

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH AIR BUDIDAYA IKAN LELE

SEBAGAI MEDIA PERTUMBUHAN *Spirulina* Sp.

THE EFFECT OF WASTE WATER CATFISH POND ON *Spirulina* Sp.

CULTIVATION

Panca Aria Lesmana^{1*)}, Nanda Diniarti¹⁾, Bagus Dwi Hari Setyono¹⁾

¹⁾Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Jl. Pendidikan No 37, Mataram, NTB, Telp. 0370 633007/Fax. 636041;

Abstrak

Padat penebaran yang tinggi mendorong pembudidaya lele untuk menggunakan pakan buatan berprotein untuk mencukupi kebutuhan pakan. Akibatnya, terjadi penurunan kualitas air budidaya yang dipicu oleh tingginya sisa pakan dan sisa metabolisme ikan. Upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi kandungan ammonia tersebut adalah dengan mengkonversi bahan tersebut secara fotoautotrofik melalui alga atau tanaman. Salah satu alga yang mampu memanfaatkan bahan tersebut adalah *Spirulina* sp. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah air budidaya ikan lele sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp. Penelitian ini di mulai pada tanggal 1 sampai 12 bulan September tahun 2018 di Balai budidaya Ikan Batu Kumbang, Kecamatan Lingsar, Lombok Barat. Perlakuan yang digunakan yaitu P1 (Air tawar + *Spirulina* sp. + pupuk), P2 (Air sisa budidaya lele + *Spirulina* sp.) dan P3 (Air sisa budidaya lele + *Spirulina* sp. + Pupuk). Hasil yang didapatkan, Perlakuan P3 dengan kombinasi pupuk komersil dengan air limbah budidaya merupakan perlakuan terbaik dengan menghasilkan kepadatan sebanyak 25.400 sinusoid/ml, Biomassa sebanyak 0.174 gram/ml, dan Laju Pertumbuhan Spesifik sebanyak 0.19 sinusoid/ml/hari serta memiliki waktu penggandaan tercepat sebanyak 3,554 Hari diantara perlakuan P1 dan P2.

Kata Kunci: Limbah Air Sisa Budidaya Ikan Lele, *Spirulina* sp., Kepadatan, Biomassa, Laju Pertumbuhan Spesifik, Waktu Penggandaan

Abstract

The high densities of larva encourages farmers to use protein-made feed to meet feed requirements. That treatment made decrease in water quality of cultivation which is triggered by the high remaining food and the rest of the metabolism of fish. An effort that can be done to reduce the content of ammonia is to convert these materials by photoautotrophic through algae or plants. One of the algae that is able to utilize these ingredients is *Spirulina* sp. The aims of this research was to determine the effect of the used of waste water in catfish farming as a growth medium for *Spirulina* sp. This research began on the 1st to 12th of September 2018 at Batu Kumbang Aquaculture Center, Lingsar District, West Lombok. The

*Korespondensi:

aryapanca20@gmail.com

treatments used were P1 (fresh water + Spirulina sp. + Fertilizer), P2 (Waste water from catfish pond + Spirulina sp.) and P3 (Waste water from catfish pond + Spirulina sp. + Fertilizer. The results obtained, the treatment of P3 with a combination of fertilizers with wastewater catfish pond is the best treatment by producing a density of 25,400 synosoid/ml, Biomass of 0,174 g/ml, and Specific Growth Rate of 0.19 sinusoid / ml / day and has the fastest doubling time 3,554 days between treatments P1 and P2.

Keywords:Waste water catfish pond, *Spirulina sp.*, Densities, Biomass, Specific Growth Rate, Doubling Time

Pendahuluan

Pemerintah Indonesia dewasa ini sedang menggiatkan budidaya ikan terutama di perairan tawar yang bertujuan untuk mencukupi kebutuhan protein. Salah satu komoditi yang sedang digalangkan adalah budidaya lele. Budidaya lele yang dilakukan banyak menggunakan cara intensif yang mana memiliki padat tebar yang tinggi. Penggunaan padat penebaran yang tinggi mendorong pembudidaya untuk menggunakan pakan buatan berprotein untuk mencukupi kebutuhan pakan. Akibatnya, terjadi penurunan kualitas air budidaya yang dipicu oleh tingginya sisa pakan dan sisa metabolisme ikan. Ekasari (2009) menjelaskan bahwa organisme akuatik hanya dapat meretensi protein dari pakan sekitar 20 - 25% dan selebihnya akan terakumulasi dalam air dalam bentuk feses serta pakan yang tidak termakan.

Iswandi (2016) menjelaskan feses dan pakan yang tidak termakan tersebut menghasilkan produk sampingan berupa fosfat (PO_3^-), ammonia (NH_3), nitrit (NO_2^-), dan nitrat (NO_3^-). Lebih spesifiknya, ammonia terbentuk dari katabolisme protein dalam tubuh organisme akuatik, kemudian ammonia ini diekskresikan melalui insang (Ebeling *et al.*, 2006; Hargreaves,

1998 *dalam* Ekasari, 2009). Pada saat yang sama, bakteri memineralisasi nitrogen organik dalam pakan yang tidak termakan dan feses menjadi ammonia (Gross and Boyd, 2000 *dalam* Ekasari, 2009). Akibat dari berlangsungnya kedua proses ini, aplikasi pakan berprotein tinggi dalam sistem budidaya akan menghasilkan akumulasi ammonia baik sebagai hasil ekskresi dari organisme yang dibudidayakan maupun hasil mineralisasi bakteri. Ammonia (NH_3) tersebut apabila dalam jumlah banyak akan bersifat racun bagi ikan, sedangkan fosfat (PO_4), nitrit (NO_2^-), dan nitrat (NO_3^-) tidak berbahaya bagi ikan, sehingga perlunya upaya pengurangan kadar ammonia tersebut. Pergantian air merupakan metode paling umum dilakukan, namun metode ini berdampak tidak baik bagi lingkungan sekitar, karna akan terjadi pencemaran yang diakibatkan pembuangan limbah tersebut secara terus menerus (Ekasari, 2009).

Upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi kandungan ammonia (NH_3) tersebut adalah dengan mengkonversi bahan tersebut secara *fototrofik* melalui alga atau tanaman. Alga tidak mampu menyerap Ammonia tersebut secara langsung, namun terlebih dahulu dirombak menjadi nitrat dengan

bantuan *nitrobacter* dan *nitrosomonas*, proses ini biasa dinamakan *nitrifikasi* (Indra, 2013). Adapun jenis alga yang mampu menyerap nitrat dari limbah tersebut adalah *Spirulina* sp. Pernyataan ini terbukti dari hasil penelitian Jalal (2011) yang dimana memanfaatkan limbah air perkotaan untuk digunakan sebagai media kultur *Spirulina* sp. Hasil penelitian tersebut *Spirulina* sp. mampu menyerap nitrat dari konsentrasi 9,5 mg/L menjadi 1.5 mg/L (84,2%) dan fosfat dari konsentrasi 58,98 mg/L menjadi 34,32 mg/L (41,8%). Penjelasan tersebut menegaskan bahwa alga *Spirulina* sp. kemungkinan dapat diaplikasikan sebagai penyerap nitrat dari amonia dan fosfat yang ada pada air limbah budidaya lele.

