

ANTIMIKROBA DARI *Chaetoceros gracilis* YANG DIKULTIVASI DENGAN LAMA PENYINARAN BERBEDA

Iriani Setyaningsih¹, Desniar¹, dan Evi Purnamasari²

¹Dosen tetap Departemen Teknologi Hasil Perairan, FPIK, Institut Pertanian Bogor
Kampus Dramaga, Bogor, Jawa Barat

²Alumni Departemen Teknologi Hasil Perairan,
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Email: iriani25@gmail.com

ABSTRAK

Microalgae mampu menghasilkan berbagai senyawa aktif seperti antibakteri. Salah satu microalgae yang menghasilkan komponen antibakteri adalah *Chaetoceros gracilis*. Antibakteri adalah zat yang menghambat atau membunuh pertumbuhan mikroorganisme. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan mentah ekstrak *Chaetoceros gracilis* dan tes untuk aktivitas antibakteri. *Chaetoceros gracilis* dibudidayakan di buatan media dengan durasi berbeda pencahayaan dan dipanen pada budaya berbeda usia. Ekstraksi untuk antibakteri senyawa digunakan etanol. Ekstrak kasar *C. gracilis* yang dibudidayakan di berbeda pencahayaan durasi dan dipanen dalam budaya berbeda usia memiliki aktivitas antibakteri *Bacillus cereus* dan *Vibrio harveyi*.

Kata kunci : Anti bakteri, Antifungal, *bacillus cereus*, *chaetoceros gracilis*, ethanol, *fusarium oxysporum*, dan *Vibrio harveyi*

ABSTRAK

Microalgae able to produce various active compound such as antibacterial. One of the microalgae that produce the antibacterial component was *Chaetoceros gracilis*. Antibacterial is a substance that can inhibit or kill the growth of a microorganism. This study aims to obtain crude extracts of the *Chaetoceros gracilis* and test for antibacterial activity. *Chaetoceros gracilis* was cultivated in artificial medium with different lighting duration and was harvested at different culture ages. Extraction for antibacterial compound used ethanol. The crude extracts of *C. gracilis* which cultivated in different lighting duration and harvested in different culture age have antibacterial activity to *Bacillus cereus* and *Vibrio harveyi*.

Keywords : antibacterial, antifungal, *bacillus cereus*, *chaetoceros gracilis*, ethanol, *fusarium oxysporum*, and *Vibrio harveyi*

I. PENDAHULUAN

Biodiversitas perairan Indonesia sangat tinggi. Salah satu biota perairan yang berpotensi untuk dikembangkan adalah mikroalga. Biota perairan ini memiliki banyak manfaat, antara lain sebagai sumber makanan bagi beberapa jenis larva udang, sebagai pangan sehat, untuk bioremediasi, untuk biofuel, dan sumber komponen aktif seperti antibakteri. Salah satu mikroalga yang berpotensi untuk dikembangkan dan banyak terdapat di perairan Indonesia adalah *Chaetoceros* sp.

Chaetoceros sp. sering dimanfaatkan untuk pakan karena kandungan protein, karbohidrat, dan asam lemaknya yang cukup tinggi untuk pertumbuhan larva (Sutomo. 2005). *Chaetoceros* sp. juga memiliki komponen aktif yang berpotensi untuk pengembangan bidang farmasi. Jenis *Chaetoceros* sp. yang sudah diteliti diantaranya adalah *Chaetoceros gracilis*.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *Chaetoceros gracilis* (*C. gracilis*) yang dikulturkan pada medium Guillard mampu menghasilkan senyawa antibakteri yang menghambat pertumbuhan beberapa bakteri patogen. Richmond (1990) melaporkan bahwa empat jenis diatom seperti *C. pseudocurvisteus*, *C. lauderi*, *Fragilaris pinnata*, dan *C. socialis* mempunyai aktivitas antifungi. Hasil penelitian Setyaningsih, *et. al.*, (2008) juga menunjukkan bahwa *Chaetoceros gracilis*

yang ditumbuhkan dalam medium Guillard mempunyai aktivitas antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio harveyi* dan *Staphylococcus aureus*

