

Nama Mahasiswa : **Ellen Larasati**

No. Pokok Mahasiswa : **1514111041**

Program Studi : **Budidaya Perairan**

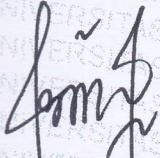
Jurusan : **Perikanan dan Kelautan**

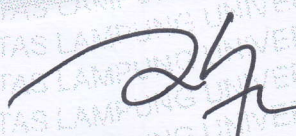
Fakultas : **Pertanian**



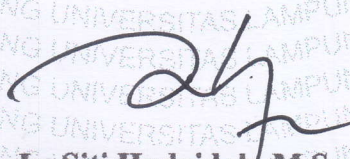
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Berta Putri, S.Si., M.Si.
NIP. 198109142008122002


Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.
NIP. 196402151996032001

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.
NIP. 196402151996032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Berta Putri, S.Si, M.Si.

Sekretaris : Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Suparmono, M.T.A.**

2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020198631002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Juli 2019



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis, 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 lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari 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 yang disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila 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.

Bandar Lampung, 30 Juli 2019
Yang Membuat Pernyataan,



Ellen Larasati
NPM. 1514111041

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 08 Februari 1997 di WayHalim, Kecamatan Kedaton, Bandar Lampung, Lampung. Penulis merupakan anak keempat dari lima bersaudara, putri pasangan Bapak Edi Budiyanto dan Ibu Sarwatin. Penulis menempuh jenjang pendidikan Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 WayHalim, Bandar Lampung, pada tahun 2003, kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 19 Tanjung Senang, Bandar Lampung pada tahun 2009. Dan melanjutkan pendidikan Jurusan Kimia Analis di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) SMTI, Tanjung Karang, Bandar Lampung pada tahun 2012.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui Jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) S-1 pada tahun 2015. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten dosen Ekologi Perairan pada tahun 2016, Fisiologi Hewan Air dan Plankton dan Tanaman Air pada tahun 2017, Fisiologi Hewan Air pada tahun 2017 di Prasetya Mandiri, Mikrobiologi Laut Planktonologi Laut pada tahun 2018, dan Teknologi Produksi Pakan Hidup pada tahun 2019.

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Selapan, Kecamatan Pardasuka, Pringsewu, Lampung Selatan pada Bulan Januari-Maret 2017 dan pada Juli-Agustus 2018 penulis melaksanakan Praktik Umum di Loka Pemeriksaan Penyakit Ikan dan Lingkungan, Serang, Banten dengan judul “Pemeriksaan Histopatologi Organ Insang dan Otot Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)”. Tahun 2019, penulis menyelesaikan tugas akhir dengan menulis skripsi yang berjudul “Pertumbuhan Populasi *Spirulina sp.*, pada Kultur Skala Laboratorium dalam Media Limbah Pendederan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*)”.

PERSEMBAHAN

Atas Ridho Allah S.W.T

Kupersembahkan skripsiku ini kepada papa dan mama tercinta, keluarga, sahabat terbaik, rekan-rekan seperjuangan BDPI'15 dan almamater tercinta "Universitas Lampung"

MOTTO

*Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap
(QS. Al-Insyirah, 6-8).*

*Althrough they plan, Allah also plans, and Allah is the best of planners
(Q.S. Al-Anfal: 30)*

*Kerja keras, disiplin, jujur, semangat, beretika, sabar dan ikhlas
(Suparmono)*

*Hidup adalah kumpulan keyakinan dan perjuangan
(Habiburrahman El-Shirazy)*

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah S.W.T yang telah memberikan kesehatan, kekuatan dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan penelitian yang berjudul “Pertumbuhan Populasi Mikroalga *Spirulina* sp. pada Kultur Skala Laboratorium dalam Media Limbah Pendederan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*)”. Penulis menyusun laporan penelitian ini dalam rangka untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- (2) Orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan memberi dukungan serta semangat selama penelitian.
- (3) Kakak-kakakku tersayang Niken, Mila, Elsa dan Adikku tersayang Elfan yang selalu memberikan dukungan serta semangat.
- (4) Ibu Ir. Siti Hudaidah, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Lampung serta pembimbing anggota, yang telah memberikan saran dan masukan selama penelitian.
- (5) Ibu Berta Putri, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing Utama, yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran.
- (6) Bapak Ir. Suparmono, M.T.A., selaku dosen Penguji yang telah sabar dan banyak memberikan masukan selama kegiatan dan penyusunan laporan penelitian.
- (7) Ibu Esti Harpeni, S.T., MappSc., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan nasihat, bimbingan dan motivasi selama menjalani studi.

- (8) Balai Besar Perikanan Budidaya Laut yang telah memberikan izin tempat pengambilan limbah ikan guna penelitian.
- (9) Bapak dan Ibu dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan ilmu dan motivasi selama menjalani studi di Jurusan Perikanan dan Kelautan.
- (10) Mas Ngadiman Bambang S.I.Kom, Ibu Ismini, Ibu Dwi dan Ibu Kuntari yang telah membantu dalam memfasilitasi selama proses penelitian.
- (11) Sahabat-sahabatku tersayang Agus, Tiwi, Yosiva, Risa, Klara, Nindya, Eka, Uli, Putri, Etika, Yuke dan Winda yang telah memberikan semangat dalam setiap kegiatan.
- (12) Teman-teman Budidaya Perairan angkatan 2015, yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Bandar Lampung, 23 Juli 2019

Penulis,

Ellen Larasati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	3
D. Kerangka Pemikiran	3
E. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Mikroalga <i>Spirulina</i> sp.	6
1. Klasifikasi <i>Spirulina</i> sp.	6
2. Morfologi <i>Spirulina</i> sp.	6
3. Reproduksi <i>Spirulina</i> sp.	8
4. Habitat <i>Spirulina</i> sp.	9
5. Kandungan Nutrisi <i>Spirulina</i> sp.	10
6. Faktor-Faktor Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.	11
6.1 Nutrien	11
6.2 Karbondioksida	12
6.3 Cahaya	12
6.4 pH	13
6.5 Suhu	14
7. Fase Pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp.	14
B. Bioremediasi	16
C. Limbah Budidaya Perikanan	17
III. METODE PENELITIAN	18
A. Waktu dan Tempat Penelitian	18
B. Alat dan Bahan Penelitian	18
1. Alat Penelitian	18
2. Bahan Penelitian	19
C. Rancangan Penelitian	20

D. Pelaksanaan Penelitian	20
1. Persiapan Wadah Kultur	21
2. Persiapan Inokulan <i>Spirulina</i> sp.	21
3. Kultur <i>Spirulina</i> sp.	21
4. Persiapan Media Kultur	22
5. Sterilisasi Media Kultur	22
6. Penghitungan Kepadatan Awal <i>Spirulina</i> sp.	23
7. Pengukuran Kadar Nitrat	24
8. Pengukuran Kadar Fosfat	25
E. Pengamatan	26
1. Parameter Fisika dan Kimia Air	26
2. Parameter Biologi Air	26
3. Analisis Data	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
A. Kadar Nitrat	29
B. Kadar Fosfat	32
C. Rasio Nitrogen dan Fosfor	35
D. Hubungan Nitrat, Fosfat dengan Kepadatan <i>Spirulina</i> sp.	35
E. Kepadatan Populasi <i>Spirulina</i> sp.	38
F. Faktor Lingkungan	41
V. SIMPULAN DAN SARAN	45
A. Simpulan	45
B. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

No.	Halaman
1. Skema kerangka pemikiran penelitian	5
2. Mikroalga <i>Spirulina</i> sp.	7
3. Siklus reproduksi <i>Spirulina</i> sp.	8
4. Skema tata letak wadah kultur	20
5. Kurva larutan standar nitrat	30
6. Kurva larutan standar fosfat	32
7. Hubungan kadar nitrat dan fosfat dengan kepadatan <i>Spirulina</i> sp.	36
8. <i>Spirulina</i> sp. perbesaran 100x	38
9. Kepadatan populasi <i>Spirulina</i> sp. selama penelitian	38
10. Kepadatan populasi <i>Spirulina</i> sp. pada fase puncak	40

