

PENGARUH PEMBERIAN PUPUK UREA (CH₄N₂O) DENGAN DOSIS BERBEDA TERHADAP KEPADATAN SEL DAN LAJU PERTUMBUHAN *Porphyridium sp.* PADA KULTUR FITOPLANKTON SKALA LABORATORIUM

THE EFFECTS OF GIVING UREA FERTILIZER (CH₄N₂O) WITH DIFFERENT DOSES ON CELL DENSITY AND GROWTH RATE OF *Porphyridium sp.* IN PHYTOPLANKTON CULTURE ON LABORATORY SCALE

Zafira Afriza, Gusti Diansyah, dan Anna Ida Sunaryo Purwiyanto

Program Studi Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Indonesia

Email: zafiraafrika@ymail.com

Registrasi: 18 Maret 2014; Diterima setelah perbaikan: 4 November 2014;

Disetujui terbit: 9 Desember 2014

ABSTRAK

Usaha budidaya ikan dan non-ikan di Indonesia saat ini berkembang dengan pesat. Oleh karena itu dibutuhkan kultur pakan alami yang cukup dan berkualitas untuk keberhasilan usaha budidaya. *Porphyridium sp.* adalah salah satu jenis pakan alami yang merupakan mikroalga air laut yang masuk ke dalam divisi Rhodophyta (alga merah). *Porphyridium sp.* dapat tumbuh optimum dengan penambahan pupuk pada media kulturnya. Salah satu pupuk yang dapat digunakan untuk kultur *Porphyridium sp.* adalah pupuk pertanian (urea, ZA dan TSP). Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh pemberian urea dengan dosis berbeda terhadap pertumbuhan *Porphyridium sp.* dan komposisi pupuk yang tepat untuk kultur *Porphyridium sp.* skala massal. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan (A-F) dan 4 kali ulangan. Perlakuan A adalah perlakuan tanpa pemberian pupuk dan perlakuan B hingga F berturut-turut memiliki dosis urea 10mg/l, 20mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l dan 50 mg/l dengan dosis ZA 30 mg/l dan TSP 10 mg/l. Kepadatan populasi, laju pertumbuhan dan waktu generasi *Porphyridium sp.* dianalisis dengan uji Duncan pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan pemberian urea dengan dosis berbeda memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan dan waktu generasi. Kepadatan populasi *Porphyridium sp.* tertinggi terdapat pada perlakuan F yaitu 2363 x 10⁴ sel/ml pada hari ke 11. Laju pertumbuhan tertinggi diperoleh pada perlakuan E 0,34 sel/ml/hari. Waktu generasi tercepat didapat pada perlakuan E 1,75 jam.

KATA KUNCI: Kepadatan populasi, laju pertumbuhan, *Porphyridium sp.*, waktu generasi.

ABSTRACT

The cultivation of fish and non-fish in Indonesia is growing rapidly. Therefore, sufficient and high quality natural food culture is required for ensuring its success. Porphyridium sp. is one kind of natural foods, a sea water microalgae that classified to Rhodophyta (red algae). Porphyridium sp. can grow optimally with the addition of fertilizer into its culture media. One of the fertilizer that can be used for Porphyridium sp. culture is the agricultural fertilizer (urea, ZA and TSP). The research was aimed to see the effects of giving urea fertilizer with

different doses on the growth of Porphyridium sp. and to find the right composition of fertilizer for culture of Porphyridium sp. mass scale. The completely randomized design (CRD) with 6 treatments (A-F) and 4 repetitions was used in this research. A treatment without giving fertilizer and B to F treatments were the treatments in urea, each was 10mg/l, 20mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l and 50 mg/l with ZA 30 mg/l and TSP 10 mg/l. Population density, growth rate and doubling time of Porphyridium sp. were analyzed by Duncan test at 5% degree. The results show that giving urea fertilizer on different doses affected the growth rate and the doubling time. The highest population density of Porphyridium sp. occurred on the F treatments, which is 2363×10^4 cell/ml on 11th day. The highest growth rate was obtained on the E treatment 0,34 scell/ml/day. The fastest doubling time occurred on the E treatment 1,75 hours.