Komponen aktif *Chaetoceros gracilis* dipengaruhi oleh kondisi kultivasi baik faktor fisika maupun kimia. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kultur mikroalga diantaranya cahaya, unsur hara, umur kultur, dan faktor lainnya (Saavedra & Voltolina 2005). Kandungan komponen aktif juga berbeda pada setiap fase pertumbuhan. *Chaetoceros gracilis* memiliki aktivitas antibakteri yang dapat menghambat bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus* (Pribadi . 1999), namun belum diketahui aktivitas antimikroba dari ekstrak *C. gracilis* yang dikultivasi pada lama pencahayaan yang berbeda. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh komponen aktif (antimikroba) dari *C. gracilis* yang dikultivasi dengan perbedaan lama penyinaran dan waktu panen yang berbeda, serta aktivitasnya terhadap bakteri uji.

II. DATA DAN PENDEKATAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Hasil Perairan 2, Laboratorium Mikrobiologi Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, serta Laboratorium Bioteknologi Hewan, Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor.

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah mikroalga *Chaetoceros gracilis* yang diperoleh dari Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI Jakarta. Medium yang digunakan untuk kultivasi *C. gracilis* adalah NPSi. Bakteri yang digunakan adalah *Bacillus cereus* dan *Vibrio harvey*, sedangkan medium untuk bakteri digunakan Nutrient Agar, Nutrient Broth, Mueller Hinton Agar. Bahan lain yang digunakan meliputi etanol, kloramfenikol dan *rose bengal sodium salt*. Fungi yang digunakan jenis *Fusarium oxysporum* yang diperoleh dari Laboratorium Mikologi, Biologi, Institut Pertanian Bogor.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *flask*, akuarium, lampu TL 20 Watt, aerator, mikroskop, autoklaf, spektrofotometer, sonikator, evaporator dan alat-alat laboratorium lainnya.

2.1. Lingkup Penelitian

Penelitian ini terdiri atas tiga tahapan. Tahap pertama adalah kultivasi *C. gracilis* di dalam ruangan dengan suhu ± 26 °C. Menurut Beardall *et al.* (1998) suhu yang rendah dapat meningkatkan penyerapan CO₂, karena CO₂ *concentrating mechanism* (CCM) lebih efektif pada suhu rendah. Kultivasi dengan lama penyinaran 24 jam mengacu pada Setyaningsih *et al.* (2009). Tahapan kedua adalah ekstraksi biomasa kering, dan tahap ke tiga adalah uji aktivitas antimikroba yang mengacu pada Yasni (2001) dan Setyaningsih, *et al.*, (2008).

2.2. Kultivasi *Chaetoceros gracilis*

Kultivasi bertujuan untuk mendapatkan kurva pertumbuhan dan biomasa *C. gracilis*. Kultivasi dilakukan dalam *flask* dengan volume 2 L, dengan perbandingan antara inokulum *C. gracilis* dan air laut adalah 1 : 10. Setelah kultur *C. gracilis* diinokulasikan ke dalam medium yang sudah disiapkan, aerator dipasang dan diberi penyinaran menggunakan lampu TL 20 watt dengan lama penyinaran 12 dan 24 jam. Penghitungan jumlah sel dilakukan setiap hari untuk memperoleh kurva pertumbuhan sampai kultur mengalami kematian. Penghitungan kepadatan sel dilakukan menurut Taw (1990).

Kultivasi untuk memperoleh biomasa dilakukan dalam akuarium dengan volume 40 L. Kultur dipanen pada fase log dan fase stasioner. Proses pemanenan dilakukan menggunakan filter keramik. Biomasa basah yang diperoleh dari hasil panen dikeringkan menggunakan *freeze dryer*, dan ditimbang berat keringnya, untuk digunakan pada tahap berikutnya.