DAFTAR TABEL

No.	Halaman
1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian	18
2. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian	19
3. Penurunan kadar nitrat	31
4. Penurunan kadar fosfat	34
5. Rasio nitrogen dan fosfor	35
6. Parameter kualitas perairan	42

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Halaman
1. Tata letak wadah penelitian	52
2. Limbah pendederan kerapu bebek	52
3. Prosedur pembuatan reagen nitrat	53
4. Prosedur pembuatan kurva kalibrasi	54
5. Prosedur pengukuran kadar nitrat	55
6. Prosedur pembuatan reagen fosfat	56
7. Prosedur pembuatan kurva kalibrasi	57
8. Prosedur pengukuran kadar fosfat	58
9. Analisis sidik ragam nitrat	59
10. Analisis sidik ragam fosfat	61
11. Analisis sidik ragam kepadatan individu <i>Spirulina</i> sp.	63
12. Alat dan bahan penelitian.....	65
13. Dokumentasi penelitian	67

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejalan dengan peningkatan target produksi ikan serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, budidaya ikan mulai beralih dari sistem ekstensif ke intensif. Budidaya ikan dengan sistem intensif menggunakan dosis pakan buatan yang tinggi. Penggunaan dosis pakan tersebut, dapat berakibat pada penurunan kualitas air budidaya sehingga berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ikan. Salah satu kegiatan akuakultur yang dilakukan dengan sistem intensif adalah budidaya kerapu bebek. Kegiatan budidaya kerapu bebek tidak lepas dari adanya limbah budidaya (Effendi, 2003).

Limbah budidaya dapat berupa bahan organik maupun anorganik, yang berasal dari sisa pakan, buangan metabolisme ikan dan organisme mati. Pada kondisi lingkungan anaerob, perombakkan bahan organik menghasilkan hidrogen sulfida, ortofosfat dan amonia yang menjadi toksik bagi ikan. Sementara pada kondisi aerob, dekomposisi bahan organik menghasilkan bahan anorganik terlarut seperti ortofosfat, amonium, nitrit dan nitrat yang merupakan nutrien di perairan.

Bahan anorganik dalam limbah dapat dijadikan alternatif baru yaitu sebagai sumber nutrien yang dibutuhkan oleh mikroalga. Mikroalga memiliki potensi besar dalam memanfaatkan bahan anorganik dalam limbah. Salah satu mikroalga

yang memiliki potensi tersebut yaitu *Spirulina* sp. (Amanatin & Nurhidayati, 2013). *Spirulina* sp., memanfaatkan nitrogen dalam bentuk nitrat dan fosfor dalam bentuk ortofosfat untuk menunjang pertumbuhannya (Andersen, 2005).

Pemenuhan kebutuhan nitrogen sangat bergantung pada ketersediannya dalam medium (Kurniasih, 2001 dalam Mubarak *et al*, 2012). Kebutuhan N dan P pada penelitian ini berasal dari limbah pendederan kerapu bebek yang disterilisasi.

Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan mikroalga untuk mengurai limbah telah banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Pratama (2017) menunjukkan bahwa *Spirulina* sp., dapat menurunkan kandungan N dan P dalam limbah budidaya kerapu bebek yang tidak disterilisasi yaitu terjadi penurunan TAN seiring peningkatan pertumbuhan *Spirulina* sp.,. Pemanfaatan sebanyak 25% (v/v) sebagai media kultur *Spirulina* sp, yaitu pada saat sebelum kultur sebesar 24,91 mg/L dan sesudah kultur sebesar 9,25 mg/L dengan rasio N/P sebesar 3:1, kemudian pada saat sesudah kultur terjadi penurunan N total dan ortofosfat masing-masing sebesar 2,30 mg/L dan 3,78 mg/L dengan rasio N/P sebesar 0,6:1.

Pada penelitian tersebut, *Spirulina* sp., dapat menurunkan kadar nitrat dan ortofosfat akan tetapi, penurunan tersebut belum termasuk dalam kategori N dan P yang sesuai baku mutu air laut sehingga relatif tidak aman untuk dibuang keperairan umum. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, kadar nitrat dan ortofosfat yang dianjurkan yaitu sebesar 0,08 mg/L dan 0,015 mg/L. Kebutuhan nitrogen dan fosfor *Spirulina* sp., pada penelitian ini berasal dari limbah pendederan kerapu bebek yang telah disterilisasi. Berdasarkan

pernyataan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji pertumbuhan *Spirulina* sp., pada kultur skala laboratorium dalam media limbah pendederan kerapu bebek.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pertumbuhan populasi mikroalga *Spirulina* sp., pada kultur skala laboratorium dalam media limbah pendederan kerapu bebek.

C. Manfaat Penelitian

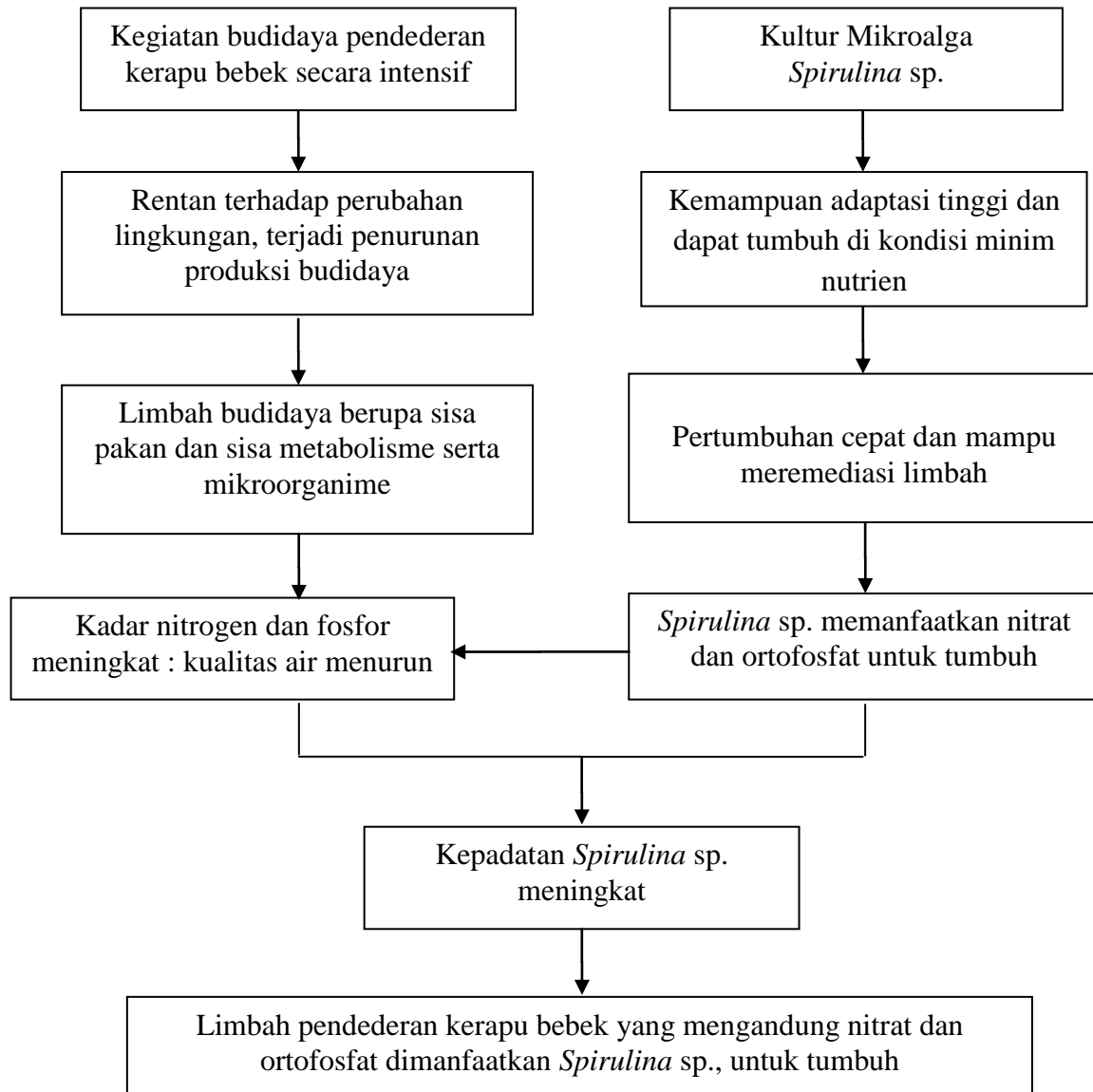
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi sehingga bisa dijadikan acuan mengenai kultur mikroalga *Spirulina* sp., skala laboratorium dalam media limbah pendederan kerapu bebek.