Spirulina sp. merupakan makhluk hidup *autotrof* berwarna kehijauan, kebiruan, dengan sel berkolom membentuk filamen terpilin menyerupai spiral (*helix*) sehingga disebut juga alga biru hijau berfilamen (*cyano bacterium*). Kandungan protein pada *Spirulina* sp. berkisar antara 63-68 %. dengan kandungan protein yang tinggi ini maka *Spirulina* sp. mempunyai sumber protein yang potensial bagi makhluk hidup baik manusia atau pun hewan ternak (Hariyati, 2008).

Metode Penelitian

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini di mulai pada tanggal 1-12 September 2018 di Balai budidaya Ikan Batu Kumbang, Kecamatan Lingsar, Lombok Barat.

Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan yaitu kountainer volume 15 liter, Kountainer volume 60

liter, *Filter bag*, Selang aerasi, Blower, Pipet tetes, Lampu neon 40 watt, Spon cuci, Sikat cuci, Mikroskop, pH meter, Thermometer, *Hand Counter*, *Sedgewich rafter*, Pipet ukur, *Plankton Net* 25 μ , Selang air, Pompa air, Alat tulis dan Kamera, *Sand Filter*, Waring, Spektrofotometer uv-vis dan AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). *Spirulina* sp., Air tawar, Air limbah budidaya ikan, Urea, TSP, EDTA, ZA, Diterjen, Klorin, dan Natrium Tiosulfat.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini adalah eksperimental dengan *Spirulina* sp. sebagai biota uji yang dimana menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 3 perlakuan dan 5 kali ulangan. Perlakuan tersebut yaitu P1 (Air tawar + *Spirulina* sp. + pupuk), P2 (Air sisa budidaya lele + *Spirulina* sp.) dan P3 (Air sisa budidaya lele + *Spirulina* sp. + Pupuk). Parameter yang diamati adalah Periodeisasi *Spirulina* sp., Kepadatan, Biomassa, Laju Pertumbuhan Spesifik dan Waktu Penggandaan.

Pengamatan dilakukan setiap harinya untuk mengetahui sampai mana fase *Spirulina* sp. terjadi. Kepadatan diamatidibawah Mikroskop dihitung dengan rumus: $N = C/5 \times 1.000$ yang dimana N: Kepadatan *Spirulina* sp. (sinusoid/ml), C : Jumlah sel yang terhitung dalam 5 kotak sampel (sinusoid/ml) dan 1.000 : Jumlah seluruh kotak *Sadgwichrafter*. Sampel Biomassa diambil ketika pertumbuhan *Spirulina* mencapai puncak, sampel diambil 100 ml kemudian disaring dan dioven selama 4 jam dengan suhu 110°C, hasil oven didinginkan diatas desikator dan ditimbang beratnya

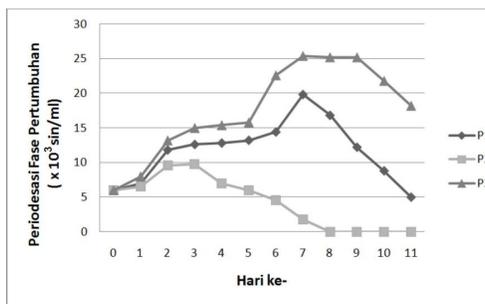
dan dihitung dengan rumus Biomassa (gr) = Berat sampel – Berat kertas. Laju pertumbuhan spesifik dihitung menggunakan rumus $\mu = \frac{(\ln N_t - \ln N_0)}{t}$ yang dimana $\ln N_t$ = Kepadatan *Spirulina* sp. awal (sinusoid/ml), $\ln N_0$ = Kepadatan *Spirulina* sp. akhir (sinusoid/ml) dan t = selang waktu dari N_t ke N_0 (Hari). Waktu penggandaan diri dihitung dengan rumus $T = \ln 2 / \mu$ yang dimana μ = Laju pertumbuhan spesifik (sinusoid/ml) dan $\ln 2$ = Konstanta.

Analisis data

Hasil pengamatan kepadatan, Biomassa, Laju pertumbuhan spesifik dan waktu penggandaan dianalisis statistik menggunakan *Analyst of Varian* (ANOVA) dengan taraf nyata 1% dan pengaruh yang berbeda nyata dilanjutkan dengan Uji Lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil)

Hasil Periodisasi Fase Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. pada penelitian ini menunjukkan terjadinya pola umum pertumbuhan alga yang terbagi dalam fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Grafik pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 1.



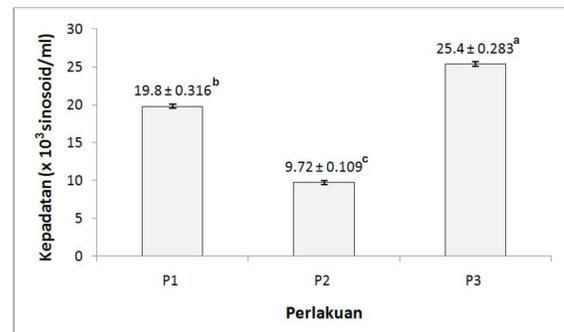
Gambar 1. Grafik Periodisasi Fase Pertumbuhan *Spirulina* sp. selama pemeliharaan.

Fase lag pada setiap perlakuan (P1, P2 dan P3) terjadi pada waktu yang sama yaitu pada hari ke-0 sampai hari ke-1. Perlakuan P1 dan P3 mengalami fase eksponensial terjadi dari hari ke-1 sampai hari ke-7. Setelah fase eksponensial selesai, mikroalga mengalami fase stasioner. Pada perlakuan P3 fase stasioner terjadi pada hari ke-7 sampai ke-9. Pada perlakuan P2 fase stasioner terjadi pada hari ke-2. Pada perlakuan P1 fase stasioner tidak terjadi, pada hari ke-8 kepadatan *Spirulina* sp. langsung mengalami penurunan.

Fase yang terakhir adalah fase deklinasi atau kematian. Pada penelitian ini fase deklinasi pada perlakuan P1 terjadi setelah hari ke-7, P2 terjadi setelah hari ke-3 dan P3 terjadi setelah hari ke-9.

Kepadatan dan Biomassa *Spirulina* sp.

Berdasarkan uji lanjut BNT didapatkan bahwa P3 berbeda nyata dengan P1 dan P2, begitupun dengan P1 berbeda nyata dengan P3 dan P2 serta P2 berbeda nyata dengan P1 dan P2. Hasil uji BNT tersaji dalam Gambar 2.