KEYWORDS: Doubling time, growth rate, population density, *Porphyridium* sp.

1. PENDAHULUAN

Pakan alami di alam sangat beragam jenis dan jumlahnya, di mana dapat digolongkan menjadi dua golongan, yaitu zooplankton dan fitoplankton. Kedua jenis pakan alami tersebut memegang peran penting sebagai dasar pemenuhan gizi pada saat awal kehidupan larva (BBAPS, 2013). Alga merupakan sumber karbohidrat, lemak, mineral dan protein dengan susunan asam amino yang lengkap sebagai pakan larva. Terdapat beberapa jenis pakan alami yang telah dikembangkan, antara lain adalah *Chorella* sp., *Tetraselmis* sp., *Chaetoceros* sp., *Skeletonema* sp., *Dunaliella* sp. dan *Artemia* sp. Namun mikroalga dari kelas Rhodophyceae belum terlalu banyak dimanfaatkan sebagai pakan alami.

Porphyridium sp. merupakan salah satu jenis mikroalga dari kelas Rhodophyceae (alga merah). Vonshak (1988) menyatakan bahwa *Porphyridium* dapat menggunakan KNO₃ dan ammonium sebagai sumber nitrogen dalam pertumbuhannya. Salah satu sumber hara yang dapat digunakan untuk kultur *Porphyridium* sp. tersebut adalah pupuk pertanian (Urea, ZA dan TSP).

Kajian tersebut dapat menjadi dasar asumsi bahwa laju pertumbuhan *Porphyridium* sp. akan dipengaruhi oleh pupuk urea pada medium kulturnya. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pupuk pertanian (Urea, ZA dan TSP) sebagai medium kultur dengan konsentrasi pupuk urea yang berbeda dan penambahan senyawa FeCl₃, di mana unsur makro yang dibutuhkan alga seperti nitrogen, fosfat dan besi masih dapat terpenuhi. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan komposisi pupuk pertanian (urea, ZA dan TSP) yang tepat dalam kultur *Porphyridium* sp.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Juli 2014 di Laboratorium Zooplankton Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL), Desa Hanura, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium dengan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) yang terdiri dari 6 perlakuan dengan 4 kali ulangan sehingga terdapat 24 satuan percobaan.

Masing-masing perlakuan yaitu A (kontrol) (0 mg/l Urea; 0 mg/l ZA; 0

mg/l TSP), B (10 mg/l Urea; 30 mg/l ZA; 10 mg/l TSP), C (20 mg/l Urea; 30 mg/l ZA; 10 mg/l TSP), D (30 mg/l Urea; 30 mg/l ZA; 10 mg/l TSP), E (40 mg/l Urea; 30 mg/l ZA; 10 mg/l TSP) dan F (50 mg/l Urea; 30 mg/l ZA; 10 mg/l TSP). Setiap perlakuan ditambahkan senyawa FeCl₃ dengan dosis pemakaian sebanyak 1 ppm. Pengamatan yang dilakukan yaitu kepadatan populasi, laju pertumbuhan dan waktu generasi *Porphyridium* sp.

Pengamatan kepadatan *Porphyridium* sp. dilakukan setiap hari yaitu 1 kali selama 24 jam dimulai dari hari ke-0 hingga pertumbuhan mengalami penurunan. Kepadatan sel dihitung dengan $N \times 10^4$ sel/ml, di mana N adalah jumlah *Porphyridium* sp. yang tercacah di bawah mikroskop.

Laju pertumbuhan harian dihitung dengan persamaan yang digunakan oleh Kurniastuty dan Julinasari (1995), di mana laju pertumbuhan yang dihitung diambil dari kepadatan *Porphyridium* sp. yang berada pada fase eksponensial :

$$g = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}$$

Keterangan :

g = laju pertumbuhan harian (sel/ml/hari)

t = waktu (hari) atau waktu dari No ke Nt

No = kepadatan awal (sel/ml)

Nt = kepadatan akhir (sel/ml)

Waktu generasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Hadioetomo *et al.* (1986) :

$$G = \frac{t}{3,3 (\log N_t - \log N_0)}$$

Keterangan :