D. Kerangka Pemikiran

Kegiatan budidaya ikan menghasilkan limbah berupa bahan organik maupun anorganik yang berasal dari sisa pakan, buangan metabolisme ikan dan organisme mati. Pada kondisi lingkungan anaerob, perombakkan bahan organik menghasilkan hidrogen sulfida, fosfat dan amonia yang menjadi toksik bagi ikan. Sementara pada kondisi aerob, dekomposisi bahan organik menghasilkan bahan anorganik terlarut seperti ortofosfat, amonium, nitrit dan nitrat yang merupakan nutrisi di perairan. Pertumbuhan mikroalga yang lebih cepat serta kandungan lemak yang tinggi merupakan keuntungan dalam pengembangan mikroalga. Mikroalga memiliki potensi besar dalam menghilangkan nutrisi anorganik dalam

pengolahan limbah. Salah satu mikroalga yang memiliki potensi tersebut yaitu *Spirulina* sp. (Amanatin & Nurhidayati, 2013).

Mikroalga *Spirulina* sp., memiliki daya adaptasi tinggi yang artinya mampu tumbuh dalam berbagai kondisi media pertumbuhan bahkan dalam media limbah (Ogawa & Terui, 1970). Nutrien yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *Spirulina* sp., dalam jumlah besar adalah senyawa organik seperti karbon, nitrogen, fosfor, sulfur, natrium, magnesium dan kalsium. Sumber N tersebut banyak terakumulasi dari limbah budidaya pendederan ikan kerapu bebek dan selama ini limbah yang dihasilkan hanya dibuang tanpa diproses terlebih dahulu. Kerangka pemikiran penelitian ini dapat dijelaskan secara sistematis melalui diagram alur penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Kerangka Pemikiran Penelitian

E. Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

H₀: Tidak ada pengaruh pemberian limbah pendederan kerapu bebek terhadap pertumbuhan mikroalga *Spirulina* sp., pada kultur skala laboratorium.

H₁ : Terdapat minimal satu pengaruh pemberian limbah pendederan kerapu bebek terhadap pertumbuhan mikroalga *Spirulina* sp., pada kultur skala laboratorium.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Spirulina* sp.

1. Klasifikasi *Spirulina* sp.

Mikroalga *Spirulina* sp., adalah mikroalga berwarna hijau kebiruan yang hidupnya tersebar luas dalam semua ekosistem, mencakup ekosistem daratan dan ekosistem perairan baik itu air tawar, air payau, maupun air laut. Klasifikasi *Spirulina* sp., menurut Bold & Wynne (1985) adalah sebagai berikut:

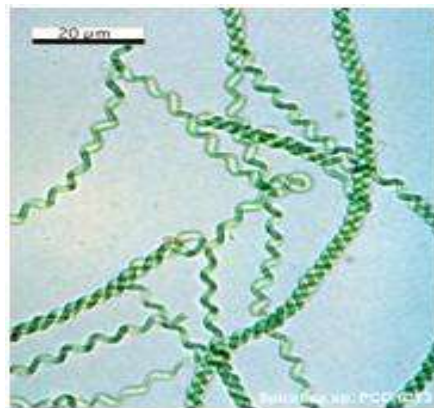
Kingdom : Protista
Filum : Cyanobacteria
Kelas : Cyanophyceae
Ordo : Nostocales
Famili : Oscillatoriaceae
Genus : *Spirulina*
Spesies : *Spirulina* sp.

2. Morfologi *Spirulina* sp.

Mikroalga *Spirulina* sp., berbentuk spiral dengan sel membentuk filamen terpilin dan berdiameter 1-12 μm serta memiliki bentuk tubuh menyerupai benang yang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis (Haryati, 2008). Sel *Spirulina* sp. terbagi menjadi dua bagian yaitu sentroplasma yang berada di bagian pusat dan dikelilingi oleh kromoplasma. Kromoplasma

adalah daerah berpigmen di luar inti sel dan berstruktur homogen, sedangkan sentroplasma berbentuk tidak teratur, mendominasi sepertiga volume sel dan memiliki massa yang padat, yang umumnya disebut inti. Inti ini tidak memiliki membran pembatas sehingga tidak mengalami pembelahan mitosis (Cifferi, 1983).

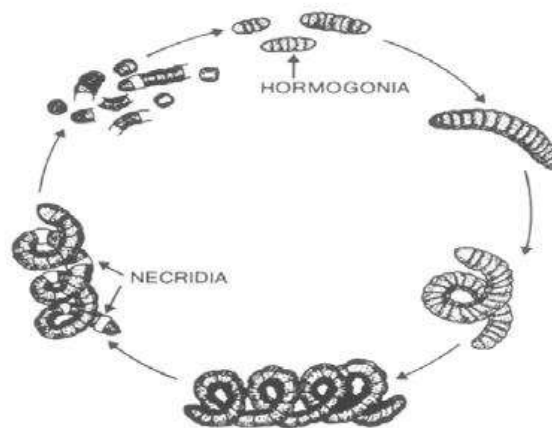
Menurut Kebede & Ahlgren (1996), *Spirulina* sp., adalah jenis *cyanobacteria* yang mengandung klorofil dan dapat melakukan fotosintesis. Zat warna alami yang terkandung dalam *Spirulina* sp., terdiri atas pigmen hijau, merah, kuning dan biru. Kandungan fikosianin yang tinggi pada mikroalga ini menyebabkan warna *Spirulina* sp., cenderung hijau biru. *Spirulina* sp., memiliki struktur trichoma spiral dengan filamen–filamen bersifat mortal dan tidak memiliki heterosit (Richmond, 1988 dalam Borowitzka, 1994). Berikut morfologi *Spirulina* sp., dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mikroalga *Spirulina* sp.
Sumber: Bold & Wynne (1985)

3. Reproduksi *Spirulina* sp.

Siklus reproduksi *Spirulina* sp., terdiri atas tiga tahap yaitu fragmentasi trikoma, pembesaran sel hormogonia dan perpanjangan trikoma. Trikoma dewasa dibagi menjadi filamen atau hormogonia, kemudian sel-sel hormogonia akan meningkat dengan pembelahan biner dan tumbuh memanjang membentuk spiral (Hongmei Gong *et al.*, 2008). Berikut siklus reproduksi mikroalga *Spirulina* sp., dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus Reproduksi *Spirulina* sp.
Sumber: Hongmei Gong *et al.*, (2008)

Mikroalga *Spirulina* sp., bereproduksi dengan fragmentasi. Fragmentasi adalah pemutusan bagian tubuh yang kemudian membentuk individu baru. Pada filamen yang panjang jika salah satu selnya mati maka sel mati itu membagi filamen menjadi dua bagian atau lebih. Masing-masing bagian disebut hormogonium. Selain itu, fragmentasi juga terjadi pada pemisahan dinding yang berdekatan pada trikoma. Pada proses fragmentasi, filamen yang panjang akan terputus menjadi dua atau lebih benang pendek. Setiap hormogonium akan tumbuh menjadi filamen baru. Tempat pemutusan filamen adalah sel mati yang terdapat diantara sel penyusun filamen (Khoirul, 2013).

Selain berfragmentasi *Spirulina* sp., juga bereproduksi dengan pembelahan biner. Pembelahan biner merupakan pembelahan sel secara langsung yang dapat memperbanyak jumlah filamen. Sel-sel membelah menjadi dua dan tidak saling terpisah sehingga membentuk filamen yang terdiri atas deretan mata rantai sel yang disebut trikoma (Khoirul, 2013).

