

Kultur *Chaetoceros calcitrans* serta Potensinya sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus*

Natasha Syifa Ramadhanty, Indra Topik Maulana, Thyazen Abdo Alhakimi
*Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung,
Bandung, Indonesia*
email: natashasyifa26@gmail.com, indra.topik@gmail.com, thyazen.abdo.a@unisba.ac.id

ABSTRACT: Infections caused by *S. aureus* are almost ever experienced by everyone. *S. aureus* is known to have suffered resistance to some antibiotics, one of the alternatives of nature that can be used to overcome it is by using microalgae *C. calcitrans*. The availability of *C. calcitrans* in the sometimes erratic environment makes it necessary to cultivate to meet the needs. The research purpose of this review is to know the cultivation potential of *C. calcitrans* Laboratory scale in generating biomass as well as its potential and other microalgae as antibacterial *S. aureus*. The culture process undertaken for the cultivation of *C. calcitrans* Laboratory Scale using Guillard media produces the growth that occurs by looking at the color of increasingly concentrated culture media and the biomass obtained by brownish green with relatively little amount. From the literature studies that have been done can be known that *C. calcitrans* has compounds such as terpenoids and fatty acids which are generally the same as in other microalgae, known to play an active role as antibacterial especially in bacteria *S. aureus*. Based on the results it can be concluded that *C. calcitrans* has the potential to be cultivated in a lab scale and can be developed as a antibacterial *S. aureus*.

Keywords: *C. Calcitrans*, *S.aureus*, cultivation, antibacterial

ABSTRAK: Infeksi yang diakibatkan oleh *S. aureus* hampir pernah dialami oleh semua orang. *S. aureus* diketahui telah mengalami resistensi terhadap beberapa antibiotik, salah satu alternatif dari alam yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan mikroalga *C. calcitrans*. Ketersediaan *C. calcitrans* dalam yang terkadang tidak menentu membuatnya perlu dibudidayakan untuk memenuhi kebutuhan. Tujuan penelitian *review* ini adalah untuk mengetahui potensi budidaya *C. calcitrans* skala laboratorium dalam menghasilkan biomassa serta potensinya dan mikroalga lain sebagai antibakteri *S. aureus*. Proses kultur yang dilakukan untuk budidaya *C. calcitrans* skala laboratorium menggunakan media Guillard menghasilkan adanya pertumbuhan yang terjadi dengan melihat warna media kultur yang semakin pekat dan biomassa yang didapat berwarna hijau kecoklatan dengan jumlah yang relatif sedikit. Dari studi literatur yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa *C. calcitrans* memiliki kandungan senyawa seperti terpenoid dan asam lemak yang secara umum sama seperti pada mikroalga lain, yang diketahui berperan aktif sebagai antibakteri terutama pada bakteri *S. aureus*. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *C. calcitrans* memiliki potensi untuk dibudidayakan dalam skala lab serta dapat dikembangkan sebagai antibakteri *S. aureus*.

Kata kunci: *C. calcitrans*, *S. aureus*, budidaya, antibakteri.

1 PENDAHULUAN

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen pada manusia. Hampir semua orang pernah mengalami infeksi yang diakibatkan oleh *S. aureus*, dengan tingkat keparahan yang beragam, mulai dari keracunan makanan, infeksi kulit ringan hingga berat sampai mengancam jiwa. Infeksinya ditandai oleh adanya kerusakan jaringan disertai dengan abses. Penyakit infeksi

ringan yang disebabkan oleh *S. aureus* diantaranya adalah bisul, jerawat, impetigo, dan infeksi luka. Infeksi lainnya yang lebih berat diantaranya pneumonia, meningitis, infeksi saluran kemih, osteomielitis, dan endocarditis (Kusuma, 2009).