G = waktu generasi atau waktu penggandaan (jam)

t = waktu dari No ke Nt (hari)

Nt = kepadatan atau jumlah sel pada waktu t (sel/ml)

No = kepadatan atau jumlah sel awal (sel/ml)

Model Rancangan Acak Lengkap yang digunakan sesuai dengan Gasperz (1995) :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon$$

Keterangan :

Y_{ij} = nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ = nilai rata-rata umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke-i

ε = pengaruh galat percobaan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Analisis data penelitian menggunakan *Analysis of Variance* satu arah (anova *one way*) dan dilanjutkan dengan uji berganda Duncan pada taraf 5% untuk mengetahui signifikansi pengaruh perlakuan yang satu dengan perlakuan yang lain. Pengukuran kualitas media kultur seperti suhu, salinitas, intensitas cahaya, pH (derajat keasaman) dan kadar oksigen terlarut (DO) dilakukan setiap 2 hari sekali dimulai saat awal kultur hingga akhir penelitian yang sesuai dengan kondisi normal lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepadatan Populasi

Porphyridium sp.

Hasil penelitian yang dilakukan selama 13 hari menunjukkan bahwa pemberian pupuk pertanian dengan dosis urea yang berbeda menghasilkan kepadatan sel *Porphyridium* sp. tertinggi pada hari yang berbeda. Perlakuan A, B dan C mencapai kepadatan populasi tertinggi pada hari

ke-9 dengan kepadatan maksimum rata-rata untuk perlakuan A adalah 414×10^4 sel/ml, perlakuan B 891×10^4 sel/ml dan perlakuan C sebesar 1158×10^4 sel/ml. Perlakuan D dan E mencapai kepadatan tertinggi pada hari ke-10 dengan kepadatan maksimum rata-rata sebesar 1505×10^4 sel/ml untuk perlakuan D dan 1908×10^4 sel/ml untuk perlakuan E. Sedangkan perlakuan F mencapai kepadatan tertinggi pada hari ke-11 dengan kepadatan maksimum rata-rata 2363×10^4 sel/ml.

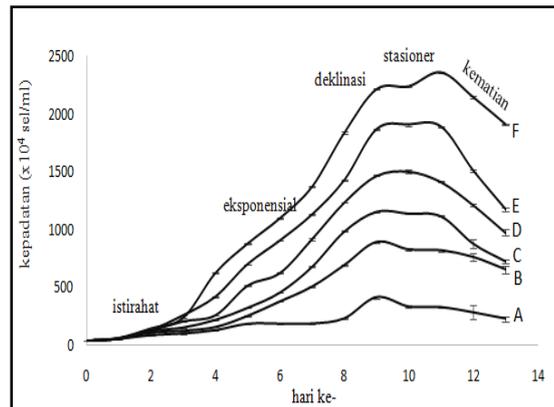
Tabel 1. Kepadatan rata-rata populasi *Porphyridium* sp. ($\times 10^4$ sel/ml) pada masing-masing perlakuan selama 13 hari

Hari ke-	Perlakuan					
	A	B	C	D	E	F
0	35	35	35	35	35	35
1	51	52	53	56	55	60
2	85	106	120	125	129	142
3	98	122	151	204	256	235
4	127	154	217	257	418	623
5	183	251	322	514	700	878
6	183	376	455	624	903	1098
7	184	505	679	919	1129	1372
8	230	691	985	1236	1427	1839
9	414	891	1158	1468	1867	2217
10	332	826	1141	1505	1908	2242
11	327	819	1118	1414	1890	2363
12	282	761	880	1213	1510	2149
13	228	654	727	975	1176	1914

* Angka tebal menunjukkan kepadatan maksimum populasi *Porphyridium* sp.

Pola pertumbuhan perlakuan A (tanpa pemberian pupuk) menunjukkan perbedaan terhadap perlakuan lainnya. Perlakuan A memiliki pola pertumbuhan yang cenderung mendatar dengan fase eksponensial yang hampir tak terlihat. Kepadatan maksimum dicapai dengan waktu tercepat dengan kepadatan terendah di antara perlakuan lainnya dan *Porphyridium* sp. pada perlakuan

ini mengalami fase kematian yang lebih cepat.