4. Habitat *Spirulina* sp.

Mikroalga *Spirulina* sp., termasuk organisme yang mudah dalam beradaptasi pada kondisi lingkungan baru, sehingga *Spirulina* sp., dapat dikultur pada media yang berbeda-beda. Unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan *Spirulina* sp., dapat berasal dari bahan kimia maupun limbah pada proses pembuatan biogas dengan bahan baku kotoran hewan. *Spirulina* sp., tumbuh subur secara alami di perairan payau dan laut (Tripanji & Suharyanto, 2001). Lingkungan tempat tumbuh *Spirulina* sp., harus dapat memenuhi semua kebutuhan yang diperlukan untuk mendapatkan pertumbuhan *Spirulina* sp., yang optimal. Faktor lingkungan utama yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga antara lain adalah nutrien, cahaya, suhu, pH dan agitasi (Richmond, 1988).

Mikroalga *Spirulina* sp., termasuk ke dalam mikroalga mesofilik, yang dapat tumbuh pada temperatur 20-40°C dengan suhu optimum pertumbuhannya 25-33°C. Suhu minimum untuk pertumbuhannya adalah antara 18-20°C. Umumnya kisaran temperatur untuk pertumbuhan *Spirulina* sp., lebih besar dibandingkan jenis mikroalga lainnya (Borowitzka, 1994).

5. Kandungan nutrisi *Spirulina* sp.

Kandungan nutrisi yang ada di dalam *Spirulina* sp., antara lain protein, vitamin, mineral, asam lemak, asam amino dan berbagai jenis pigmen (Christwardana & Hadiyanto, 2012). *Spirulina* sp., memiliki dinding sel tipis yang tersusun atas kompleks gula dan protein yang mudah dicerna (Sasson, 1997).

Kandungan nutrisi *Spirulina* sp., lainnya adalah karbohidrat dan lemak.

Komposisi lemak *Spirulina* sp., yaitu *Gamma Linolenic Acid* (GLA) yaitu sejenis asam lemak tak jenuh rantai panjang yang berfungsi menurunkan kadar kolesterol dalam darah. GLA sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan, tetapi tidak dapat disintesis dalam tubuh manusia. Jenis asam lemak lainnya yang terdapat dalam *Spirulina* sp., adalah *Eicose Pentanic Acid* (EPA) yang mampu menurunkan kadar kolesterol dalam darah (Prasetyo & Kusumaningrum, 2010). Selain itu, *Spirulina* sp., juga mengandung berbagai vitamin, mineral, pigmen, asam lemak dan asam amino.

Menurut Christwardana & Hadiyanto (2012), mikroalga *Spirulina* sp., memiliki kandungan mineral yang rendah sehingga tidak berbau amis dan aman untuk digunakan sebagai makanan manusia. Selain itu, *Spirulina* sp., juga dapat digunakan sebagai agen penetralisirarsenik untuk limbah dan bahan beracun serta logam berat lainnya (Liu, *et al.*, 2000). Pada perairan yang mengalami pencemaran karena polutan, pemanfaatan *Spirulina* sp., disini untuk merestorasi karena mampu menurunkan BOD dalam limbah. Selain itu, *Spirulina* sp., juga memiliki kemampuan untuk mengatasi masalah eutrofikasi perairan karena dapat menurunkan kadar N dan P (Prasetyo & Kusumaningrum, 2010).

Mikroalga *Spirulina* sp., berfungsi sebagai sumber nutrisi untuk immunostimulan dan *Super Oxyde Dismutase* (SOD). Beberapa rumah sakit di negara modern menggunakan *Spirulina* sp., untuk mendapatkan immunoglobulin A (LGA) dan immunoglobulin B (IgM) yang lebih tinggi. Sementara itu, kandungan fikosianin dalam *Spirulina* sp., berpotensi untuk menghambat pertumbuhan sel leukemia pada manusia (Liu, *et al.*, 2000).

6. Faktor-faktor pertumbuhan *Spirulina* sp.

Kelangsungan hidup dan pertumbuhan suatu mikroalga sangat erat kaitannya dengan ketersediaan nutrisi (unsur hara) serta kondisi lingkungan. Pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh media kultur atau nutrisi, intensitas cahaya, pH, aerasi dan suhu (Lavens & Sorgeloos, 1996).

6.1 Nutrien

Nutrien merupakan faktor yang sangat penting untuk pertumbuhan dan komposisi biokimia mikroalga. Fungsi utama nutrisi adalah sebagai sumber energi dan bahan pembangun sel. Pertumbuhan *Spirulina* sp., membutuhkan bermacam-macam nutrisi yang secara umum dibagi menjadi unsur makro dan unsur mikro. Unsur makro merupakan nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah besar yaitu terdiri atas N, P, K, Na, S, C, H, O, Mg. Sementara itu, unsur mikro merupakan nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit yaitu terdiri atas Bo, Mo, Cu, Zn dan Co (Fogg and Thake, 1987). Komponen vitamin yang tersedia dalam media juga dapat mempercepat pertumbuhan terutama kandungan vitamin B12 (Becker, 1995 *dalam* Andersen, 2005).

6.2 Karbondioksida

Menurut Richmond (1988) *dalam* Borowitzka (1994), faktor utama dalam media sangat bergantung pada komposisi hara nitrogen dan fosfor. Berkurangnya nitrogen dan fosfor menyebabkan penurunan konsentrasi CO₂ dan O₂. Nitrogen merupakan komponen esensial dari struktur dan fungsional protein pada sel mikroalga. Secara umum, mikroalga memiliki kemampuan yang terbatas untuk memproduksi material penyimpan nitrogen ketika tumbuh pada kondisi nitrogen yang mencukupi kecuali sianofisin dan fikosianin (Boussiba & Richmond, 1980).

Laju fotosintesis pada mikroalga yang diberi aerasi dengan CO₂ akan memacu sintesis karbohidrat. Karbohidrat yang berlebihan dalam sel mikroalga akan dikonversi dalam bentuk total lipid (Norbawa, *et al.*, 2013). Aerasi dalam kultur mikroalga sangat penting dilakukan untuk mencegah terjadinya pengendapan sel dan penyebaran nutrisi secara merata sehingga mikroalga dalam kultur mendapatkan nutrisi yang sama, serta meningkatkan pertukaran gas dari udara ke medium (Taw, 1990).

6.3 Cahaya

Mikroalga merupakan organisme autotrof yang mampu membentuk senyawa organik dari senyawa anorganik melalui proses fotosintesis. Keberadaan cahaya menentukan bentuk kurva pertumbuhan bagi mikroalga yang melakukan fotosintesis. Pada mikroalga hijau, pigmen yang menyerap cahaya adalah klorofil a, karotenoid dan xantofil (Tjahjo *et al.*, 2002).

Cahaya berperan penting dalam pertumbuhan mikroalga, tetapi kebutuhannya bervariasi yang disesuaikan dengan kedalaman kultur dan kepadatannya. Kedalaman dan kepadatan kultur yang lebih tinggi menyebabkan intensitas cahaya yang dibutuhkan tinggi. Akan tetapi, intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan fotoinhibisi dan pemanasan. Penggunaan lampu dalam kultur mikroalga minimal dinyalakan 18 jam per hari, hal tersebut dilakukan sampai mikroalga dapat tumbuh dengan konstan dan normal (Coutteau, 1996). Menurut Suryati (2002), intensitas cahaya yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp., berkisar antara 1500-3000 lux dan tidak melebihi 4000 lux untuk menghindari fotoinhibisi.

6.4 pH

Kisaran pH merupakan salah satu faktor penentu bagi pertumbuhan *Spirulina* sp., yang dapat menentukan kemampuan biologi mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara (Fogg & Thake 1987). Kisaran pH berperan untuk menentukan konsentrasi CO₂ dan keseimbangan antara bikarbonat dan karbonat. Keberadaan CO₂ sebagai hasil perubahan bikarbonat menjadi karbonat berlangsung sampai absorpsi dari udara mencapai keadaan seimbang dengan penggunaan CO₂ oleh *Spirulina* sp. Pada saat pH meningkat sampai melewati ambang batas maka kecepatan metabolisme dari *Spirulina* sp., akan menurun. Selain itu, pH juga berpengaruh terhadap penyediaan nutrisi dan keadaan fisiologis *Spirulina* sp. (Ciferri, 1983).