S. aureus telah mengalami resistensi terhadap beberapa antibiotik, seperti penisilin, metisilin, kuinolon, vankomisin, kloramfenikol (Sulistyaningsih, 2011). Alternatif yang dapat digunakan untuk menghambat atau mengatasi

bakteri *S. aureus*, salah satunya adalah dengan menggunakan mikroalga *C. calcitrans*. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menghasilkan bahwa *C. calcitrans* yang dikultur pada berbagai media memiliki senyawa antibakteri yang mampu menghambat beberapa pertumbuhan bakteri patogen. Hasil penelitian Setyaningsih (2008) menunjukkan bahwa *C. calcitrans* yang ditumbuhkan pada media Guillard memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Vibrio Harvey* dan *S. aureus*. Salah satu contoh alga kuning yang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi adalah *C. calcitrans*, kandungannya yang paling tinggi yaitu protein sebanyak 35% (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Setiap spesies mikroalga memiliki beberapa potensi dari senyawa bioaktifnya. Maka perlu diketahui penelitian mengenai potensi *C. calcitrans* sebagai antibakteri *S. aureus*.

Ketersediaan *C. calcitrans* yang ada di alam tidak menentu, sehingga untuk mencukupi ketersediaannya perlu diperbanyak melalui proses kultur. Kultur *C. calcitrans* dapat dilakukan dalam skala laboratorium atau kultur murni. Kultur murni bertujuan untuk mendapatkan spesies murni (monospesies) dan dilakukan di laboratorium dengan tahapan dimulai dari sterilisasi, isolasi, kultur media sampai penyimpanan benih (Rusyani, 2007). Sedangkan kultur skala laboratorium adalah pembuatan fitoplankton yang dilakukan di laboratorium untuk memperoleh *plankton monospesies* yang digunakan sebagai stok budidaya dalam skala menengah dan massal.

Dari uraian diatas maka permasalahan yang dapat dikembangkan adalah bagaimana potensi budidaya *C. calcitrans* pada skala laboratorium, serta bagaimana potensinya untuk digunakan sebagai antibakteri *S. aureus*. Selanjutnya, penelitian *review* ini bertujuan untuk mengetahui potensi budidaya *C. calcitrans* skala laboratorium dalam menghasilkan biomassa serta potensinya dan mikroalga lain sebagai sumber antibakteri *S. aureus*.

2 LANDASAN TEORI

S. aureus merupakan bakteri Gram positif, bentuknya bulat dengan diameter 0,7-1,2 μm , tersusun dalam kelompok tidak teratur seperti buah anggur, tumbuhnya secara fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, dan tidak bergerak. *S. aureus* mampu tumbuh pada suhu optimum 37 °C

dan paling baik pada suhu kamar (20-25 °C) untuk membentuk pigmen. Koloninya padat dengan warna abu-abu sampai kuning keemasan (Jawetz et al., 2008). Bakteri *Staphylococcus* ini sebagian merupakan flora normal pada kulit, saluran pernafasan, dan saluran pencernaan manusia. Bakteri ini juga biasa ditemukan di udara dan lingkungan sekitar (Kusuma, 2009).

Mikroalga adalah mikroorganisme akuatik fotosintetik yang ukurannya mikroskopik, ditemukan di air tawar dan air laut, serta melakukan berfotosintesis untuk membuat makanannya sendiri (*fotoautotrof*). Tidak seperti tumbuhan lain, mikroalga adalah tumbuhan yang tidak memiliki akar, batang dan daun (Anderson, 2005). *Chaetoceros* merupakan plankton neuritik, memiliki filamen untuk terus melayang di permukaan air yang dibentuk oleh *setae* (Lee, 1998). Adanya kandungan pigmen kuning yang begitu banyak membuat *Chaetoceros sp.* disebut juga *golden-brown algae*. Termasuk uniseluler dan membentuk rantai dengan sel yang berdekatan. Bentuk tubuh utamanya adalah petri dish dengan ukuran sel 6 – 8 μm . (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Menurut Sudjiharno (2002), *C. calcitrans* memiliki beberapa pigmen warna yaitu *chlorophyl a* dan *chlorophyl c* yang berperan dalam proses fotosintesis, serta pigmen karoten, diatomin dan fukosantin yang menyebabkan dinding berwarna coklat keemasan. Hasil penelitian Simon (1978) menunjukkan *Chaetoceros* dimanfaatkan sebagai bahan pakan. Komponen senyawa yang mempunyai aktivitas antibakterial dari *Chaetoceros* adalah golongan asam lemak (Metting & Pyne 1986).