2.3. Ekstraksi Biomasa *Chaetoceros gracilis*

Ekstraksi pada biomasa *C. gracilis* diawali dengan proses sonikasi untuk memecah dinding sel, selanjutnya dilakukan maserasi menggunakan pelarut etanol. Setelah dimaserasi, ekstrak *C. gracilis* dipisahkan dengan evaporator, sehingga didapatkan ekstrak kasar (*crude extracts*) *C. gracilis*.

2.4. Uji Aktivitas Antibakteri

Proses pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi agar menggunakan sumur. Aktivitas antibakteri diujikan pada *B. cereus* dan *V. harveyi* yang mempunyai *optical density* (OD)>0,5. Pengujian dilakukan menggunakan medium MHA padat yang dibuat sumur. Kultur bakteri dimasukkan ke dalam medium MHA cair, lalu dihomogenkan dan dituang ke dalam cawan petri. Setelah beku dibuat lubang sumur dengan diameter 6 mm. Ekstrak *C. gracilis* dan kloramfenikol (kontrol positif) dimasukkan ke dalam masing-masing sumur. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37 °C untuk *B. cereus* dan suhu 30 °C untuk *V. harveyi* selama 18-20 jam, lalu dilakukan pengamatan dan pengukuran zona hambat yang terbentuk di sekitar sumur.

2.5. Uji aktivitas antifungi

Fungi yang diuji adalah jenis *Fusarium oxysporum*. Fungi uji disegarkan dalam medium PDB selama 3-5 hari. Kultur fungi dimasukkan ke dalam medium PDA yang masih cair, lalu dihomogenkan dan dituang ke dalam cawan petri. Setelah beku, dibuat lubang sumur diameter 6 mm. Ekstrak *C. gracilis* dan *rose bengal sodium salt* (kontrol positif) dimasukkan ke dalam masing-masing sumur. Selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang selama 3-5 hari, setelah itu dilakukan pengamatan dan pengukuran zona hambat di sekitar sumur.

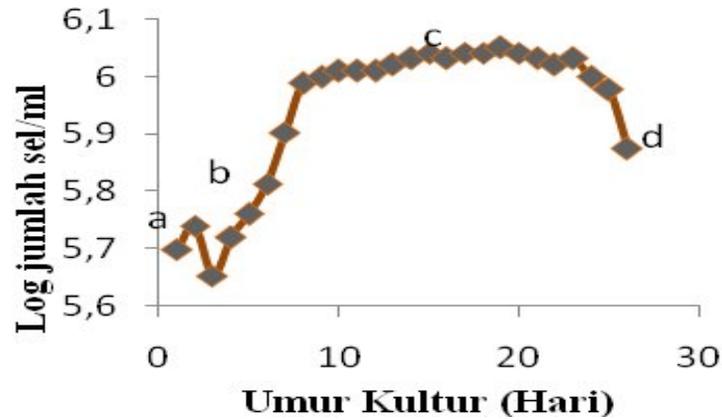
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Kurva Pertumbuhan *Chaetoceros gracilis*

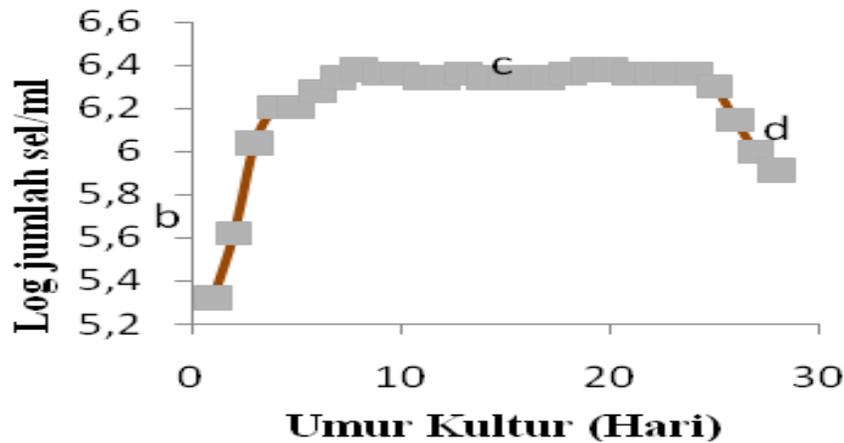
Selama kultivasi, kultur *C. gracilis* berwarna coklat. Hal ini menunjukkan adanya pertumbuhan. Lee (2008) menyatakan bahwa *Chaetoceros* sp. termasuk diatom yang disebut *golden-brown algae* karena kandungan pigmen kuningnya lebih banyak daripada pigmen hijau. Genus *Chaetoceros* sp. adalah genus terbesar dari kelas Bacillariophyceae yang hidup diperairan dingin sampai perairan panas. *Chaetoceros* sp. termasuk plankton neritik yang mempunyai setae dan digunakan untuk membentuk filamen yang membuatnya terus melayang di permukaan air.