6.5 Suhu

Suhu dalam kultur diatur sedemikian rupa bergantung pada medium yang digunakan. Suhu di bawah 16°C dapat menyebabkan kecepatan pertumbuhan turun, sedangkan suhu di atas 36°C dapat menyebabkan kematian. Beberapa mikroalga tidak tahan terhadap suhu yang tinggi (Taw, 1990). Menurut Lavens & Sorgeloos (1996), *Spirulina* sp., yang paling umum dibudidayakan mampu mentolerir suhu antara 16°C dan 27°C. Suhu lebih rendah dari 16°C akan memperlambat pertumbuhan, sedangkan yang lebih tinggi dari 35°C akan mematikan bagi sejumlah spesies.

7. Fase Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Fase dalam pertumbuhan mikroalga terdiri dari empat fase yaitu fase lag (fase adaptasi), fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Berikut fase pertumbuhan *Spirulina* sp:

7.1 Fase Lag

Fase lag atau fase adaptasi merupakan fase ketika populasi mikroalga tidak mengalami perubahan, tetapi ukuran sel pada fase tersebut meningkat. Pada fase ini, proses fotosintesis sedang berlangsung sehingga organisme mengalami metabolisme, tetapi belum terjadi pembelahan sel sehingga kepadatannya belum meningkat. Fase lag diawali dengan terjadinya penyesuaian sel terhadap lingkungan baru. Sel mengalami defisiensi enzim atau koenzim, sehingga harus

disintesis dahulu untuk berlangsung aktivitas biokimia sel selanjutnya (Brock & Madigan, 1991).

7.2 Fase Eksponensial

Fase eksponensial diawali dengan pembelahan sel dan laju pertumbuhan yang terjadi terus menerus, sehingga pertumbuhan pada fase tersebut mencapai maksimal. Menurut Andersen (2005), fase eksponensial ditandai dengan mulai meningkatnya kepadatan populasi *Spirulina* sp. Waktu penggandaan yang tercepat biasanya tercapai ketika fase eksponensial, yaitu fase pertumbuhan ketika sel-sel membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Pada fase tersebut pertumbuhan dan aktivitas sel berada dalam keadaan maksimum, sehingga pada umur tersebut sel berada dalam keadaan aktif dan memiliki waktu adaptasi yang pendek selama proses kultur.

7.3 Fase Stasioner

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 (Brown *et al.*, 1997). Menurut Chu *et al.*, (1988), kandungan karbohidrat total meningkat sesuai dengan umur dari kultur mikroalga. Pada fase tersebut, laju reproduksi atau pembelahan sel sama dengan laju kematian, artinya penambahan dan pengurangan mikroalga relatif sama sehingga kepadatan mikroalga cenderung tetap.

7.4 Fase Kematian

Fase kematian merupakan fase ketika terjadi penurunan jumlah atau kepadatan mikroalga. Pada fase ini laju kematian lebih cepat dibandingkan laju reproduksi. Laju kematian mikroalga dipengaruhi oleh ketersediaan nutrien, cahaya, temperatur dan umur mikroalga itu sendiri. Kematian sel dapat disebabkan oleh mulai berkurangnya nutrien yang tersedia, sehingga tidak mampu mendukung pertumbuhan sel (Brown *et al.*, 1997).

B. Bioremediasi

Bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran. Bioremediasi bukan konsep baru dalam mikrobiologi terapan, karena mikroba telah banyak digunakan selama bertahun-tahun untuk mengurangi senyawa organik dan bahan beracun baik yang berasal dari limbah rumah tangga maupun industri. Hal yang baru adalah bahwa teknik bioremediasi terbukti sangat efektif dan murah dari sisi ekonomi untuk membersihkan tanah dan air yang terkontaminasi oleh senyawa-senyawa kimia toksik atau beracun (Munir, 2006).

Teknologi bioremediasi ada dua jenis, yaitu *ex-situ* dan *in-situ*. *Ex-situ* adalah pengelolaan yang meliputi pemindahan secara fisik bahan-bahan yang terkontaminasi ke suatu lokasi untuk penanganan lebih lanjut. Penggunaan bioreaktor, pengolahan lahan, pengkomposan dan beberapa perlakuan fase padat lainnya adalah contoh *ex-situ*, sedangkan teknologi *in-situ* adalah perlakuan yang

langsung diterapkan pada bahan-bahan kontaminan di lokasi tercemar (Vidali, 2011).

C. Limbah Budidaya Perikanan

Budidaya ikan terutama budidaya ikan secara intensif (dosis pakan buatan tinggi), selalu menghadapi kesulitan karena tingginya kadar amonia yang berasal dari limbah tersebut. Nitrogen terdapat dalam limbah organik dalam berbagai bentuk yang meliputi empat spesifikasi yaitu nitrogen organik, amonia, nitrit dan nitrat. Dalam air limbah suhu rendah, umumnya kandungan nitrogen organik relatif lebih tinggi daripada nitrogen amonia. Sebaliknya dalam air limbah suhu tinggi kandungan nitrogen organik relatif lebih rendah daripada amonia. Kadar nitrit dan nitrat terdapat dalam air limbah dalam konsentrasi yang sangat rendah (Siregar, 2005).

Unsur nitrogen (N) merupakan komponen utama protein sel yang merupakan bagian dasar kehidupan organisme. Unsur ini sangat berperan dalam sintesa protein. Nitrogen dimanfaatkan oleh mikroalga dalam bentuk nitrat (Dwijoseputro, 1980). Unsur fosfor (P) merupakan salah satu unsur penting dan sangat dibutuhkan untuk kehidupan mikroalga. Fosfor berfungsi untuk pembentukan protein dan metabolisme sel organisme dan menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan mikroalga. Fosfor yang dibutuhkan mikroalga ialah dalam bentuk ortofosfat (Fogg, 1975).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Februari 2019 di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah wadah kultur berupa toples kaca, *blower*, selang aerasi, lampu TL, autoklaf, termometer, pH meter, mikroskop, *sedgewick rafter*, pipet tetes, botol film, spatula, labu ukur, labu erlenmeyer, pipet volumetrik, spektrofotometer, wadah penampung dan corong kaca. Berikut alat-alat yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Jumlah	Keterangan
1	Mikroskop	1 buah	Alat untuk mengamati <i>Spirullina</i> sp.
2	<i>Blower</i>	1 buah	Alat untuk memperbesar tekanan gas
3	Selang aerasi	30 meter	Alat penghubung blower
4	Lampu	TL 36 watt, 2 buah	Sumber cahaya <i>Spirullina</i> sp.
5	Autoklaf	1 gulung	Untuk mensterilkan peralatan gelas
6	Termometer	1 buah	Alat ukur suhu
7	pH meter	1 buah	Alat ukur derajat keasaman
8	Toples Kaca	Ukuran 2 L, 12 buah	Wadah kultur <i>Spirullina</i> sp.

Lanjutan			
9	<i>Sedgewick rafter</i>	1 buah	Alat hitung individu <i>Spirulina</i> sp.
10	Pipet tetes	12 buah	Alat bantu memindahkan cairan
11	Botol film	16 buah	Wadah sampel air
12	Spatula	1 buah	Alat untuk mengaduk larutan
13	Wadah penampung	1 buah	Wadah limbah kerapu bebek
14	Labu ukur	50 mL, 7 buah	Alat untuk membuat larutan
15	Labu erlenmeyer	250 mL, 12 buah	Alat untuk menampung larutan
16	Corong kaca	12 buah	Memasukkan cairan ke wadah kecil
17	Pipet volumetrik	10 mL, 1 buah	Alat untuk memindahkan cairan
18	<i>Spektrofotometer</i>	1 buah	Alat ukur absorbansi larutan