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan dua tahapan meliputi proses kultur mikroalga *C. calcitrans* skala laboratorium dan studi kepustakaan atau *literature review*. Proses kultur *C. calcitrans* dilakukan di Laboratorium Riset Farmasi Universitas Islam Bandung. Perkembangan biomassa diamati dengan melihat perubahan warna pada kultur dan pengukuran menggunakan *lux*. Pertumbuhan *C. calcitrans* ditandai dengan warna kultur yang semakin pekat dari sebelumnya.

Proses pencarian literatur dilakukan dengan mengakses situs resmi seperti www.researchgate.net, www.proquest.com, <http://garuda.ristekbrin.go.id> dan yang lainnya,

dengan menggunakan kata kunci “*Chaetoceros calcitrans*”, “kultur *Chaetoceros calcitrans*”, “kandungan *Chaetoceros calcitrans*”, “Uji aktivitas antibakteri *C. calcitrans*”, “mikroalga *Chaetoceros calcitrans*”, “senyawa bioaktif *Chaetoceros*”, “senyawa spesifik yang menghambat *S. aureus*”, “antibakteri *S. aureus* dari mikroalga”, “*C. calcitrans* as antibacterial”. Literatur yang dipilih harus mengandung kata kunci baik pada bagian judul, abstrak maupun pembahasan.

3 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kultur Mikroalga *C. calcitrans*

Pada saat dilakukan pengkulturan, beberapa hari pertama mengalami perubahan warna. Warna yang semakin pekat menandakan bahwa *C. calcitrans* tumbuh dan berada di fase log/eksponensial, sedangkan warna yang memudar menandakan bahwa *C. calcitrans* tidak tumbuh atau mengalami fase lag selama beberapa hari meskipun media inokulum sebelumnya sama dengan media kultur yang baru. Fase adaptasi dapat terjadi karena faktor seperti keadaan lingkungan yang berbeda dan umur kultur yang digunakan sebagai inokulum.

Tabel V.1. Tabel Hasil Pengamatan Laboratorium Budidaya Kultur *C. calcitrans*

No	Hari ke-	Warna	Suhu (°C)
1.	0	Coklat keemasan	24
2.	1	Sedikit memudar, kuning bening	23
3.	2	Memudar, kuning	24
4.	3	Mulai kembali pekat, kuning pekat	24
5.	4	Kuning kecoklatan	24
6.	5	Coklat	24
7.	6	Sangat pekat, coklat	23

Tabel V.2. Media Kuntur Mikroalga *C. calcitrans*

No	Media	Hasil	Pustaka
1.	Guillard	Mengalami pertumbuhan langsung menuju fase log, tidak ada fase lag	Setyaningsih dkk, 2008
		Mengalami fase lag, ada puncak pertumbuhan pada hari ke-6	Trikuti, 2015
2.	Medium	Laju pertumbuhan relatif dan waktu generasi yang lebih	Salim, 2018

Pada hari ke-0 atau saat inokulum dikultur warnanya masih coklat keemasan karena pada saat itu belum terjadi pembelahan sel. Hari pertama dan kedua kultur mulai terlihat adanya perubahan warna menjadi sedikit pudar, perubahan tersebut terjadi karena adanya fase adaptasi/lag dimana *C. calcitrans* yang dikultur memerlukan waktu untuk mengenali lingkungannya yang baru meskipun media kulturnya sama dengan media sebelumnya. Maka dari itu faktor lingkungan berpengaruh. Warna mulai kembali pekat pada hari ke-3 sampai hari ke-6 warnanya semakin pekat, dimana warna tersebut menunjukkan bahwa *C. calcitrans* berada di puncak pertumbuhannya atau biasa disebut fase log.

Pada hari ke-6 dilakukan proses pemanenan dan kultur kembali untuk dijadikan sebagai inokulum. Fenomena ini sama seperti yang diungkapkan oleh Schlegel & Schmidt (1994) menjelaskan bahwa biasanya pada hari ke-6 inokulum berada pada fase log dimana terjadinya peningkatan jumlah sel yang begitu cepat dimana pembelahannya maksimal dan konstan. Fase log juga merupakan fase terbaik untuk dilaksanakannya proses panen dikarenakan pada fase ini kondisi mikroalga berada dalam kondisi yang paling optimal, sehingga kandungan nutrisi dalam selnya sangat tinggi (Kawaroe *et al.*, 2010).