Gambar 1. Kurva pertumbuhan *Porphyridium* sp.

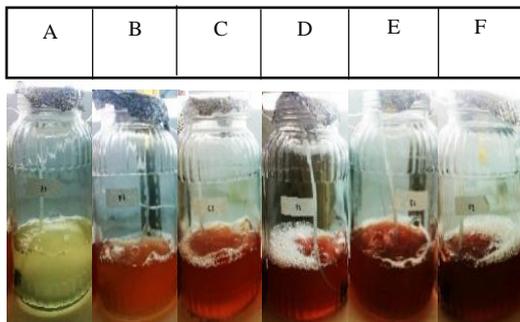
Terbatasnya jumlah nitrogen dalam media pertumbuhan akan menghambat proses fotosintesis yang nantinya mempengaruhi kepadatan populasi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Borowitzka (1988) bahwa nitrogen dapat mempengaruhi pertumbuhan *Porphyridium* dalam kegiatan metabolisme sel yaitu proses transportasi, katabolisme, asimilasi dan khususnya biosintesis protein karena dengan adanya reaksi enzimatik yang dihasilkan oleh protein maka dapat mengkonversi lemak menjadi asam lemak. Asam lemak dalam mikroalga terdapat di dalam sel yaitu kloroplas dan pembentukannya dipengaruhi oleh adanya transportasi nitrat melalui proses asimilasi.

Secara visual, terdapat perbedaan warna *Porphyridium* sp. yang dikultur pada awal penelitian dan akhir penelitian, di mana pada akhir penelitian *Porphyridium* sp. memiliki warna yang lebih pekat dibandingkan pada saat awal penelitian. Namun sebaliknya untuk perlakuan kontrol A (tanpa pemberian pupuk), pada akhir penelitian menghasilkan kultur

Porphyridium sp. dengan warna putih pucat (Gambar 2 dan Gambar 3). Hal ini membuktikan adanya peningkatan pertumbuhan atau kepadatan sel pada akhir penelitian dan pengaruh pemberian pupuk terhadap pigmen warna *Porphyridium* sp.



Gambar 2. Kultur *Porphyridium* sp. pada awal penelitian



Gambar 3. Kultur *Porphyridium* sp. pada akhir penelitian

Gambar 3 memperlihatkan perbedaan warna pada setiap perlakuan, di mana semakin besar dosis urea yang diberikan maka akan menyebabkan semakin tingginya kepadatan sel *Porphyridium* sp. sehingga menghasilkan warna merah yang lebih pekat. Warna merah pada kultur *Porphyridium* sp. berasal dari pigmen warna fikoeritrin bersama-sama dengan klorofil dan kadang-kadang fikosianin (Romimohtarto dan Juwana, 2009).

Riyono (2007) mengatakan bahwa nitrat dan fosfor yang terkandung dalam air merupakan nutrisi utama bagi fitoplankton yang nantinya akan menghasilkan klorofil. Semakin banyak unsur N dan P yang digunakan, maka kandungan klorofilnya pun semakin meningkat, di mana unsur N pada penelitian ini didapat dari urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) dan ZA ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) serta unsur P yang diperoleh dari TSP ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$). Hal ini dapat dibuktikan dari perbedaan warna merah yang dihasilkan *Porphyridium* sp. pada setiap perlakuan. Perlakuan F dengan dosis urea tertinggi menunjukkan warna merah yang paling pekat sedangkan perlakuan A (tanpa pupuk) menghasilkan warna putih pucat.

Laju Pertumbuhan *Porphyridium* sp.

Pengaruh pemberian urea dengan dosis yang berbeda terhadap laju pertumbuhan harian *Porphyridium* sp. disajikan pada tabel 2. Tabel tersebut menunjukkan bahwa perlakuan E memiliki laju pertumbuhan harian tertinggi yaitu 0,34 sel/ml/hari dan perlakuan A memiliki laju pertumbuhan harian terendah yaitu 0,24 sel/ml/hari. Dengan demikian, perlakuan E merupakan perlakuan dengan penggunaan dosis urea terbaik untuk laju pertumbuhan harian *Porphyridium* sp.