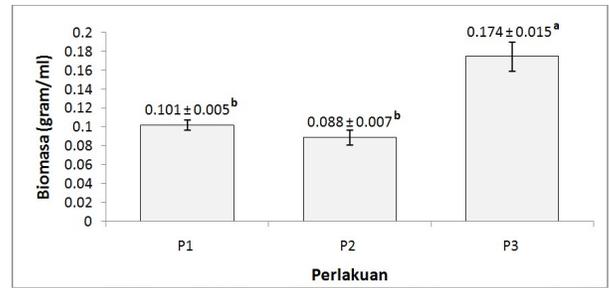
Keterangan: Subscript yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan secara nyata pada setiap perlakuan

Gambar 2. Grafik Rata-rata Kepadatan *Spirulina* sp.

Dari hasil pengamatan yang tersaji dalam Gambar 2 tersebut, kepadatan tertinggi didapatkan pada perlakuan P3 dengan rata-rata kepadatan 25.400 sinusoid/ml. sedangkan kepadatan terendah didapatkan pada perlakuan P2 dengan rata-rata kepadatan 9.720 sinusoid/ml.

Berdasarkan hasil uji sidik ragam (Anova) yang menggunakan ($P > 0.01$) untuk analisa biomassa *Spirulina* sp. adalah pengaruh penggunaan limbah air budidaya ikan sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp. memberikan pengaruh yang sangat-sangat signifikan/berbeda nyata terhadap Biomassa *Spirulina* sp. ($P > 0.01$) dengan nilai F hitung (97.89444) lebih besar dari F tabel (6.926608). Langkah selanjutnya adalah melakukan uji lanjut BNT untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan.

Berdasarkan dari uji lanjut BNT didapatkan bahwa Perlakuan P3 dengan rata-rata biomassa sebesar 0.174 gram (a) sangat berbeda nyata dengan Perlakuan P1 dengan rata-rata biomassa 0.101 gram (b) dan perlakuan P2 dengan rata-rata biomassa sebesar 0.088 gram (b). Perlakuan P1 dengan rata-rata biomassa 0.101 gram (b) dan perlakuan P2 dengan rata-rata biomassa sebesar 0.088 gram (b) tidak ada perbedaan yang sangat nyata (non Signifikan). Grafik biomassa *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 3.



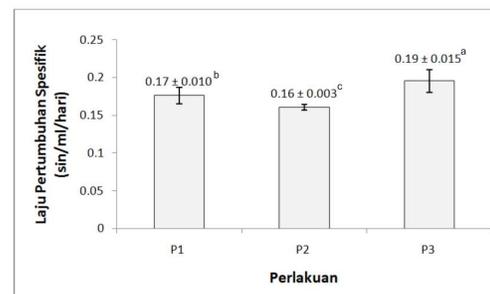
Keterangan: Subscript yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada setiap perlakuan

Gambar 3. Grafik Biomassa *Spirulina* sp.

Perbedaan berat biomassa tersebut dikarenakan adanya perbedaan kepadatan. Tingginya Biomassa akan berkorelasi dengan tingginya laju pertumbuhan mikroalga. Mikroalga terpadat terdapat pada perlakuan P3 (Gambar 3) sehingga biomassa tertinggi juga terdapat pada perlakuan P3.

Laju Pertumbuhan Spesifik

Berdasarkan hasil uji sidik ragam (Anova) yang menggunakan standar error 1% yaitu pengaruh penggunaan limbah air budidaya ikan sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp. memberikan pengaruh yang sangat-sangat signifikan/berbeda nyata ($P > 0.01$) terhadap Laju Pertumbuhan Spesifik (LPS). Langkah selanjutnya adalah melakukan uji lanjut LSD untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan.



Keterangan: Subscript yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada setiap perlakuan Gambar 4. Grafik Laju Pertumbuhan Spesifik *Spirulina* sp.

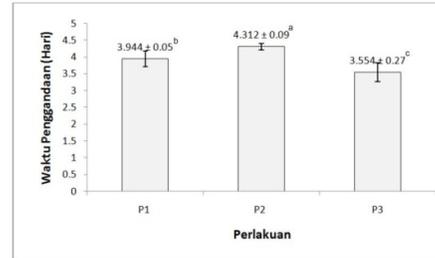
Berdasarkan dari hasil uji lanjut BNT pada Gambar 4 didapatkan bahwa Perlakuan P3 dengan rata-rata LPS sebesar 0.19 sinusoid/ml/hari (a) sangat berbeda nyata (Signifikan) dengan Perlakuan P1 dengan rata-rata LPS 0.17 sinusoid/ml/hari (b) dan P2 (Air Limbah) dengan rata-rata LPS sebesar 0.16 sinusoid (b). Sedangkan perlakuan P1 dengan rata-rata LPS 0.17 sinusoid/ml/hari (b) tidak ada perbedaan nyata (non Signifikan) dengan perlakuan P2 dengan rata-rata LPS sebesar 0.16 sinusoid/ml/hari (b). Grafik LPS *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 4.

Waktu Peggandaan Diri (*Doubling Time*)

Berdasarkan hasil uji sidik ragam (Anova) yang menggunakan standar error 1% adalah pengaruh penggunaan limbah air budidaya ikan sebagai media pertumbuhan *Spirulina* sp. memberikan pengaruh yang sangat-sangat signifikan/berbeda nyata ($P > 0,01$) terhadap Biomassa *Spirulina* sp. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji lanjut LSD untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan.

Berdasarkan dari hasil uji lanjut BNT didapatkan bahwa Perlakuan P3 dengan rata-rata waktu penggandaan sebesar 3.554 hari (b) sangat berbeda nyata (Signifikan) dengan perlakuan P1 dengan rata-rata waktu penggandaan sebesar 4.062 hari (a) dan perlakuan P2 dengan rata-rata waktu penggandaan

sebesar 4.240 hari (a). Sedangkan perlakuan P1 dengan rata-rata waktu penggandaan sebesar 4.062 hari (a) tidak ada perbedaan yang sangat nyata (non Signifikan) dengan perlakuan P2 dengan rata-rata waktu penggandaan sebesar 4.240 hari (b). Grafik waktu penggandaan (*doubling Time*) *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Laju Peggandaan diri (*Doubling Time*) *Spirulina* sp.

Nutrien dan Kualitas Air

Terlihat pada Tabel 1 didapatkan kandungan nitrat tertinggi sebelum dimulainya perlakuan terdapat pada perlakuan P3 yang dimana sebesar 10 mg/L. kemudian setelah kepadatan *Spirulina* sp. mengalami penurunan, media diukur kembali kadar nitratnya, didapatkanlah hasil sebesar 0,278 mg/L. Nitrat terendah didapatkan pada Perlakuan P2 sebesar 5,3333 mg/L. setelah kepadatan menurun diukur kembali dan menghasilkan nitrat sebesar 0,7407 mg/L.

Tabel 1. Kualitas Air Pada Air media *Spirulina* sp.