C. calcitrans juga dapat tumbuh di media lain, asalkan mengandung unsur hara makro dan mikro sebagai nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *C. calcitrans*. salah satu unsur yang penting adalah adanya kandungan silikat. Silikat merupakan unsur makro yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan dalam pembentukan dinding selnya agar memiliki ketahanan yang tinggi terhadap tekanan lingkungan (Umiatun *et al.* 2017). Beberapa alternatif media kultur yang dapat digunakan untuk proses pembudidayaan *C. calcitrans* dapat dilihat pada tabel V.2:

	<i>Bold's Basal</i>	cepat yaitu hari ke-2 dan puncaknya hari ke-9. Adanya fase lag selama 1 hari,	
3.	Estrak Tauge	Mulai masuk fase eksponensial/log dari hari ke-2. Adanya kepadatan populasi dimulai pada hari ke 5 dan 6, warna coklat kekuningan karena adanya fase lag atau adaptasi	Mahendra, 2015
4.	Conway + Vitamin	Fase lag selama 2 hari. Pertumbuhan terjadi pada hari ke-3 dan signifikan sampai hari ke 11	Rizki, 2012
5.	NPSi + FeCl3	Peningkatan konsentrasi biomassa dan kandungan protein.	Putra, 2017
6.	NPSi	Tidak ada fase adaptasi, puncak pertumbuhan pada hari ke-6	Trikuti, 2015
7.	Walne	Mengalami fase log selama 1 hari, kemudian mengalami fase log. Pertumbuhan kurang stabil.	Trikuti, 2015

Pada media yang sama yaitu Guillard, terdapat kultur yang mengalami fase lag dan tidak. Penggunaan inokulum yang digunakan diambil pada saat fase eksponensial/log akan mempersingkat fase adaptasi/lag yang terjadi. Jenis mikroalga yang dibudidayakan disesuaikan dengan media dan beberapa faktor lingkungan, suhu, warna lampu yang digunakan, lamanya penyinaran, pH, dan salinitas akan menentukan keberhasilan teknik kultur (Betawati *et al.*, 2005). Namun seperti diketahui *C. calcitrans*. memiliki fase adaptasi yang relatif lebih cepat dibandingkan fitoplankton jenis lain (Sutomo, 2005).

Mikroalga *C. calcitrans* mampu tumbuh pada suhu sekitar 20-30 °C dan akan optimal pada 28-30 °C (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995), suhu yang digunakan pada saat kultur adalah sekitar 23-24 °C sehingga *C. calcitrans* masih dapat tumbuh. Suhu ini pada saat penelitian diusahakan untuk tetap dengan selalu mengganti air es (sebagai pengganti AC) setiap 4-5 jam sekali, hal tersebut dilakukan karena lingkungan pada saat kultur harus dikendalikan agar pertumbuhannya maksimal. Jika suhu media menurun maka akan menurunkan laju pertumbuhan *C. calcitrans* dan bila suhu melebihi maksimum maka akan menyebabkan kematian.

Selain intensitas cahaya dan panjang gelombang, lama penyinaran juga mempengaruhi pertumbuhan sel mikroalga. Lama Penyinaran yang dilakukan dilaboratorium adalah selama 24 jam dengan menggunakan lampu neon. Penelitian yang dilakukan oleh Sen & Kocer (2005), menghasilkan bahwa jumlah sel maksimum dalam pertumbuhan *Chlorella vulgaris* dengan penyinaran 24 jam adalah 10000×10^6 sel/ml sedangkan kultivasi dengan lama penyinaran 12 jam hanya mencapai 1400×10^6 sel/ml. Warna

cahaya lampu yang digunakan untuk penyinaran juga mempengaruhi pertumbuhan *C. calcitrans*. Cahaya warna putih menghasilkan kepadatan populasi tertinggi bila dibanding cahaya warna kuning, biru, merah dan hijau (Sopian, 2019). Cahaya dari lampu ini merupakan pengganti sinar matahari yang digunakan untuk proses fotosintesisnya. pH optimal untuk pertumbuhan *C. calcitrans* adalah antara 7-9 (Renaund *et al.*, 1991), dan pH pada saat proses kultur dilakukan pada rentang pH 8,1-8,4. Penurunan dan peningkatan pH akan berpengaruh terhadap metabolisme dan pertumbuhan mikroalga dalam mengubah keseimbangan nutrisi (Suriawiria, 2005). Derajat keasaman (pH) berpengaruh terhadap aktivitas enzim dalam sel, apabila terjadi peningkatan pH maka enzim akan menjadi inaktif dan kecepatan pertumbuhan akan menurun.