Tabel 2. Pengaruh pemberian pupuk urea dengan dosis yang berbeda terhadap laju pertumbuhan harian *Porphyridium* sp. pada saat maksimum populasi

Perlakuan	Laju Pertumbuhan Harian (sel/ml/hari)
A	0,24 a
B	0,31 b

C	0,32 d
D	0,31 bc
E	0,34 e
F	0,31 bc

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Perbedaan laju pertumbuhan harian pada setiap perlakuan tersebut disebabkan oleh kemampuan sel dalam menyerap unsur hara yang terdapat pada media kultur. Terkadang konsentrasi bahan yang terlalu tinggi membuat bahan sulit diserap oleh sel. Nilai laju pertumbuhan dapat digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui daya dukung media terhadap pertumbuhan *Porphyridium* sp. Semakin cepat laju pertumbuhan maka semakin baik daya dukung media pupuk terhadap laju pertumbuhan *Porphyridium* sp.

Lebih lanjut Djarijah (1996) menerangkan bahwa media pupuk berpengaruh pada laju pertumbuhan karena laju pertumbuhan fotosintesa mikroalga dipengaruhi oleh faktor nutrisi yang terdapat dalam media kultur yang diberikan. Laju pertumbuhan tinggi berarti peningkatan jumlah populasi lebih cepat karena tingkat kecepatan pertambahan sel persatuan waktu lebih cepat sehingga masa panenpun akan lebih cepat.

Waktu Generasi *Porphyridium* sp.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan dosis urea yang digunakan berpengaruh terhadap waktu generasi *Porphyridium* sp. Hasil penelitian menunjukkan nilai waktu generasi tercepat adalah 1,75 jam yang dicapai oleh perlakuan E dan yang terlama yaitu perlakuan A (tanpa pemberian pupuk) yaitu 2,48 jam.

Tabel 3. Pengaruh Pemberian Pupuk Urea dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Waktu Generasi (Jam) *Porphyridium* sp. pada Saat Maksimum Populasi.

Perlakuan	Waktu Generasi (jam)
A	2,48 f
B	1,94 e
C	1,80 b
D	1,86 d
E	1,75 a
F	1,82 c

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Waktu generasi yang lebih rendah berarti pertumbuhan jumlah populasi lebih cepat karena waktu yang diperlukan untuk pembelahan sel lebih singkat sehingga untuk mencapai kepadatan maksimum lebih cepat. Baik atau tidaknya waktu generasi dan laju pertumbuhan tergantung pada tujuan kultur fitoplankton tersebut. Apabila menginginkan panen yang cepat maka dibutuhkan waktu generasi rendah dan laju pertumbuhan yang lebih tinggi. Oleh karena itu perlakuan E (dosis urea 40 mg/l) dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki waktu generasi yang paling cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu 1,75 jam.

D. Kualitas Air Media Sebagai Faktor Pendukung

Data kualitas air rata-rata selama penelitian ditunjukkan oleh Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kualitas air rata-rata selama 13 hari penelitian

Hari ke-	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Salinitas (‰)	DO (mg/l)	pH	Cahaya (lux)
0	25,77	35,00	5,45	8,00	1592
2	23,77	35,00	5,72	8,00	1894
4	21,82	35,83	6,71	8,00	1681

6	21,78	37,00	6,58	8,00	1566
8	21,80	37,67	6,76	8,00	1895
10	21,80	38,00	6,24	8,00	1925
12	21,87	38,00	6,55	8,00	1993
13	21,82	38,00	6,59	8,00	1887

Suhu secara langsung mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan merupakan faktor yang menentukan pertumbuhan alga (Suriawiria, 1985). Romimohtarto dan Juwana (2001) mengungkapkan bahwa suhu akan mempengaruhi daya larut gas-gas yang diperlukan untuk fotosintesis seperti CO₂. Gas ini mudah larut pada suhu rendah dibandingkan pada suhu yang tinggi, akibatnya kecepatan fotosintesis ditingkatkan oleh suhu rendah.