Parameter	Perlakuan			Kisaran optimal
	P1	P2	P3	
Nitrat (NO ₃)	7,1428 mg/L (Sebelum)	5,3333 mg/L (Sebelum)	10 mg/L (Sebelum)	0,9 - 10 mg/L (Buono, 2018) 0,9 - 3,5 mg/L (Enderson, 2005 dalam Robi, 2014)
	0,7140 mg/L (Sesudah)	0,7407 mg/L (Sesudah)	0,278 mg/L (Sesudah)	
Fosfat (PO ₃)	0,387 mg/L (Sebelum)	0,1846 mg/L (Sebelum)	0,545 mg/L (Sebelum)	0,09 - 5,51 mg/L (Ardiansyah, 2017) 0,09 - 1,80 mg/L (Mustofa, 2015)
	0,036 mg/L (Sesudah)	0,0559 mg/L (Sesudah)	0,0453 mg/L (Sesudah)	
Fe (Besi)	0,2985 mg/L (Sebelum)	0,3041 mg/L (Sebelum)	1 mg/L (Sebelum)	1,0 mg/L (Mayasari et al, 2012)
	0,1123 mg/L (Sesudah)	0,1460 mg/L (Sesudah)	0,1445 mg/L (Sesudah)	
Suhu	26-29°C			25-40°C (Hadiyanto, 2013 dalam Wahyuni et al, 2018)
pH	6,88-7,03			6-8 (Amanantin, 2013 dalam Astiani et al 2016)
Intensitas Cahaya	1962-2645 Lux			2500-5000 lux (Suminto, 2009) 1000-1300 lux (Indrastuti, 2014)

Unsur fosfat sendiri terlihat pada Tabel 1 didapatkan kandungan fosfat tertinggi sebelum dimulainya

perlakuan terdapat pada perlakuan P3 yang dimana sebesar 0,545 mg/L. kemudian setelah kepadatan *Spirulina* sp. mengalami penurunan, media diukur kembali kadar fosfat, didapatkanlah hasil sebesar 0,0453 mg/L. Fosfat terendah didapatkan pada Perlakuan P2 sebesar 0,1846 mg/L. Setelah kepadatan menurun diukur kembali dan menghasilkan nitrat sebesar 0,0559 mg/l.

Berdasarkan dari hasil pengukuran selama penelitian, pH yang teramati selama penelitian berkisar antara 6,88-7,3 (Tabel 1). Berdasarkan dari hasil pengamatan, didapatkan pengukuran suhu Selama penelitian yaitu 26-28°C. Selama penelitian berlangsung berkisar antara 1962-3245 Lux (Tabel 1).

Pembahasan

Periodisasi Fase Pertumbuhan *Spirulina* sp.

Awal budidaya *Spirulina* sp lebih terfokus beradaptasi dengan lingkungannya. Proses adaptasi ini adalah poses penyesuaian diri dengan lingkungan barunya, sehingga secara tidak langsung *Spirulina* sp. lebih memfokuskan dirinya untuk pembentukan enzim dan koenzim demi keberlangsungan proses biokimia selanjutnya pada fase eksponensial. Pendapat tersebut sesuai dengan pernyataan Madigan *et.al* (1999) dalam Widayati(2014) yaitu 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. Enzim yang terbentuk dapat berupa enzim yang berfungsi untuk menyerap nutrisi seperti salah satu enzim yang

membantu dalam menyerap phosphate yaitu enzim phoesphoesterase atau fosfatase. Pendapat ini sejalan dengan pendapat Browitzhka (1988) dalam Widayati(2014) mikroalga dapat memanfaatkan senyawa fosfat organik dan menghidrolisis dengan ekstrak oleh aksi enzim phosphoesterase atau fosfatase dan kemudian mengambil P anorganik yang dihasilkan.

Setelah fase lag, mikroalga memasuki fase *eksponensial* yang ditandai dengan terjadinya peningkatan jumlah sel secara cepat. Pada penelitian ini, perlakuan P1 dan P3 mengalami fase *eksponensial* terjadi dari hari ke-1 sampai hari ke-7. Berdasarkan data tersebut, sel lebih aktif dalam berkembang biak dengan cara membelah, sehingga laju pertumbuhan semakin naik untuk meningkatkan kepadatan populasi hingga beberapa kali lipat setiap harinya(Utomo, 2005 dalam Ru'yatin, 2015). Pada fase ini *Spirulina* sp. akan memerlukan banyak energi untuk menggandakan dirinya serta sel alga sedang aktif berkembang biak melalui pembelahan sehingga kepadatan sel akan meningkat mengikuti kurva logaritmik (Madigan *et al.*, 1999 dalam Widayati, 2014). Namun ada fenomena yang menarik yang terjadi pada P3 yaitu pertumbuhan sempat mengalami stagnan pada hari ke-3 sampai hari ke-5 namun meningkat kembali dari hari ke-5 sampai hari ke-7. Hal ini dikarenakan nutrisi yang ada pada pupuk anorganik telah digunakan terlebih dahulu dari hari ke-1 sampai hari ke-5 kemudian selanjutnya unsur hara dari bahan organik inilah yang dimanfaatkan oleh *Spirulina* sp. untuk meningkatkan kembali pertumbuhannya. Hal ini disebabkan

unsur hara organik tidak mampu dimanfaatkan secara langsung oleh *Spirulina* sp. Unsur tersebut harus terlebih dahulu disintesis menjadi unsur anorganik melalui bantuan bakteri pengurai (Wattayakorn, 1988 dalam Mustofa, 2015). Fase *eksponensial* untuk P2 tidak terjadi, hal ini karna kepadatan tidak mencapai dua kali lipatannya dari kepadatan awal.. Fenomena ini dikarnakan nutrisi yang ada pada media P2 telah habis digunakan sebelum pertumbuhan mencapai dua kali lipatannya. Menurut Meritasari (2012) adalah penyebab terhentinya fase eksponensial ini dikarnakan berkurangnya jumlah nutrisi dengan meningkatnya jumlah populasi.

Setelah fase *eksponensial* selesai, mikroalga mengalami fase *stationer*. Pada perlakuan P3 fase *stationer* terjadi pada hari ke-7 sampai ke-9. Pada perlakuan P2 fase *stationer* terjadi pada hari ke-2. Pada perlakuan P1 fase *stationer* tidak terjadi, pada hari ke-8 kepadatan *Spirulina* sp. langsung mengalami penurunan, hal ini diduga fase *stationer* berlangsung kurang dari 24 jam. Fase *stationer* adalah fase dimana pertumbuhan mikroalga setara dengan kematian yang terjadi, sehingga pertumbuhan berlangsung stagnan. Hal ini dikarnakan berkurangnya nutrisi setelah digunakan pada fase eksponensial. Pernyataan ini sesuai dengan pernyataan Meritasari (2012) Fase *stationer* terjadi dalam waktu singkat, sehingga tidak nampaknya fase *stationer* pada setiap perlakuan. Fase *stationer* terjadi karena nutrisi dalam media sudah sangat berkurang sehingga tidak mencukupi untuk pertumbuhan dan pembelahan sel (Prihantini, 2005). Chu *et al.* (1982) dalam Widayati (2014) menambahkan pada fase *stationer*,

laju reproduksi atau pembelahan sel sama dengan laju kematian dalam arti penambahan dan pengurangan plankton relatif sama sehingga kepadatan plankton cenderung tetap.