Pemanenan biomassa dilakukan dengan cara filtrasi. Filtrasi dilakukan untuk memisahkan biomassa sel dengan cairan mediumnya. Produk yang diambil adalah komponen aktif yang memiliki sifat antibakteri, Trianti (1998) menunjukkan bahwa senyawa antibakteri dari mikroalga dihasilkan pada fase logaritmik akhir dan stasioner. Sebelum disaring alga yang dipanen diendapkan terlebih dahulu dengan menggunakan tawas, setelah itu baru disaring dengan menggunakan kain *screen* t180. Penggunaan kain *screen* sebagai penyaring biomassa alga dikarenakan ukuran *C. calcitrans* yang sangat kecil sehingga diperlukan alat saring yang kerapatannya sangat rapat yang nantinya biomassa yang disaring tidak lolos. Untuk menghilangkan tawas yang ada maka biomassa dibilas dengan aquadest, lalu kemudian dikeringkan dengan cara di oven ataupun menggunakan *waterbath* sehingga diperoleh biomassa kering. Karena mengandung klorofil dan karoten, biomassa yang dihasilkan

berwarna hijau kecoklatan. Adanya kandungan pigmen karoten mengakibatkan *Chaetoceros* berwarna kuning kecoklatan (Borowitzka 1988).



Gambar 3. Pemanenan *C.calcitrans* yang diendapkan dengan tawas



Gambar 4. Biomassa kering *C.calcitrans*

Kandungan Senyawa *C. calcitrans*

Chaetoceros calcitrans berdasarkan beberapa penelitian, diketahui positif mengandung metabolit penting yang memiliki manfaat, salah satu kandungan senyawa tersebut dapat membuat *C. calcitrans* memiliki potensi sebagai antibakteri seperti pada tabel V.3:

Tabel V.3. Kandungan Senyawa di Dalam *C. calcitrans*

No	Pustaka	Kandungan Senyawa
1.	Maftuch, 2018	Terpenoid
2.	Seraspe <i>et al</i> , 2011	Terpenoid
3.	Setyaningsih, 2008	Asam lemak, fukosantin
4.	Setyawan, 2019	Triterpenoid, flavonoid
5.	Okunowo, 2016	Flavonoid, tannin, terpenoid, steroid

C. calcitrans memiliki kandungan metabolit terpenoid yang diketahui merupakan senyawa yang paling banyak ditemukan, contohnya adalah karotenoid yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan Aryandani (2010). Komponen senyawa terpenoid lain yang terdapat didalam *C. calcitrans* diantaranya *diterpene-benzoate bromophycolides* diketahui mampu menghambat pertumbuhan bakteri (Sumardjo, 2008). Uji steroid/terpenoid pada sampel *Chaetoceros* dengan hasil yang positif ditandai dengan adanya warna hijau dengan menggunakan pereaksi Liebermann-Burchard (Harbone, 1987). Senyawa lainnya yang ditemukan dalam *C. calcitrans* adalah flavonoid. Flavonoid ini merupakan pigmen warna yang biasanya ada pada tumbuhan terutama pada buah dan sayur dengan warna kuning, kuning jeruk dan merah.. Pengujiannya positif ditandai dengan larutan yang menjadi berwarna merah setelah sampel ditambahkan air Tabel V.4. Potensi Mikroalga Sebagai Antibakteri *S. aureus* dan Bakteri lain

panas dan H_2SO_4 (Kristiono, 2009).

Fukosantin yang terkandung juga merupakan pigmen warna yang dimiliki oleh *C. calcitrans* (Renhoran *et al*, 2017) yang berperan dalam proses fotosintesis (Azizah *et al*, 2018). Labeau & Robert (2003) dalam Pratiwi *et al*. (2009), bahwa cadangan makanan diatom paling besar disimpan dalam bentuk lemak, sehingga dapat dijadikan sumber asam lemak yang potensial, khususnya PUFA. Didalam genus *Chaetoceros* senyawa golongan asam lemak diketahui juga aktif sebagai antibakteri (Wang, 1999). Asam lemak mampu menembus sel dan mengganggu sintesis membrane sel (Ramadhan *et al*, 2008).