Pertumbuhan *C. gracilis* yang dikultivasi dalam medium NPSi dengan lama penyinaran 12 jam terdiri atas fase lag (adaptasi), fase log (eksponensial), fase stasioner dan fase kematian (Gambar 1). Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Setyaningsih, *et. al.*, (2009), yang mana kultur dengan lama penyinaran 24 jam tidak mengalami fase lag (Gambar 2).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga antara lain suhu, nutrient dalam medium, pH, pencahayaan. Kurva pertumbuhan mikroalga juga berbeda satu dengan lainnya. Faktor intrinsik maupun ekstrinsik dapat mempengaruhinya.



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan *C. gracilis* dengan Lama Penyinaran 12 Jam (a = fase lag (adaptasi), b = fase logaritmik, c = fase stasioner, d = fase kematian)



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan *C. gracilis* dengan Lama Penyinaran 24 jam (a = fase lag (adaptasi), b = fase logaritmik, c = fase stasioner, d = fase kematian) (Setyaningsih 2009)

Fase lag yang terjadi pada kultur dengan penyinaran 12 jam karena inokulum mengalami adaptasi terhadap lingkungannya. Fase lag kultur *Chaetoceros gracilis* dengan lama penyinaran 12 jam terjadi pada hari ke-1 sampai hari ke-4. *Chaetoceros gracilis* yang dikultivasi dengan lama penyinaran 24 jam tidak mengalami fase lag. Terjadinya fase lag pada kultivasi dengan lama penyinaran 12 jam

diduga karena inokulum yang digunakan kondisinya berbeda, karena kultivasinya tidak bersamaan. Becker (1994) menyatakan bahwa peningkatan jumlah sel pada fase lag relatif masih lambat. Salah satu faktor yang menentukan terjadinya fase lag adalah umur inokulum. Hal ini didukung oleh Fogg (1975) yang menyatakan bahwa umur inokulum yang

tua memerlukan waktu agak lama untuk mengaktifkan kembali pertumbuhan selnya.

Inokulum yang baik digunakan adalah inokulum yang berada pada fase log, yaitu pada saat kultur berumur sekitar 4-6 hari (Sutomo 2004). Pada penelitian ini fase log (eksponensial) terjadi pada hari ke-5 sampai hari ke-9. Fase stasioner terjadi saat umur kultur 10 hari sampai 23 hari, dengan pertumbuhan relatif tetap. Kultur mengalami kematian pada hari ke-24, ditandai dengan adanya pengendapan dan media kultur menjadi bening. *Chaetoceros gracilis* yang dikultivasi pada penyinaran 24 jam mengalami kematian juga pada hari ke 25. Artinya *C. gracilis* yang dikultivasi dalam medium NPSi, masa pertumbuhannya pendek.

3.2. Ekstrak Komponen Aktif *Chaetoceros Gracilis*

Ekstrak komponen aktif *C. gracilis* yang diperoleh berbentuk pasta berwarna

coklat, akan tetapi warna ekstrak yang dipanen pada fase log berwarna coklat kehijauan. Jumlah rendemen ekstrak dari biomasa *Chaetoceros gracilis* yang ditumbuhkan dengan lama penyinaran 24 jam lebih besar dari pada rendemen ekstrak yang dikultur pada 12 jam. Rendemen ekstrak A (ekstrak yang dikultur dengan lama penyinaran 24 jam, dipanen pada fase stasioner) sebesar 46,15% dan ekstrak B (ekstrak yang dikultur dengan lama penyinaran 24 jam, dipanen pada fase log) sebesar 49,43%, sedangkan rendemen ekstrak C sebesar 31,37% dan ekstrak D sebesar 42%. Rendemen ekstrak yang dihasilkan dari fase stasioner dengan lama penyinaran 12 jam lebih besar dibandingkan dengan rendemen ekstrak yang dipanen pada fase log (Tabel 1).