Fase yang terakhir adalah fase *deklinsi* atau kematian. Pada penelitian ini fase *deklinsi* pada perlakuan P1 terjadi setelah hari ke-7, P2 terjadi setelah hari ke-3 dan P3 terjadi setelah hari ke-9. Fase ini adalah fase dimana *Spirulina* sp. lebih banyak mengalami kematian dibanding pertumbuhannya, Sehingga berakibat berkurangnya kepadatan sel *Spirulina* sp. Kematian ini disebabkan karna berkurangnya nutrisi yang ada pada media serta adanya kompetisi fitoplankton dalam menyerap cahaya sehingga tidak dapat menunjang lagi kehidupan *Spirulina* sp. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Rizky (2012) yaitu tahap kematian yakni penurunan jumlah sel dikarenakan laju kematian sel lebih tinggi daripada laju pertumbuhan sel sehingga kepadatan populasi semakin menurun. Menurut Rusyani (2001) dalam Rizky (2012), terjadi penurunan jumlah sel dikarenakan baik kandungan nutrisi maupun media kultur berada dalam jumlah yang terbatas. Pada awal kultur, kandungan nutrisi masih tinggi, yang dimanfaatkan oleh masing-masing fitoplankton untuk melakukan proses pertumbuhan. Peningkatan jumlah sel akan terhenti pada satu titik puncak populasi, pada titik tersebut kebutuhan nutrisi menjadi semakin lebih besar, sedangkan kandungan nutrisi dalam media semakin menurun karena tidak dilakukannya penambahan nutrisi. Selain itu, juga terjadi persaingan memperebutkan tempat hidup karena semakin banyak jumlahnya sel dalam volume yang tetap. Menurut Fogg (1975)

dalam Utomo *et al.* (2005) dalam Rizky (2012), adanya bayangan populasi dari selnya sendiri (*self shading*) juga menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya yang diserap sehingga dapat mengakibatkan kematian.

Kepadatan dan Biomassa *Spirulina* sp.

Perbedaan kepadatan ini dipicu oleh perbedaan kandungan unsur hara (Nitrat, fosfat dan Fe) yang ada pada media tumbuh *Spirulina* sp. Pernyataan ini sejalan dengan pernyataan Astiani *et al.* (2016) dalam Buono *et al.* (2018) bahwa Pertumbuhan *Spirulina* sp. dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi. Adapun pernyataan ini terbukti oleh hasil penelitian dari Jalal (2011) yaitu *Spirulina* sp. sendiri mampu menyerap nitrat yang bersumber dari limbah domestik dari konsentrasi 9,5 mg/L menjadi 1,5 mg/L (84,2%) dan fosfat dari konsentrasi 58,98 mg/L menjadi 34,32 mg/L (41,8%). Adapun kandungan unsur hara tersebut terdapat pada tabel kualitas air yang teramati dapat dilihat pada Tabel 1. Perbedaan berat biomassa tersebut dikarenakan adanya perbedaan kepadatan. Tingginya Biomassa akan berkorelasi dengan tingginya laju pertumbuhan mikroalga. Mikroalga terpadat terdapat pada perlakuan P3 sehingga biomassa tertinggi juga terdapat pada perlakuan P3. Pendapat ini sejalan dengan pendapat Hariyati (2008) dalam Fela Astiani *et al.* (2016) yaitu jika hasil kepadatan populasi *Spirulina* sp. meningkat maka berat biomassa yang dihasilkan akan meningkat.

Laju Pertumbuhan Spesifik

Perbedaan Laju pertumbuhan spesifik (LPS) pada setiap perlakuan

menandakan proses pembelahan sel pada setiap perlakuan berbeda-beda, semakin tinggi nilai LPS yang dihasilkan maka semakin cepat pula mikroalga melakukan penggandaan dirinya. Berdasarkan Gambar 9, laju pertumbuhan spesifik terbaik ditunjukkan pada perlakuan P3 dengan nilai 0.19 sinusoid/ml/hari. Sedangkan LPS terendah didapatkan pada perlakuan P2 dengan nilai rata-rata 0.16 sinusoid/ml/hari. Pernyataan ini sesuai dengan pernyataan Suminto dan Chilmawati (2008), dalam penelitiannya menyatakan bahwa nilai konstanta laju pertumbuhan spesifik yang lebih besar mempunyai arti bahwa proses pembelahan sel alga menjadi lebih cepat, sehingga penambahan sel per satuan waktu akan lebih besar dari pada penambahan waktu itu sendiri.

Kecepatan proses pembelahan sel alga juga dipengaruhi oleh kandungan unsure hara yang tersedia pada media tumbuh mikroalga tersebut. Unsur hara sangat berperan aktif dalam proses pembelahan sel mikroalga karena merupakan sumber nutrisi mikroalga. Pernyataan ini sejalan dengan pendapat Chilmawati (2008) pada penelitian yaitu, perlakuan yang memiliki Laju pertumbuhan Spesifik tertinggi pada penelitiannya disebabkan karena unsur hara makro dan mikro yang terkandung dalam media tumbuh dalam jumlah yang cukup.

Waktu Penggandaan Diri (*Doubling Time*)

Tinggi rendahnya waktu penggandaan ini disebabkan adanya perbedaan laju pertumbuhan spesifik dan kepadatan *Spirulina* sp. karna secara Teoritis, Waktu Penggandaan (*Doubling Time*) berkorelasi dengan Laju pertumbuhan spesifik dan

Kepadatan. Semakin tinggi kepadatan maka semakin tinggi pula laju pertumbuhan dan semakin sedikit pula waktu yang diperlukan *Spirulina* sp. untuk menggandakan dirinya menjadi dua kalinya (*Doubling time*). Pernyataan ini terbukti dari hasil penelitian ini, terlihat pada P3 memiliki kepadatan tertinggi (Gambar 5), sehingga laju pertumbuhan spesifik tertinggi yang dihasilkan terdapat pada P3 juga (Gambar 5) dan waktu tercepat dalam penggandaan didapatkan pada P3 juga (Gambar 8). Pernyataan ini sejalan dengan pendapat Firdaus (2015) dalam penelitiannya yaitu Secara teoritis kepadatan sel dipengaruhi oleh laju pertumbuhan spesifik dan waktu penggandaan. Menurut hasil penelitiannya yang menggunakan perbedaan warna lampu terhadap pertumbuhan *Spirulina fuciformis* didapatkan hasil perlakuan lampu warna merah mendapatkan pertumbuhan terbaik dengan kepadatan 55.600 sel/ml, Laju pertumbuhan spesifik sebanyak 0.114 sel/ml/hari, Waktu penggandaan sebesar 6,106 hari. Perlakuan terendah didapatkan pada lampu warna merah dengan kepadatan 16.500 sel/ml, Laju pertumbuhan spesifik sebanyak 0.048 sel/ml/hari, Waktu penggandaan sebesar 14,62 hari.