Bagi golongan alga laut dan payau, salinitas sangat penting untuk mempertahankan tekanan osmotik yang layak antara protoplasma dari organisme dengan air sebagai lingkungan hidupnya. Kadar salinitas akan mempengaruhi tekanan osmotik sel sehingga secara langsung akan mempengaruhi proses metabolismenya (Priyambodo dan Wahyuningsih, 2008).

pH kualitas air pada pertumbuhan organisme merupakan faktor yang mempengaruhi kegiatan enzim. pH ini akan mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan mikroalga serta dapat mengubah ketersediaan nutrisi dan mempengaruhi fisiologi sel *Porphyridium* sp. pH yang semakin meningkat akan menyebabkan peningkatan CO₂ terlarut.

Fitoplankton juga merupakan pengguna oksigen selain peranannya sebagai penyumbang oksigen utama dalam air, sehingga DO merupakan parameter kualitas air yang penting pula bagi kehidupan fitoplankton. Cahaya mempunyai pengaruh terbesar bagi kehidupan fitoplankton, yakni

sebagai sumber energi untuk proses fotosintesis fitoplankton (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Semua parameter kualitas air media kultur berada pada rentang optimum untuk pertumbuhan *Porphyridium* sp. sehingga diasumsikan bahwa hasil kepadatan sel, laju pertumbuhan dan waktu generasi *Porphyridium* sp. yang didapat pada penelitian ini murni dipengaruhi oleh pemberian urea dengan dosis yang berbeda.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Kepadatan populasi maksimum *Porphyridium* sp. tertinggi diberikan oleh perlakuan F dengan dosis urea 50 mg/l yaitu sebesar 2363 x 10⁴ sel/ml pada hari ke-11.
2. Laju pertumbuhan harian *Porphyridium* sp. tertinggi diberikan oleh perlakuan E dengan dosis urea 40 mg/l yaitu 0,34 sel/ml/hari.
3. Waktu generasi *Porphyridium* sp. tercepat diberikan oleh perlakuan E yaitu 1,75 jam.
4. Komposisi pupuk pertanian (urea, ZA dan TSP) yang tepat dalam kultur *Porphyridium* sp. adalah komposisi pupuk pada perlakuan E dengan perbandingan urea:ZA:TSP yaitu 4:3:1 atau sebesar 40:30:10 mg/l yang mampu menghasilkan kepadatan maksimum *Porphyridium* sp. sebesar 1908 x 10⁴ sel/ml dengan laju pertumbuhan dan waktu generasi yang tercepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [BBAPS] Balai Budidaya Air Payau Situbondo. 2013. *Petunjuk Teknis*

*Produksi Pakan Alami
Phytoplankton dan Zooplankton.*
Jakarta: Kementerian Kelautan
Dan Perikanan, Direktorat
Jenderal Perikanan Budidaya

- Borowitzka MA. 1988. Vitamins and fine chemical from microalgae. Di dalam: Borowitzka MA and Borowitzka MJ, editor. *Microalgal Biotechnology*. New York: Cambridge University Press.
- Djarajah AS. 1996. *Pakan Ikan Alami*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Gasperz V. 1995. *Teknik Analisis dalam Perancangan Percobaan Edisi I*. Bandung: Tarsito.
- Hadioetomo, Imas RS, Tjittrosomo TSS, Angka SL. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi I*. Jakarta: UI-Press.
- Kurniastuty, Julinasari D. 1995. Kepadatan populasi alga *Dunaliella* sp pada media kultur yang berbeda. *Buletin Budidaya Laut No. 9*. Lampung: Balai Budidaya Laut.
- Priyambodo K, Wahyuningsih T. 2008. *Budidaya Pakan Alami untuk Ikan Edisi 7*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Riyono SH. 2007. Beberapa sifat umum dari klorofil fitoplankton. *Jurnal Oseana*. 32(1):23-31.
- Romimohtarto K, Juwana S. 2001. *Biologi Laut*. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Suriawiria U. 1985. *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Bandung: Angkasa
- Vonshak A. 1988. *Porphyridium*. Di dalam: Borowitzka MA dan Borowitzka MJ, editor. *Microalgal Biotechnology*. New York: Cambridge University Press.