Potensi Mikroalga yang Memiliki Aktivitas Antibakteri Terhadap *S. aureus*

Beberapa mikroalga diketahui memiliki aktivitas sebagai antibakteri dapat seperti yang tercantum pada tabel V.4:

No	Alga	Kandungan Senyawa metabolit	Aktivitas Antibakteri <i>S. aureus</i>	Bakteri lain yang mampu diinhibisi	Pustaka
1.	<i>Chaetoceros sp.</i>	Terpenoid, asam	+	<i>B. subtilis</i> , <i>E. coli</i> , <i>A.</i>	Maftuch,2018 :

		lemak, flavonoid		<i>salmonicida</i> , dan <i>V. harveyi</i>	Seraspe, 2011 ; Okunowo, 2016
2.	<i>Chlorella sp.</i>	Tanin, steroid, karotenoid	+	<i>E. coli</i> , <i>A. hydrophyla</i> , <i>P. aeruginosa</i> dan <i>Vibrio harveyi</i>	Hartini, 2010
3.	<i>Thalassiosira sp.</i>	Senyawa lipid dan asam lemak	+	<i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Propionibacterium acne</i>	Anggraeni, 2019
4.	<i>Dunaliella salina</i>	Asam lemak, terpenoid	+	<i>E. coli</i>	Agustini, 2012
5.	<i>Nannochloropsis sp.</i>	asam lemak	+	<i>E. coli</i>	Agustini, 2018

Ket: + = adanya potensi/aktivitas antibakteri

Dua senyawa yang diduga memberikan kemampuan terhadap setiap alga dalam menghambat pertumbuhan bakteri diantaranya adalah terpenoid dan asam lemak. Mekanisme kerja dari senyawa terpenoid yang digunakan sebagai antibakteri adalah merusak protein dengan cara membentuk ikatan polimer kuat diluar dinding sel (Cowan, 1999). Agustin (2005) menjelaskan senyawa terpenoid mengakibatkan terjadinya interaksi dengan dinding sel serta meningkatnya permeabilitas mikroorganisme sehingga terjadi perubahan keseimbangan muatan dan struktur protein yang mengakibatkan terjadinya koagulasi dan pertumbuhan yang terlambat pada sel atau sel menjadi rusak. Secara keseluruhan hampir semua mikroalga dalam penelitian tersebut memiliki kandungan asam lemak, dan asam lemak ini memiliki sifat sebagai antimikroba meskipun aktivitasnya sangat kecil, Zheng et al. (2005) menyatakan bahwa aktivitas antibakteri dari asam lemak tidak jenuh rantai panjang sudah diketahui dari beberapa tahun yang lalu. Berdasarkan hal tersebut dapat diduga senyawa asam lemak yang dikandung oleh *C. calcitrans* memiliki aktivitas antibakteri.

Adanya kemiripan senyawa yang terkandung didalam *C. calcitrans* dengan alga lain yang memiliki potensi antibakteri terhadap *S. aureus*, maka akan dapat dipastikan bahwa *C. calcitrans* memiliki potensi untuk dikembangkan dan dijadikan sebagai salah satu sumber antibakteri.

4 KESIMPULAN

Chaetoceros calcitrans memiliki potensi untuk dibudidayakan dalam skala laboratorium, dimana *C. calcitrans* tumbuh dengan baik dalam media