Tabel 1. Rendemen Ekstrak *Chaetoceros Gracilis*

Perlakuan Kultur		Berat Biomasa kering (g)	Berat Ekstrak (g)	Rendemen Ekstrak (%)
Penyinaran 24 jam	Stasioner (A)	0,52	0,24	46,15
	Log (B)	1,76	0,87	49,43
Penyinaran 12 jam	Log (C)	0,51	0,16	31,37
	Stasioner (D)	0,50	0,21	42

Etanol merupakan salah satu pelarut organik yang bersifat polar dengan nilai polaritas 68 (Hermawati 2004), dan dapat melarutkan komponen pigmen. Ekstrak *C.*

gracilis berwarna coklat diduga karena terlarutnya karotenoid dan asam lemak dalam etanol. Selain itu, klorofil yang terlarut

menyebabkan ekstrak berwarna coklat kehijauan.

3.3. Aktivitas Antimikroba

Aktivitas ekstrak kasar *C. gracilis* terhadap *B. cereus* dan *V. harveyi*

Ekstrak *C. gracilis* mempunyai aktivitas penghambatan terhadap bakteri *B. cereus*. Diameter zona hambat yang terbentuk dengan pemberian ekstrak B (penyinaran 24 jam, panen pada fase log) sebesar 7 mm, ekstrak A (penyinaran 24 jam, panen pada fase stasioner) sebesar 12,5 mm, ekstrak C (penyinaran 12 jam, panen pada fase log) sebesar 3,5 mm, ekstrak D (penyinaran 12 jam, panen pada fase stasioner) menghasilkan zona hambat sebesar 6 mm. Nilai hambatan terbesar diperoleh dengan pemberian kloramfenikol, dengan zona hambat sebesar 29,5 mm.

Ekstrak *C. gracilis* juga memiliki aktivitas penghambatan untuk *V. harveyi*, meskipun nilainya relatif kecil. Diameter zona hambat untuk *Vibrio harveyi* dengan pemberian ekstrak A sebesar 3 mm, ekstrak B sebesar 2 mm, ekstrak C sebesar 1 mm, dan ekstrak D 1,5 mm. Nilai hambatan terbesar diperoleh dengan pemberian kloramfenikol, dengan zona hambat sebesar 35 mm.

Nilai penghambatan dari ekstrak *C. gracilis* yang dikultur dengan penyinaran 24 jam dan dipanen pada fase stasioner lebih besar dibanding yang dikultivasi dengan penyinaran 12 jam. Hal ini diduga karena pada ekstrak yang dikultivasi dengan penyinaran 24

jam, serta pemanenan pada fase stasioner kandungan asam lemaknya lebih tinggi. Wang (1999) menyatakan bahwa senyawa aktif yang bersifat sebagai antibakteri dari *Chaetoceros* sp. adalah golongan asam lemak. Lampe *et al.* (1998) diacu dalam Ramadan, *et al.*, (2008) juga melaporkan bahwa jenis asam lemak yang bersifat antimikroba adalah jenis asam palmitat dan asam oleat. Lipid membunuh mikroorganisme dengan menembus sel dan mengganggu sintesis asam lemak membran seluler.

Ekstrak *C. gracilis* lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan *B. cereus* daripada *V. harveyi*. Hal ini diduga karena perbedaan komposisi dinding sel bakteri. Greenwood *et al.* (1995) menyatakan bahwa *Bacillus cereus* termasuk bakteri Gram positif yang memiliki dinding sel yang lebih tebal dan berlapis tunggal, dengan komponen peptidoglikan yang dominan sehingga memungkinkan ekstrak untuk masuk ke dalam sel bakteri lebih mudah. Hasil penelitian Iskandar, *et al.*, (2006) mengenai antibakteri dari ekstrak etanol rumput laut menunjukkan bahwa hambatan terbesar dari ekstrak tersebut terjadi pada bakteri *Bacillus cereus*.