2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah inokulan *Spirulina* sp., limbah pendederan kerapu bebek, air laut steril, larutan asam sulfat pekat, alkohol 70%, larutan standar fosfat, larutan amonium molibdat, larutan asam askorbat, larutan brucine, larutan kalium antimonil tartrat, indikator phenolptalien (PP), larutan asam asetat glacial, larutan standar nitrat, larutan sodium arsenit, aquadest, kertas saring Whatman No 42, formalin 4%, dan pupuk Conwy. Berikut bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Bahan	Jumlah
1	Inokulan <i>Spirulina</i> sp.	Kepadatan 1.000.000 ind/mL
2	Limbah pendederan kerapu bebek	7 liter
3	Air laut steril	6 liter
4	Alkohol 70%	3 liter
6	Larutan asam sulfat (H ₂ SO ₄) pekat	250 mL
7	Larutan standar ortofosfat (PO ₄)	20 mL
8	Amonium molibdat [(NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O]	15 gr
9	Asam askorbat [C ₆ H ₈ O ₆]	25 gr
10	Kalium antimonil tartrat [K(SbO).C ₄ H ₄ O ₆ .]	10 gr
11	Indikator phenolptalien (PP)	15 mL
12	Brucine (C ₂₃ H ₂₆ N ₂ O)	3 gr
13	Larutan asam asetat glacial (CH ₃ COOH)	50 mL
14	Larutan standar nitrat (NO ₃)	20 mL
15	Sodium arsenit (NaAsO ₂)	10 gr
16	Aquadest	10 liter
17	Kertas saring Whatman No 42	100 buah
18	Formalin 4%	15 mL
19	Pupuk Conwy	40 mL

C. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan tersebut menggunakan konsentrasi limbah dan air laut steril yang berbeda, yaitu sebagai berikut:

Perlakuan A : 100% limbah pendederan kerapu bebek steril

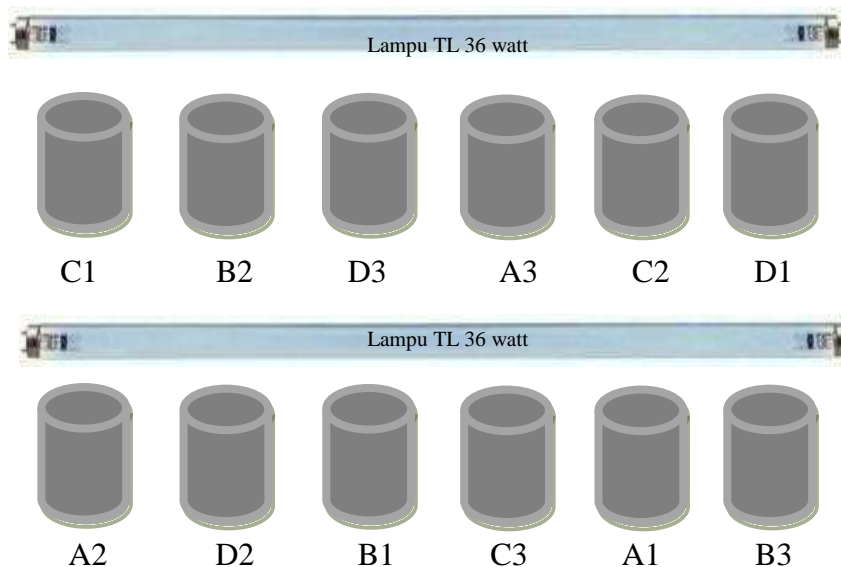
Perlakuan B : 75% limbah pendederan kerapu bebek steril + 25% air laut steril

Perlakuan C : 50% limbah pendederan kerapu bebek steril + 50% air laut steril

Perlakuan D : 25% limbah pendederan kerapu bebek steril + 75% air laut steril

Rancangan perlakuan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

Skema tata letak wadah kultur penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Skema tata letak wadah kultur

D. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi delapan tahapan yaitu tahap persiapan wadah kultur, persiapan inokulan *Spirulina* sp., kultur *Spirulina* sp., persiapan media kultur,

sterilisasi media kultur, penghitungan kepadatan awal dan penebaran inokulum *Spirulina* sp., pengukuran kadar nitrat dan fosfat. Berikut tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian:

1. Persiapan Wadah Kultur

Wadah kultur disterilisasi secara kimia dengan menggunakan klorin dengan dosis 10 mg dalam 1 liter air kemudian ditunggu selama 24 jam. Selang aerasi yang akan digunakan dimasukkan ke dalam toples berisi larutan klorin untuk proses sterilisasi. Selanjutnya wadah kultur disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Hal itu dilakukan dengan tujuan mensterilkan dari kontaminan yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.

2. Persiapan Inokulan *Spirulina* sp.

Persiapan inokulan *Spirulina* sp., diawali dengan menyiapkan toples kaca berukuran 3 liter yang diisi dengan air laut sebanyak 2 liter dan pupuk Conwy ditambahkan sebanyak 2 mL (dosis 1mL/L). Kemudian bibit inokulan ditambahkan sebanyak 200-400 mL (10-20% dari volume air) dan di aerasi, diberi tutup pada toples serta dikultur selama 5 hari sehingga *Spirulina* sp., siap digunakan sebagai stok inokulan skala laboratorium.

3. Kultur *Spirulina* sp.

Kultur *Spirulina* sp., skala laboratorium menggunakan toples berukuran 3 liter yang diisi dengan air laut sebanyak 2 liter dan pupuk Conwy ditambahkan sebanyak 2 mL (dosis 1 mL/L). Inokulan sebanyak 300 mL dimasukkan ke dalam

toples. Dalam kultur *Spirulina* sp., skala laboratorium suhu diatur 20°C dan diberi lampu TL 36 watt dengan lama penyinaran 24 jam per hari serta aerasi.

4. Persiapan Media Kultur

Tahapan dari persiapan media kultur, yaitu sebagai berikut:

- (1) Wadah penampungan limbah dengan volume 19 liter diletakan di bagian bawah pipa *outlet* dari bak pendederan kerapu bebek agar air limbah dari kolam pendederan dapat ditampung langsung.
- (2) Limbah yang terakumulasi pada wadah penampungan kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit.
- (3) Volume limbah sesuai perlakuan dimasukkan ke dalam wadah kultur.

Berikut volume limbah sesuai perlakuan:

Perlakuan A : 100% (700 mL limbah pendederan kerapu bebek steril)

Perlakuan B : 75% (525 mL limbah pendederan kerapu bebek steril)

Perlakuan C : 50% (350 mL limbah pendederan kerapu bebek steril)

Perlakuan D : 25% (175 mL limbah pendederan kerapu bebek steril)

- (4) Lampu TL 36 watt dipasang dengan rerata cahaya sebesar 3500 lux, sebagai sumber cahaya selama kultur *Spirulina* sp.

5. Sterilisasi Media Kultur

Tahapan dari sterilisasi media kultur, yaitu sebagai berikut:

- (1) Limbah yang telah terkumpul dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 mL, kemudian ditutup menggunakan kapas yang dibalut kain kasa dan aluminium foil.

- (2) Erlenmeyer yang telah berisi limbah kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit.

6. Penghitungan Kepadatan Awal dan Penebaran Inokulum *Spirulina* sp.

Penghitungan kepadatan awal *Spirulina* sp., dilakukan untuk mengetahui kepadatan inokulum yang akan digunakan dalam botol kultur. Kepadatan individu awal dihitung menggunakan *sedgewick rafter* dengan tiga kali ulangan. Inokulan *Spirulina* sp., dimasukkan ke dalam setiap botol kultur sebanyak 100 mL dalam media 300 mL. Tahapan dalam perhitungan kepadatan adalah sebagai berikut:

- (1) Kultur *starter* yang akan digunakan dalam kultur (inokulan *Spirulina* sp.) diambil sebanyak 10 mL.
- (2) Alat hitung *sedgewick rafter* dibersihkan menggunakan alkohol 70% dan dikeringkan menggunakan *tissue* kemudian ditutup dengan *cover glass*.
- (3) Kepadatan individu *Spirulina* sp., sebanyak 1 mL diteteskan pada bagian parit melintang hingga penuh dan tersebar merata. *Spirulina* sp., yang terdapat pada kotak yang memilikisasi 1 mm dihitung sebanyak 1000 kotak di bawah mikroskop dengan perbesaran 10x sebanyak 3 kali ulangan. Penghitungan dilakukan dengan menggunakan rumus (Ekawati, 2005) sebagai berikut:

$$N = \frac{C \times 1000}{A \times F} \times R$$

Keterangan:

- N : Kepadatan *Spirulin* asp. (ind/mL)
C : Jumlah individu terhitung
A : Konstanta (π)
R : Pengenceran
F : Jumlah bidang pandang

- (4) Volume inokulum yang dibutuhkan untuk inokulasi dapat dihitung menggunakan rumus (Chien, 1992) sebagai berikut:

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

Keterangan:

- V_1 : Volume inokulum yang digunakan (mL)
 N_1 : Kepadatan individu *Spirulina* sp. yang terhitung (ind/mL)
 V_2 : Volume media yang akan digunakan (mL)
 N_2 : Kepadatan individu *Spirulina* sp. yang dibutuhkan (ind/mL)

7. Pengukuran Kadar Nitrat

Pengukuran nitrat dilakukan menggunakan metode SNI 06-2480-1991 tentang metode pengujian kadar nitrat dalam air menggunakan spektrofotometer secara brusin sulfat. Metode ini digunakan untuk mengetahui besarnya kadar nitrat dalam air limbah secara brusin sulfat dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm. Analisis nitrat dilakukan setiap 3 hari sekali selama penelitian. Tahapan pengukuran kadar nitrat, yaitu:

- (1) Sampel air yang telah disaring dengan kertas Whatman No 42 diambil sebanyak 5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi.
- (2) Sodium arsenit sebanyak 1 tetes, brucine 0,25 mL, asam sulfat 5 mL ditambahkan ke dalam sampel air.
- (3) Kemudian diaduk dan didiamkan selama 10 menit.
- (4) Larutan dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, dibaca dan dicatat serapannya. Hasil pengukuran dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Nitrat} = C \times Fp$$

Keterangan:

C : Nilai absorbansi (A)

Fp : Faktor pengenceran

8. Pengukuran Kadar Fosfat

Pengukuran fosfat dilakukan menggunakan metode SNI 06-6989.31-2005 tentang cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat. Metode ini digunakan untuk mengetahui besarnya kadar fosfat dalam air limbah secara asam askorbat dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm. Analisis fosfat dilakukan setiap 3 hari sekali selama penelitian. Tahapan pengukuran kadar fosfat, yaitu:

- (1) Sampel air disaring dengan kertas Whatman No 42 ke dalam labu erlenmeyer 250 mL.
- (2) Sampel air yang telah tersaring sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL.
- (3) Indikator PP ditambahkan sebanyak 1 tetes (jika terbentuk warna merah muda, H_2SO_4 ditambahkan tetes demi tetes sampai warna merah muda hilang).
- (4) Larutan campuran ditambahkan sebanyak 8 mL dan dihomogenkan. Larutan sampel air dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, dibaca dan dicatat serapannya. Hasil pengukuran fosfat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Fosfat} = C \times F_p$$

Keterangan:

C : Nilai absorbansi (A)

F_p : Faktor pengenceran

E. Pengamatan

1. Parameter Fisika dan Kimia Air

Pengamatan yang dilakukan pada parameter fisika air yaitu suhu, sedangkan parameter kimia air berdasarkan APHA (2005) yaitu pH, salinitas, nitrat dan fosfat. Tahapan pengukuran kualitas air setiap parameter yaitu sebagai berikut:

- (1) Parameter suhu diukur setiap 24 jam sekali menggunakan termometer.
- (2) Parameter pH diukur setiap 24 jam sekali menggunakan pH meter.
- (3) Parameter salinitas diukur setiap 24 jam sekali menggunakan refraktometer.
- (4) Kadar nitrat diukur 3 hari sekali selama 9 hari (T₀, T₃, T₆, T₉) menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm (APHA, 2005).
- (5) Kadar fosfat diukur 3 hari sekali selama 9 hari (T₀, T₃, T₆, T₉) menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 880 nm (APHA, 2005).

2. Parameter Biologi Air

Pengamatan yang dilakukan pada parameter biologi air adalah pengamatan terhadap kepadatan populasi *Spirulina* sp. Pengamatan kepadatan populasi

Spirulina sp., dilakukan dengan menghitung kepadatan populasi setiap 24 jam sekali mulai dari hari pertama (T_0) sampai akhir penelitian (T_9). Kepadatan populasi dihitung dengan cara menghitung jumlah individu *Spirulina* sp., menggunakan alat hitung *sedgewickrafter* dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10x. Penghitungan dilakukan dengan menggunakan rumus (Ekawati, 2005) sebagai berikut:

$$N = \frac{C \times 1000}{A \times F} \times R$$

Keterangan:

N : Kepadatan *Spirulina* sp. (ind/mL)

C : Jumlah individu terhitung

A : Konstanta (3,14)

R : Pengenceran

F : Jumlah bidang pandang

3. Analisis Data

Tahapan analisis data dalam penelitian ini berdasarkan Arif (1997) adalah sebagai berikut:

- (1) Data pengukuran nitrat dan fosfat dengan waktu pengambilan 3 hari sekali selama 9 hari (T_0 , T_3 , T_6 , T_9) yang dianalisis menggunakan sidik ragam atau *analysis of variance* (anova) pada tingkat kepercayaan 95%.
- (2) Data kepadatan puncak *Spirulina* sp., dengan waktu pengambilan 1 hari sekali selama 9 hari yang dianalisis menggunakan sidik ragam atau *analysis of variance* (anova) pada tingkat kepercayaan 95%.
- (3) Selanjutnya, dilakukan pengujian normalitas dan homogenitas data. Jika signifikan data $> 0,05$, maka data tersebut dapat dikatakan normal dan

homogen, kemudian dilakukan pengujian anova pada tingkat kepercayaan 95%.

Setelah data diketahui berpengaruh signifikan, kemudian dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) dengan tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan signifikan antar perlakuan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Pemanfaatan media limbah pendederan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) sebanyak 25% (v/v) berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan populasi *Spirulina* sp., pada kultur skala laboratorium.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan karotenoid dalam mikroalga *Spirulina* sp., yang dikultur menggunakan limbah pendederan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*).

DAFTAR PUSTAKA

- Amanatin, D & Nurhidayati, T. 2013. Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan Pupuk Urea terhadap Kadar Protein *Spirulina* sp. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2):182-185.
- America Public Health Association (APHA). 2005. *Standart Methods for examination of water and wastewater 22nd Edition*. Virginia. America Public Health Association. 107 hlm.
- Andersen, R.A. 2005. *Algal Culturing Technique*. 1st edition. Elsevier Academic Press. UK. 578 hlm.
- Arif, P. 1997. *Aplikasi SPSS 10.05: Statistik dan Rancangan Percobaan*. Alfabeta Press, Jakarta. 251 hlm.
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. *Metode Pengujian Kadar Nitrat dalam Air dengan Alat Spektrofotometer Secara Brusin Sulfat*. SNI 06-6980-1991. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Hal 25-28.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Cara Uji Kadar Fosfat Menggunakan Spektrofotometer Secara Asam Askorbat*. SNI 06-6989. 31-2005. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Hal 34-29.
- Bold, H.C & M. J. Wynne. 1985. *Introduction to the Algae: Structure and Reproduction*. 2nd edition. Prentice-Hall Inc, United States of America. 718 hlm.
- Borowitzka, M.A. 1994. *Micro-algal Biotechnology*. Cambridge University Press. Cambridge. Hal 257-287.
- Boussiba, S & Richmond, A. E. 1980. Isolation and purification of phycocyanins from the blue green alga *Spirulina platensis*. *J. of Archives of Microbiol*, 120:155-159.
- Brock, T.D & Madigan, M.T. 1991. *Biology of Microorganism*. Sixth ed. Prentice-Hall International, Inc. Hal 15-16.
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K & Dunstan, G. A. 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Journal of Aquaculture*, 151: 315-331.