Nutrien dan Kualitas Air

Pengurangan kadar nitrat dan fosfat dari limbah tersebut disebabkan *Spiulina* sp. memanfaatkan unsur tersebut sebagai nutrisinya (Jalal, 2011).

Sumber unsur hara makro (nitrat dan fosfat) yang terkandung di dalam media sangat bervariasi yaitu pada P1 didapatkan dari pupuk komersil yang dijual bebas di pasaran (Urea, TSP, ZA), P2

didapatkan dari limbah air sisa budidaya dan P3 didapatkan dari pupuk komersil + limbah air sisa budidaya. Pernyataan ini terbukti oleh hasil analisis pada Tabel 1 yang dimana perlakuan P3 memiliki unsur hara tertinggi, hal ini dikarenakan sumber unsur hara yang terkandung pada perlakuan P3 sangat bervariasi. Pertama, didapatkan dari pupuk komersil yang dimana *Spirulina* sp. dapat memanfaatkan langsung unsur hara ini karena pupuk tersebut sudah dalam bentuk unsur anorganik. Kedua, didapatkan dari air sisa budidaya ikan yang dimana air ini kaya akan bahan organik yang disebabkan adanya aktivitas budidaya. Bahan organik tersebut dapat berupa feses ikan, urin dan sisa pakan yang tidak dimakan (Febrianto *et al.*, 2016). Feses ikan dan sisa pakan yang tidak dimakan terakumulasi dan mengendap di dasar perairan, sedangkan untuk urin langsung terlarut di dalam perairan, karena pada dasarnya senyawa yang tertampung dalam tambak terbagi menjadi dua yaitu yang terlarut dalam air dan senyawa yang tidak terlarut sehingga terakumulasi dan mengendap di dasar perairan (Donovora *et al.*, 1998 dalam Hastuti, 2011). Bahan organik ini memiliki kandungan fosfat dan nitrat, namun *Spirulina* sp. tidak mampu memanfaatkan bahan ini dalam bentuk organik sehingga harus dilakukan proses perombakan terlebih dahulu dengan bantuan bakteri pengurai sehingga menjadi bahan anorganik yaitu nitrat dan fosfat (Wattayakorn, 1988 dalam Mustofa, 2015).

Pada proses pembentukan nitrat dari bahan organik bermula ketika bahan tersebut (sisa pakan, feses dan urin) yang merupakan sumber nitrogen (protein)

terakumulasi dan mengendap didasar kolam. Ketika didasar, nitrogen organik tersebut diurai menjadi senyawa asam amino-asam amino yang dimana proses ini dikenal dengan sebutan *aminisasi*, selanjutnya oleh sejumlah besar bakteri heterotrofik mengurai asam amino menjadi ammonia (NH₃). Amonia yang terlarut dalam air akan membentuk ion amonium (NH₄⁺). Proses ini dikenal dengan proses *amonifikasi*. Amonium tersebut kemudian dioksidasi menjadi nitrat yang dimana proses ini biasa disebut *Nitrifikasi*. *Nitrifikasi* berlangsung secara bertahap, tahap pertama amonium dioksidasi dengan bantuan Bakteri *Nitrosomonas* menghasilkan nitrit yang dimana proses ini disebut *nitritasi*, yang segera diikuti proses oksidasi selanjutnya dengan bantuan bakteri *Nitrobacter* menghasilkan nitrat, proses ini disebut *nitratasi*. Nitrat inilah yang kemudian dimanfaatkan oleh *Spirulina* sp. sebagai nutrisi untuk tumbuh dan berkembang (Indra, 2013).

Proses pembentukan fosfat lebih sederhana jika dibandingkan dengan pembentukan nitrat. Proses pembentukan fosfat ini bermula ketika bahan organik tersebut terakumulasi dan mengendap didasar kolam. Fosfat organik di dasar kolam diurai oleh dekomposisi menjadi fosfat anorganik yang kemudian terlepas dan terlarut didalam air menjadi ion fosfat. Fosfat yang terlarut inilah kemudian dimanfaatkan oleh *Spirulina* sp. untuk tumbuh dan berkembang (Krisna, 2013). Selain dari pupuk komersil dan bahan organik, diduga suplai fosfat juga dihasilkan dari air sungai yang digunakan pada proses budidaya ikan. Mekanismenya adalah batuan-batuan yang ada di sungai kemudian lapuk dan terlarut

kedalam air, sehingga terbawa oleh aliran air dan sebagai ada yang bermuara kedalam kolam budidaya, yang kemudian air sisa budidaya ini dimanfaatkan untuk penelitian ini. Fosfat yang ada dibatuan ini merupakan fosfat anorganik, sehingga sudah dapat dimanfaatkan oleh *Spirulina* sp tanpa adanya bantuan dekomposer. Pada dasarnya sumber fosfat dialam ada dua bentuk yaitu fosfat organik yang bersumber dari bahan organik dan fosfat anorganik yang bersumber dari pelapukan batuan (Krisna, 2013).

Unsur hara mikro yang diamati pada penelitian ini hanya unsur logam besi (Fe). Unsur Fe sendiri berfungsi untuk membantu proses metabolisme, lebih tepatnya membantu *Spirulina* sp. dalam proses fotosintesis. Logam besi (Fe) didalam sel *Spirulina* sp. berperan dalam perangsangan pembentukan butir klorofil, sintesis klorofil dan sintesis protein-protein penyusun kloroplas. Fe tertinggi terdapat pada P3 dan Fe terendah terdapat pada P1. Logam Fe merupakan sumber nutrisi esensial yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam jumlah sedikit untuk membantu proses metabolisme. Pernyataan ini sejalan dengan pernyataan Mayasari *et al.* (2012) yaitu pada mikroalga, ion logam Fe memainkan peran sangat penting dalam regulasi metabolisme sel sebagai unsur esensial, sebagai tambahan nutrisi dan membantu proses fotosintesis. Robi (2014) menambahkan besi berperan dalam sintesis klorofil, sintesis protein-protein penyusun kloroplas dan sebagai perangsang pembentukan butir klorofil.

Selain dari segi nutrisi, pertumbuhan *Spirulina* sp. juga dipengaruhi faktor lingkungan yang mendukung, seperti pH, suhu dan

intensitas cahaya. Kebanyakan alga hijau-biru tumbuh baik pada pH 7 dan lebih mentolerir kondisi basa dari pada kondisi asam karena mampu memanfaatkan karbon dioksida yang tersedia pada konsentrasi rendah. Berdasarkan dari hasil pengukuran selama penelitian, pH yang teramati masih dalam ambang batas toleransi pada kultur *Spirulina* sp. pernyataan ini sejalan dengan penjelasan Amanantin (2013) dalam Astiani *et.al*(2016) yaitu pH yang baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 6-8.