Guillard dan menghasilkan biomassa kering meskipun hasilnya sedikit. *Chaetoceros calcitrans* juga berpotensi sebagai antibakteri, secara umum mengandung senyawa terpenoid dan asam lemak seperti pada mikroalga lain yang diketahui berperan aktif sebagai antibakteri terutama pada bakteri *S. aureus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D. W. (2005). Perbedaan khasiat antibakteri bahan irigasi antara hidrogen peroksida 3% dan infusum daun Sirih 20% terhadap bakteri mix. Maj. Ked. Gigi. (Dent. J.). 38(1): 45–47.
- Anderson, R.A. (2005) The Provasoli-Guillard National Center for Culture of Marine Phytoplankton: Past, Present and Future. Tokay Univ. Press.
- Aryandani Y. (2010). Kandungan pigmen karoten mikroalga *Chaetoceros gracilis* yang berpotensi sebagai antioksidan pada kondisi kultur yang berbeda. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Azizan, A., Safwan, M., Bustamam, A., Maulidiani, M., Shaari, K., Ismail, I.S., Nagao, N. & Abas, F. (2018). Metabolite Profiling of the Microalgal Diatom *Chaetoceros calcitrans* and Correlation with Antioxidant and Nitric Oxide Inhibitory Activities. Mar. Drugs, 16(154): 1-19. doi: 10.3390/md16050154.
- Betawati N P, Dini D, Ratna Y. (2005). Pertumbuhan *Chorella sp.* dalam Medium

- Ekstrak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal. Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia. Vol. 9; 7 hal.
- Borowitzka, M. A. dan Lesley, J. B. (1988). *Microalgae Biotechnology*. London: Cambridge University Press.
- Cowan, M.M. (1999). *Plant Products as Antimicrobial Agents*. *Clinical Microbiology Reviews* Vol.12.
- Harborne, J.B. (1987). *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Penerbit ITB. Bandung.
- Isnansetyo, A dan Kurniastuti. (1995). *Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton Pakan Alami Untuk Pembenihan Organisme Laut*. Yogyakarta: Kanisius.
- Jawetz, E., Mulnich, J.L. and Adelberg, E, A. (2008). *Mikrobiologi Kedokteran*. Alih bahasa Huriawati hartanto. Edisi ke-23. CV. Jakarta: EGC Penerbit Buku Kedokteran.
- Kawaroe, M., Prartono, T., Sunuddin, A., Sari, S. W. (2010). *Mikroalga: Potensi dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. Bogor: PT. Penerbit IPB Press.
- Kritiono SS. (2009). Analisis mikroskopis dan fitokimia vitamin semanggi air Marsilea cretana Presl. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perairan. IPB.
- Kusuma, S. A. F. (2009). *Bakteri Staphylococcus aureus*. Jatinangor: UNPAD.
- Lee, Ban Syuhei, Ando Yasuhiro, Ota Toru and Ikeda Tsutomu. (1998). Deleterious Effect of Diatom Diets on Egg Production and Hatching Success in the Marine Copepod *Pseudocalanus newman*. Faculty of Fisheries, Hokkaido University.
- Mahendra. (2015). Laju Pertumbuhan *Chaetoceros calcitrans* Dalam Media Kultur Ekstrak Tauge Pada Skala Semi Massal. *Jurnal Perikanan Tropis*. Aceh: Universitas Teuku Umar.
- Metting, B & JW Pyne. (1986). Biologically active compounds from microalgae. *J. Enzyme Microb. Tech.*
- Okunowo, O. Wahab., Afolabi, O. Lukman., Umunnakwe, E. Ifeoma., Oyedeji, O. Abiola., and Ilesanmi, A. Joslah. (2016). GC-MS Analysis and Antimicrobial Properties of Methanolic Extracts of the Marine Algae *Skeletonema costatum* and *Chaetoceros* spp. *Biokemistri Nigerian Society for Experimental Biology*.
- Pratiwi AR, Syah D, Hardjito L, Panggabean LMG, Suhartono MT. (2009). Fatty acid synthesis by Indonesian marine diatom, *Chaetoceros gracilis*. *HAYATI Journal of Biosciences* 16 (4): 151-156.
- Putra, Wijaya. B. G. I., Anggreni, Dewi. M. A. A., Gunam, Wayan. B. I. (2017). Pengaruh Penambahan Feri Klorida pada Media NPSi terhadap Biomassa dan Kandungan Protein Mikroalga *Chaetoceros calcitrans*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*. Denpasar: UNUD.
- Ramadhan, MF., Asker, MMS., Ibrahim, ZK. (2008). Functional bioactive compounds and biological activities of *Spirulina plantesis* Lipids. *Czech: Jurnal Food Sci.* Vol. 26.
- Renaund, S., Parry, D., Thinh L-V., Kuo, C., Padovan, A. and Sammy, N. (1991). Effect of Light Intensity on the Proximate Biochemical and Fatty Acid Composition of *Isochrysis* sp. and *Nannochloropsis oculata* for use in Tropical Aquaculture. *Journal of Applied Phycology* 3(1); 43 – 53.
- Renhoran, W., Noviendri, D., Setyaningsih, I. & Uju. (2017). Ekstraksi dan Purifikasi Fukosantin dari *Sargassum* sp. sebagai Anti-Acne. *J. Pengolahan Hasil Perikan. Indonesia*.
- Rizky, Anda. Yusi., Raya, Indah., Dali, Seniwati. (2012). Penentuan Laju Pertumbuhan Sel Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans*, *Chlorella vilgaris*, Dan *Porphyridium cruentum*. Sulawesi Selatan: Universitas Hasanuddin Makassar.
- Rusyani, E. (2007). *Budidaya Fitoplankton Skala Laboratorium Dalam Budidaya Fitoplankton Dan Zooplankton*. Balai Budidaya Laut Lampung. Direktorat Jendral Perikanan Budidaya Departemen Kelautan Dan Perikanan.
- Salim, Marniati., Dharma, A., Putri, W. A. (2018). Studi Karakteristik Pertumbuhan Empat Jenis Species Mikroalga Dan Uji Aktivitas Antimikroba. *Jurnal Zarah*. Padang: Universitas Andalas.
- Schlegel, H.G., dan Schmidt, K. (1994). *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: UGM Press.