- Budiyono, S. I., Sumardiono, S & Sasongko, S.B., (2014). Production of *Spirulina plantensis* Biomass Using Digested Vinasse as Cultivation Medium, *Trends in Applied Sciences Research*, 9(2):93-102.
- Christian, G. D. 1994. *Analytical Chemistry*, edisi ke- 5, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Christwardana, M & Hadiyanto, M. M. A. N. 2012. *Spirulina platensis*: potensinya sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 21:56-58.
- Chien, Y.H. 1992. Water Quality Requirements and Management for Marine : *Shrimp Culture*. Wyban, J, editor. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture Society Baton Rouge. USA. Pp 156.
- Chu, F. E., Dupuy, J. L & Webb, K. L. 1988. Polysaccharide Composition of Five Algal Spesies Used as Food Larvae of the American Oyster. *Crassostrea Virginica: Aquaculture*, 29, 241-252.
- Ciferri, O. 1983. *Spirulina, the Edible Microorganism*. Microbiology Reviews. American Society For Microbiology, 47(4):551-578.
- Coutteau. 1996. *Trends in Ecology and Evolution*. Doctor disertation. University of Rostock. 112 hlm.
- Dwijoseputro, D. 1980. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Gramedia.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 185 hlm.
- Ekawati, A. W. 2005. *Diktat Kuliah Budidaya Pakan Alami*. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Hal. 3-48.
- Fogg, G. E & Thake, B. 1987. Algae Culture and Phytoplankton Ecology. Pp 102-115 In: *Third edition*. Gad 1987. The University of Winconsin Press. London. pp 117.
- Fogg, G.E. 1975. *Algal Culture and Phytoplankton Ecology*. Second edition. London: The University of Winconsin Press. 291 hlm.
- Grobbelar, J.U. 2004. In: Richmond, A. (Ed.). *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Publishing Ltd. Oxford. pp. 97-115.
- Haryati, R. 2008. Pertumbuhan dan biomassa *Spirulina* sp., dalam skala laboratoris. laboratorium ekologi dan biosistemik. *Jurnal Jurusan Biologi FMIPA*. Undip, 10(1):19-22.

- Hastuti, D.S & H. Handjani. 2001. Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai pupuk alternatif pada kultur mikroalga *Spirulina* sp. *Jurnal Protein*. Fakultas Peternakan-Perikanan UMM. Malang, 13(2):188-192.
- Hongmei, G., Yunlai T., Jia, W., Xiaogang, W., Lixin, Z & Congming, L. 2008. Characterization of Photosystem II in Salt-Stressed Cyanobacterial *Spirulina platensis* Cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1777(6): 488-495.
- Isnansetyo, A & Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton*. Yogyakarta. Kanisius. Hal 34-85.
- Kebede, E & Ahlgren, G. 1996. Optimum Growth Conditions and Light Utilization Efficiency of *Spirulina platensis* (*Arthrospira fusiformis*) (Cyanophyta) from Lake Chitu. Ethiopia. *Hydrobiologia*, 332(2): 99-109.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut*. MENLH. No. 51 Th 2004. Jakarta. 112 hlm.
- Khoirul, A. A. 2013. *Cyanobacteria (Alga hijau-biru)*. Universitas Brawijaya. Malang. 81 hlm.
- Kurniasih. 2001 *dalam* Mubarak *et al* 2012. Pengaruh konsentrasi pupuk *azolla pinata* terhadap pertumbuhan populasi *Spirulina plantensis*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 4(1):4-10.
- Lavens, P & P. Sorgeloos. 1996. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper. Belgium, 9:295-361.
- Lee, Y.K & Shen, H. 2004. *Basic Culturing Techniques*. Di dalam: Richmond A. 1986. Handbook of Microalgal Culture, Biotechnology and Applied Phycology. Iowa: Blackwell Publishing company, 545 hlm.
- Liu, Y., Xu, L, N. Cheng, L. J. Lin C. W & Zhang. 2000. Inhibitory effect of phycocyanin from *Spirulina platensis* on the growth of human leukemia K562 cells. *Journal of Applied Phycology*, 12(2):125-130.
- Lutama, D., Winarso, S & Setiawati, C. T. 2015. Uji efektivitas pertumbuhan *Spirulina* sp. pada limbah cair tahu yang diperkaya urea dan super phosphate 36. *Skripsi*. Universitas Jember. 47 hlm.
- Munir, Erman. 2006. *Pemafaatan Mikroba Dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternative Untuk Pelestarian Lingkungan*. Fakultas MIPA. Universitas Sumatra Utara. 33 hlm.
- Mudzakir, A.K. 1997. Studi Pemberian pupuk GM-50 terhadap pertumbuhan *Dunaliella* sp. pada berbagai tingkat salinitas media dalam skala laboratorium. *Skripsi*. Universitas Diponegoro. 38-42.

- Norbawa, P. 2013. Pengaruh perbedaan periode aerasi karbondioksida terhadap laju pertumbuhan dan kadar total lipid pada kultur *Nannochloropsis oculata*. *Journal of Marine Research*, 2(3):6-14.
- Ogawa, T & Terui, G. 1970. Studies on the growth of *Spirulina platensis*. on the pure culture of *Spirulina platensis*. *Journal of Ferment Technol*, 48:361-367.
- Poernomo, A. 1979. Budidaya Udang di Tambak: Dalam Udang Biologi, Potensi, Budidaya, Produksi dan Udang sebagai Bahan Makanan di Indonesia, Proyek Penelitian Potensi Sumberdaya Ekonomi. LON LIPI. Jakarta. Hal 77-174.
- Prasetyo, B., & Kusumaningrum, N. E. 2010. *Penentuan Jenis Spirulina sp. di Situ Babakan, Jagakarsa, Jakarta Selatan*. Lembaga Penelitian Universitas Terbuka. Jakarta Selatan. 25 hlm.
- Pratama, E. 2017. Fitoremediasi limbah budidaya pendederan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) menggunakan *Spirulina sp.* *Skripsi*. Program Studi Budidaya Perairan. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 57 pp.
- Richmond, A. 1988. *Spirulina*. In. M. A. Borowitzka. 1994. *Microalgal Biotechnology*, pp. 85-121. Cambridge University Press. pp. 477.
- Richmond, A. 2003. *Handbook of Microalgal Culture Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Publishing.
- Rusyani, E. 2014. Pengaruh dosis zeolit yang berbeda terhadap pertumbuhan *Isochrysis galbanaskala* laboratorium dalam media komersial. *Skripsi*. IPB. Bogor. 53 pp.
- Sasson, A. 1997. *Micro Biotechnologies: Recent Developments and Prospects for Developing Countries*. BIOTEC Publication 1/2542. pp. 11-31. Place de Fontenoy, Paris. France. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).
- Siregar. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Kanisius. Yogyakarta. 23 hal.
- Stefeles, J. 2000. Physiological aspects of the production and conversion of DMSP in marine algae and higher plants. *Journal of Sea Research*, 43: 183-197.
- Subarijanti, H.U. 1994. *Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Pertumbuhan Fitoplankton*. Buletin Ilmiah Perikanan. Edisi III. Universitas Brawijaya. Malang. 32 hlm.
- Sudhakar, K., Suresh, S., Premalatha, M. 2011. An overview of CO₂ mitigation using algae cultivation technology. *International journal of Chemical Research*. 3:110-117.

- Suminto. 2009. Penggunaan jenis media kultur teknis terhadap produksi dan kandungan nutrisi sel *Spirulina platensis*. *Jurnal Saintek Perikanan*, 4(2):53-61.
- Sumawidjadja, K. 1974. *Dasar-Dasar Limnologi*. Diklat Ajaran Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 97 hlm.
- Suryati. 2002. Pemanfaatan limbah cair pabrik gula (LCPG) untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 74 pp.
- Taw, N. D. R 1990. *Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga*. Proyek Pengembangan Budidaya Udang: United Nation Development Programme Food and Agriculture Organization of the United Nations. US. 34 hlm.
- Tjahjo, W., Erawai, L., Hanung, S. 2002. *Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton*. Direktorat Jendral Perikanan Budidaya Departemen Kelautan dan Perikanan. Proyek Pengembangan Perekayasaan Ekologi Balai Budidaya Laut Lampung.
- Tripanji & Suharyanto. 2001. Optimization Media from Low COH-Nutrient Sources for Growing *Spirulina platensis* and Carotenoid Production. *Menara Perkebunan*. Bogor. 69(1):18-28.
- Vidali, M. 2011. Bioremediation. An overview. *Pure and Applied Chemistry*. 73(7):1163-1172.