Vibrio harveyi termasuk bakteri Gram negatif yang memiliki dinding sel tipis dan kandungan lipidnya tinggi. Meskipun dinding selnya lebih tipis, dinding sel bakteri Gram negatif lebih kompleks mempunyai membran luar dan membran bagian tengah (Ray, 2004), serta memiliki porin dan lipoporisakarida.

Zona hambat paling besar dihasilkan dengan pemberian kloramfenikol. Hal ini karena kloramfenikol lebih murni dibandingkan ekstrak etanol *C. gracilis*. Kloramfenikol yang bekerja sebagai antibiotik adalah dalam bentuk D-(-)-treo yang mengganggu biosintesis protein bakteri (Schunack *et al.*, 1990). Zona hambat yang kecil diduga karena ekstrak yang diperoleh masih dalam bentuk kasar sehingga efektivitasnya kecil (Setyaningsih, *et al.*, 2004).

3.4. Aktivitas ekstrak *C. gracilis* terhadap *Fusarium oxysporum*

Ekstrak *C. gracilis* tidak memiliki aktivitas penghambatan terhadap fungi *F. oxysporum*. Hal ini ditunjukkan tidak terbentuknya zona hambat di sekitar sumur yang diberi ekstrak *C. gracilis*. Zona hambat hanya terbentuk di sekitar sumur yang diberi kontrol positif *rose bengal sodium salt*. Bagian tubuh fungi terdiri atas kumpulan hifa berisi protoplasma yang dikelilingi oleh suatu dinding yang kuat. Penyusun dinding yang kuat ini adalah kitin (Gandjar, *et al.*, 2006). Senyawa aktif yang dihasilkan oleh *C. gracilis* tidak dapat menghambat pertumbuhan fungi *F. oxysporum*.

IV. KESIMPULAN

4.1. Kesimpulan

Pertumbuhan *Chaetoceros gracilis* yang dikultivasi pada medium NPSi dengan lama penyinaran yang berbeda mempunyai pola pertumbuhan yang berbeda. Ekstrak

etanol dari *C. gracilis* yang dipanen pada fase stasioner berbentuk pasta dengan warna kecoklatan, namun warna ekstrak dari *C. gracilis* yang dipanen pada fase log berwarna coklat kehijauan. Warna coklat diduga karena terlarutnya pigmen karotenoid dan asam lemak, sedangkan warna hijau karena kandungan klorofil terlarut dalam ekstrak.

Nilai penghambatan dihasilkan dari ekstrak *C. gracilis* yang dikultivasi dengan lama penyinaran 24 jam dengan pemanenan pada fase stasioner lebih besar dibanding lama penyinaran 12 jam. Ekstrak *C. gracilis* lebih besar menghasilkan zona hambat lebih besar terhadap *B. cereus* dari pada *V. harveyi*. Ekstrak *C. gracilis* tidak mempunyai aktivitas antifungi untuk *F. oxysporum*.

4.2. Saran

Perlu dilakukan pemurnian komponen aktif antibakteri, optimasi kultivasi dalam menghasilkan biomasa optimum, serta pengujian ekstrak etanol *Chaetoceros gracilis* terhadap jenis bakteri dan fungi yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Beardall J, Johnston A, dan Raven J. 1998. *Environmental regulation of CO₂ concentrating mechanism in microalgae*. Canada : *Journal Bot.* 76 : 1010-1017.
- Becker EW. 1994. *Microalgae Biotechnology and Microbiology*. Cambridge : University Press. 279 halaman.
- Fogg GE. 1975. *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology*. London : The