- Sen, B., Alp, M., Kocer, MAT. (2005). Studies on Growth of Marine Microalgae in Vatch Culture: H. *Isochrysis galbana* (Haptophyta). *Asian Journal of Plant Sciences*.
- Setyaningsih, I., Hardjito, L., Monintja, DR., Sodita, MF., Bintang, M., Lailati, N., Panggabean, L. (2008). Ekstraksi Senyawa Antibakteri dari Diatom *Chaetoceros gracilis* dengan Berbagai Metode. *Jurnal Biologi Indonesia* 5. Bogor: IPB.
- Sopian, Topan., Junaidi, Muhammad., Azhar, Fariq. (2019). Laju Pertumbuhan *Chaetoceros* sp. Pada Pemeliharaan Dengan Pengaruh Warna Cahaya Lampu Yang Berbeda. *Jurnal Kelautan*. NTB: Universitas Mataram.
- Sudjiharno. (2002). *Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton*. Lampung: Departemen Kelautan dan Perikanan Dirjen Perikanan Budidaya, Balai Budidaya Laut Lampung.
- Sulistyaningsih. (2011). *Metodologi Penelitian Kebidanan, Kuantitatif & Kualitatif*. Edisi Pertama, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suriawiria, U. (2005). *Mikrobiologi Air Dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung: PT. Alumni.
- Sutomo. (2005). *Kultur Tiga Jenis Mikroalga (Tetraselmis sp., Chlorella sp. dan Chaetoceros gracilis) dan Pengaruh Kepadatan Awal Terhadap Pertumbuhan C. gracilis di Laboratorium*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Indonesia.
- Trianti R. (1998). *Ekstraksi dan Uji Aktivitas Senyawa Antibakteri dari Mikroalga Chlorella sp.* Bogor: IPB.
- Trikuti, I. K., Anggreni A. A. M. D dan Gunam I. B. W. (2015). Pengaruh jenis media terhadap konsentrasi biomassa dan kandungan protein mikroalga *Chaetoceros calcitrans*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. Denpasar: UNUD.
- Umiatun, S., Carmudi dan Christiani. (2017). Hubungan Antara Kandungan Silika dengan Kelimpahan Diatom Bentik di Sepanjang Sungai Selus Kabupaten Banyumas. *Scripta Biologica*. Vol. 4 (1): 61-67.
- Wang JK. (1999). Antibacterially active extracts from the marine algae *Chaetoceros* and methods of use. US Patent. 5.866.150.
- Zheng, L., H, Chen., X, Han., W, Lin., and X, Yan. (2005). Antimicrobial screening and active compound isolation from marine bacterium NJ6-3-1 associated with the sponge *Hymeniacion perleve*. *W. J. Microbiology and Biotechnologi*.