Suhu sangat berperan penting dalam kultur *Spirulina* sp. Suhu dalam kultivasi *Spirulina* sp. berperan dalam sistem metabolisme sel itu sendiri. Suhu dibawah toleransi dapat menurunkan laju fotosintesis dan apabila ada peningkatan suhu melebihi batas toleransi dapat merangsang aktivitas molekul sehingga laju difusi meningkat. Suhu yang optimal dapat membantu laju pertumbuhan *Spirulina* sp. dengan baik, sehingga pertumbuhannya lebih cepat (Browitzka and Browitzka, 1988). Berdasarkan dari hasil pengamatan, didapatkan pengukuran kisaran ini masih didalam ambang batas suhu optimal pada kultur *Spirulina* sp. yaitu 35-40°C (Chriswardan dan Hadiyanto, 2013 dalam Wahyuni, 2018) sehingga suhu pada saat penelitian dapat menunjang pertumbuhan *Spirulina* sp.

Secara fisiologi cahaya mempunyai pengaruh langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung adalah dalam proses metabolisme, melalui proses fotosintesis serta pengaruh tidak langsung melalui pertumbuhan dan perkembangan. Terjadinya kekurangan intensitas cahaya yang di

butuhkan oleh mikroalga untuk aktifitas fotosintesis akan menyebabkan proses fotosintesis tidak berlangsung normal sehingga mengganggu biosintesis sel selanjutnya (Salamoen, 1987 dalam Diharmi, 2001 dalam Indrastuti 2018). Hasil pengamatan didapatkan bahwa intensitas cahaya yang diamati selama penelitian berlangsung masih dalam ambang batas toleransi untuk kultur *Spirulina* sp. yaitu 1000-1300 lux (Indrastuti *etal.*, 2018). Adapun kisaran optimal intensitas cahaya yang digunakan pada penelitian Suminto (2009) yaitu 2500-5000 lux. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan intensitas cahaya yang teramati dapat menunjang pertumbuhan *Spirulina* sp.

Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa didapatkan dari hasil penelitian ini yaitu air limbah budidaya ikan lele memberikan pengaruh terhadap kepadatan, Laju pertumbuhan spesifik, Biomassa dan waktu penggandaan *Spirulina* sp. Air limbah budidaya lele dengan kombinasi pupuk komersil mampu meningkatkan kandungan Nutrien (N, P dan Fe). Kepadatan, Biomassa, dan Laju Pertumbuhan Spesifik tertinggi didapatkan pada perlakuan P3 yang dimana memiliki kepadatan maksimal sebanyak 25.400 sinosoid/ml, Biomassa sebanyak 0.174 gram/ml dan Laju Pertumbuhan Spesifik sebanyak 0.19 sinosoid/ml/hari. Sedangkan Waktu Penggandaan (*Doubling Time*) tercepat didapatkan pada perlakuan P3 dengan waktu 3,554 Hari.

Daftar Pustaka

- Adhani D.Y. 2013. Pengaruh Konsentrasi pupuk Urea dan TSP Terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan. Universitas Mataram. Mataram. Indonesia.
- Afriansyah. Dewiyanti, Hasri I., 2016. Keragaan Nitrogen dan T-Phosfat pada Pemanfaatan Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias Gariepinus*) Oleh Ikan Peres (*Osteochilus Kappeni*) Dengan Sistem Resirkulasi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 1: 252-261.
- Andersen, R.A. 2005. Algal culturing technique. *Elsevier Academic Press*. UK. 532 page.
- Ardiansyah K. 2017. Hubungan Nitrat dan Fosfat Terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Pula Anak Krakatau. Skripsi. Jurusan Perikanan dan Kelautan. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Indonesia
- Brown M.R., Jeffrey S.W., Volkman J.K., Dunstan G.A. 1997. Nutritional Properties of Microalgae for Mariculture. *Aquaculture*. 151: 315-331.
- Becker E.W. 1995. Microalgae biotechnology and microbiology. *Cambridge University Press*. Cambridge.
- Boussiba S., Richmond A. E. 1980. C-Phycocyanin as a Storage Protein in The Blue Green Alga *Spirulina Platensis*. *J Of Archives Of Microbiology*.
- Borowitzka M.A. 1988. Alga growth media and sources of cultures. In: Borowitzka M.A. & Borowitzka L.J. (eds.), *Microalgal Biotechnology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Budiardi T., Utomo N.B.P., Santosa A., 2010. Pertumbuhan dan kandungan nutrisi *Spirulina* sp. pada fotoperiode yang berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 9: 146-156.
- Buono N.R., Nurhasanah R.Q. 2018. Studi Pertumbuhan *Spirulina* sp. pada Skala Kultur yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan* 10: 35-46.
- Chilmawati D., Sumint. 2008. Penggunaan Media Kultur yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp. *Jurnal Saintek Perikanan* 4: 42-49.
- Chu F.E., Dupuy J.L., Webb K.L. 1982. Polysaccharide composition of five algal species used as food larvae of the American oyster, *Crassostrea virginica*. *Aquaculture*. 29:241-252.
- Cifferi, O. 1983. *Spirulina*, The Edible Microorganism. *Journal Departemen of Genetics and Microbiology*. 47: 1-8.
- Ekasari J. 2009. Teknologi BioFlok: Teori dan Aplikasi dalam Perikanan Budidaya Sistem Intensif. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 2: 117-126.
- Febrianto J., Purwanto M.Y.J., Santoso R.B.W. 2016. Pengolahan air limbah budidaya perikanan melalui proses anaerob menggunakan bantuan material bambu. *Jurnal teknik sipil dan lingkungan*. 1: 83-90.
- Firdaus M., Fauzan A. 2015. Produksi dan Kandungan Nutrisi *Spirulina Fusiformis* yang Dikultur dengan Pencahayaan Monokromatis