- University of Wisconsin Press. 126 halaman.
- Gandjar I, Wellyzar S, Ariyanti O. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia. 232 halaman.
- Greenwood D, Slack RC, Peutherer JF. 1995. *Medical Microbiology*. Hongkong : ELBS. 827 halaman.
- Hermawati D, Sudarwanto M, Soekarto ST, Zakaria FR, Sudardjat S, Tjatur Rasa RS. 2004. Aktivitas antimikroba pada susu kuda sumbawa. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* vol XV no.1.
- Lee RE. 2008. *Phycology*. Ed ke-4 Cambridge: Cambridge University Press. 547 hal.
- Pribadi TDK. 1998. Ekstraksi senyawa antibakteri dari mikroalga laut jenis *Chaetoceros gracilis* dan uji aktivitasnya terhadap beberapa bakteri. Bogor. [Skripsi]. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 40 hal.
- Ramadan MF, Asker MMS, Ibrahim ZK. 2008. Functional bioactive compounds and biological activities of *Spirulina platensis* Lipids. Czech : *Journal Food Sci*. Vol. 26 No.3 : 211-222.
- Ray B. 2004. *Fundamental Food Microbiology*. Ed ke-3. USA : CRC Press. 608 halaman. 608 halaman.
- Saavedra M, Voltolina D. 2005. The growth rate, biomass, production and composition of *Chaetoceros* sp. grown with different light sources. *Jurnal Aquaculture Engineering* 35 (2006) :161-165.
- Schunack W, Mayer K, Haake M. 1990. *Senyawa Obat*. Wattimena JR, Soebito, penerjemah; Yogyakarta : Gajah Mada University Press. Terjemahan dari : *Arzneistoffe, Lehrbuch der Pharmazeutischen Chemie*.
- Setyaningsih I, Desniar, Panggabean L, Widyah TH. 2004. Pemisahan ekstrak intraseluler dari mikroalga *Nitzschia closterium* dan penentuan konsentrasi hamabatan minimumnya terhadap mikroba pathogen. *Buletin Teknologi Hasil Perairan* vol.VIII no. 2 : 35-43.
- Setyaningsih I, Hardjito L, Monintja DR, Sondita MF, Bintang M, Lailati N, Panggabean L. 2008. Ekstraksi senyawa antibakteri dari diatom *Chaetoceros gracilis* dengan berbagai metode. *Jurnal Biologi Indonesia* 5(1) : 23- 33.
- Setyaningsih I, Lailati N, Panggabean L. 2009. Pola pertumbuhan *Chaetoceros gracilis* dalam medium NPSi dan produksi antibakteri. *Jurnal Kelautan Nasional* Volume 2 Edisi khusus.
- Sutomo. 2004. Pengaruh salinitas dan jenis mikroalga (*Chaetoceros gracilis* dan *Nannochloropsis oculata*) terhadap perkembangan *Nauplii* dan pertumbuhan kopepoda, *Trigriopus brevicornis*. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* No. 38 : 47 – 67.
- Sutomo. 2005. Kultur tiga jenis mikroalga (*Tetraselmis* sp., *Chlorella* sp., dan *Chaetoceros gracilis*) dan pengaruh kepadatan awal terhadap pertumbuhan *Chaetoceros gracilis* di laboratorium. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* No. 37 : 43 – 58.
- Taw NDR. 1990. *Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga*. Proyek pengembangan Budidaya udang : United Nations Development Programme Food and Agriculture Organization of the United Nation. US Penerjemah : Budiono M & Indah W.
- Wang JK. 1999. Antibacterial active extracts from the marine algae *Chaetoceros* and

methods of use. *United States Patent* :
5,866,150.

Yasni S. 2001. Aktivitas Antimikroba Minyak
Atsiri Buah Andaliman (*Zanthoxylum*
acanthopoiducm) dan Antarasa (*Litsea*
cubeba) terhadap Bakteri dan Kapang
serta Profil Deskriptif Komponen Aktif
Penyusunnya. Nuraida dan Hariyadi,
editor; Pusat Kajian Makanan
Tradisional IPB. Di dalam : *Pangan*
Tradisional Basis bagi Industri Pangan
Fungsional dan suplemen.