- Light Emitting Diodes (Leds).*
Jurnal Riset Akuakultur. 10:
211-219.
- Gardner F.P., Pierce R.B., Mitchell
R.L. 1991. Fisiologi Tanaman
Budidaya. *UI Press, Jakarta.*
- Henrickson R. 2009. Earth food
Spirulina. Ed Ke-6. Ronore
Enterprises, Inc. 180 page.
Hawaii.
- Hadi S. 2014. Pertambahan
kepadatan dan biomassa
Spirulina sp. yang dikultur
dengan kepadatan awal yang
berbeda. Skripsi. Program
Studi Budidaya Perairan.
Universitas Mataram.
Mataram.
- Hariyati R. 2008. Pertumbuhan dan
Biomassa *Spirulina* sp. dalam
Skala Laboratories. *Jurnal
BIOMA.* 10: 19-22.
- Healy F.P. 1982. Phosphat, in The
biology of cyanobacteria.
Unpublished. Blackwell
Scientific. University of
Oxford. London.
- 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* 1777: 488-
495.
- Hadiyanto P., Sunarmi P., Andayani
S. 2006. Pemupukan dan
Kesuburan Perairan Budidaya.
Universitas Brawijaya.
Malang.
- Indrastuti C., Sulardiono B.,
Muskananfolo M.R. 2014.
Kajian Intensitas Cahaya yang
Berbeda Terhadap Konsentrasi
Klorofil-A pada Pertumbuhan
Mikroalga *Spirulina Platensis*
dalam Skala Laboratorium.
- Management of aquatic
resources.* 3: 169-174.
- Indra D. 2013. Pengaruh Lama
Pengomposan Campuran
Kotoran Sapi Segar dan
Bantuan Fosfat terhadap N-
Anorganik dan P-Larutan
dalam Kompos. Skripsi.
Program Studi Ilmu Tanah.
Fakultas Pertanian. Universitas
Lampung. Bandar Lampung.
- Isnansetyo A., Kurniastuty. 1995.
Teknik Kultur Fitoplankton
dan Zooplankton. *Kanisus.
Yogyakarta.*
- Iswandi F., El-Rahmini S. F., Hasri I.
2016. Pemanfaatan Limbah
Budidaya Ikan Lele (*Clarias
gariepinus*) Sebagai Pakan
Alami Ikan Peres (*Osteochillus
sp.*) Pada Sistem Resirkulas.
*Jurnal Ilmiah Mahasiswa
Kelautan dan Perikanan
Unsyiah* 1: 307 – 317.
- Irwanto, Tangguda S., Susylowati D.
2012. Aplikasi Pupuk NPK
Terhadap Pertumbuhan
Nannochloropsis sp.. Skripsi.
Universitas Brawijaya.
Malang.
- Juniardi S. 2014. Pertumbuhan
Spirulina sp. pada Salinitas
yang Berbeda. Skripsi.
Program Studi Budidaya
Perairan. Universitas Mataram.
Mataram.
- Jalal K., Zahangir A.M., Matin W.,
Kamaruzzaman B., Akbar J.,
Toffazel H. 2011. Removal of
Nitrate and Phosphate from
Municipal Wastewater Sludge
by *Chlorella Vulgaris*,
Spirulina Platensis and
Scenedesmus Quadricauda.
IIUM Engineering Journal 12:
125-132.
- Krisna D. 2013. Mengenal Siklus
Fosfor. <http://bisakimia.com/2013/07/22/>

- mengenal-siklusfosfor*. [19 November 2016]
- Kordi M.G. 2012. Kiat Sukses Pembesaran Lele Unggul. *Lily Publisher*. Yogyakarta. 1 – 178 page.
- Lavens P., Sorgeloos P. 1996. Manual on The Production and Use of Live Food for Aquaculture, *Fisheries Technical Paper, Food And Agriculture. Organization of The United Nation, Rome*.
- Noviani D., 2010. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK dan Kompos Terhadap Pertumbuhan Semai Jabon (*Anthocephalus Cadamba Roxb Miq.*) pada Media Tanah Bekas Tambang Emas (Tailing). Skripsi. Institut pertanian Bogor. Bogor.
- Madigan J.M., Martinko J., Parker. 1991. Brock biology of micro organisms. *9th ed. Pretince-Hall inc*, New Jersey.
- Mayasari E., Raya I., Natsir H. 2012. The Effect of Fe²⁺ and Mn²⁺ Ions Toward B - Carotene Productivity By Phytoplankton *Isochrysis Aff Galbana* (T-Iso). *Marina Chimica Acta* 13: 7-12.
- Meritasari D., Mubarak A.S., Sulmartiwi L., Masithah E.D. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Limbah Ikan Lemuru (*Sardinella Sp.*) dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Chlorella Sp.* *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* 4 : 27-32.
- Mustofa A. 2015. Kandungan Nitrat dan Pospat sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai. *Jurnal DISPROTEK* 6:13-19.
- Putra A.M. 2017. Pemanfaatan Air Limbah Kolam Ikan Lele Untuk Budidaya *Azolla Microphylla*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Rismiharti S. 2015. Pengaruh Penambahan Unsur Hara Mikro Terhadap Pertumbuhan *Spirulina Sp.* Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan. Universitas Mataram. Mataram.
- Rizky Y.A., Raya I., Dali S. 2012. Penentuan Laju Pertumbuhan Sel Fitoplankton *Chaetoceros Calcitrans, Chlorella Vulgaris, Dunaliella Salina*, dan *Porphyridium Cruentum*. Skripsi. Jurusan Kimia. Universitas Hasanudin. Makasar.
- Robi N.H. 2014. Pemanfaatan ekstrak tauge kacang hijau (*Phaseolus radiates*) sebagai pupuk untuk meningkatkan populasi *Spirulina sp.* Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Ru'yatin, Rohyani I.C., Ali L. 2015. Pertumbuhan *Tetraselmis* dan *Nannochloropsis* pada Skala Laboratorium. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON1*: 296-299.
- Sunaryat. 1999. Pengaruh Orgami Sebagai Substitusi Urea pada Media Pupuk EDTA bagi Pertumbuhan Phytoplankton *Chlorella sp.* Skala Laboratorium. Skripsi Sekolah Tinggi Pertanian Surya Dharma. Bandar Lampung. Lampung.
- Santosa V., Limantara L. 2007. Kultivasi *Spirulina sp.* *Jurnal BioS Majalah Biologi* 1: 14-24.
- Sumoharjo. 2010. Penyisihan Limbah Nitrogen pada

- Pemeliharaan Ikan Nila *Oreochromis niloticus* dalam Sistem Aquaponik: Konfigurasi Desain Bioreaktor. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suminto. 2009. Penggunaan Jenis Media Kultur Teknis terhadap Produksi dan Kandungan Nutrisi Sel *Spirulina Platensis*. *Jurnal Saintek Perikanan* 4: 53 - 61.
- Sumiarsa D., Jatnika R., Kurnani T.B., Lewaru M. 2011. Perbaikan Kualitas Limbah Cair Peternakan Sapi Perah oleh *Spirulina* Sp.. *Jurnal Akuatika*2: 91-97.
- Vonshak A. 1997. *Spirulina platensis (Arthospira): physiology, cell-Biology and Biotechnology*. Taylor and Francis. Hlm 234.
- Wahyuni N., Masithah E.D., Soemarjati W., Suciyono, Ulkhaq M.F. 2018. Pola Pertumbuhan Mikroalga *Spirulina* sp. Skala Laboratorium yang Dikultur Menggunakan Wadah yang Berbeda. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja* 16: 89-97.
- Widayati Y. 2014. Pemanfaatan Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L) Sebagai Sumber Nutrien dalam Kultur *Spirulina* Sp.. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Winaerti. 2003. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang Dikultur dengan Pupuk Komersil (Urea, TSP, dan ZA) dan Kotoran Ayam. Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wulansari P.D. 2011. Pengelolaan Limbah pada Pabrik Pengolahan Ikan diPT. Kelola Mina Laut Gresik. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan* 3: 123-1.

