

## Potensi Mikroalga sebagai Sumber Pangan Fungsional di Indonesia (overview)

### Potency of Microalgae as Source of Functional Food in Indonesia (overview)

M.M. Azimatun Nur<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta,  
Jl. SWK 104 Condongcatur Sleman, Yogyakarta, 55283, Indonesia

#### Artikel histori :

Diterima 3 July 2014  
Diterima dalam revisi 14 Agustus 2014  
Diterima 11 September 2014  
Diterima Online 28 Desember 2014

**ABSTRAK:** Kasus malnutrisi di Indonesia terus naik. Diperlukan pengembangan sumber pangan fungsional yang dapat diproduksi secara cepat, feasible, sustainable, dan memenuhi kebutuhan nutrisi bagi masyarakat. Mikroalga adalah tanaman bersel satu yang tumbuh di air dan menggunakan reaksi fotosintesis untuk menghasilkan biomassa. Mikroalga seperti *Spirulina platensis* memiliki kandungan protein yang tinggi. Mikroalga ini juga memiliki kandungan vitamin serta mineral yang berguna bagi kesehatan tubuh. Potensi produksi mikroalga di Indonesia cukup tinggi mengingat daerah di Indonesia dilalui garis khatulistiwa dan memiliki kondisi lingkungan yang bagus. Trend kedepan, diprediksi bahwa Indonesia mampu memproduksi mikroalga dalam jumlah yang cukup besar, dengan biaya lebih murah, dan produk yang dihasilkan dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat Indonesia.

**Kata Kunci:** Malnutrisi di Indonesia; Mikroalga; Pangan fungsional

**ABSTRACT:** Cases of malnutrition in Indonesia continues to increase. It is needed to develop functional food source that is capable to be produced in rapid, feasible, sustainable, and meets the nutritional demand for the country. Microalgae is a type of single-celled plants, live in water by using photosynthesis to produce biomass. Microalgae such as *Spirulina platensis* has a high protein content. It contains vitamins and pigments that is useful to the body. The potential of microalgae production in Indonesia is high considering that Indonesia is passed by the equator line and has a supporting environment. Trends in the future, it is expected Indonesia could produce microalgae at high mass scale, at a cheap price and can be applied in everyday life.

**Keywords:** Malnutrition in Indonesia; Microalga; Functional Food.

#### 1. Pendahuluan

Beberapa tahun terakhir, dunia mengalami gejolak krisis pangan, energi, dan air bersih. Banyak negara besar mengalami penurunan angka pendapatan, sementara populasi penduduk semakin meningkat. Krisis di Eropa, Amerika, dan beberapa negara belahan lain memberikan dampak secara tidak langsung kepada kebutuhan pangan dunia, termasuk Indonesia. Harga pangan semakin naik seiring kenaikan beberapa bahan baku lainnya.

Unicef (2012) melaporkan bahwa kemiskinan anak di Indonesia berkisar 44,4 juta atau lebih dari 50% seluruh anak. Hal ini menjadi suatu acuan bahwa kemiskinan di Indonesia masih lumrah terjadi di sekitar kita, terutama akses untuk mendapatkan pangan fungsional yang mampu memberikan gizi bagi kesehatan anak cenderung terbatas.

Untuk kasus di Jawa Timur dan NTT, tren gizi buruk masih terus meningkat setiap tahun. Bahkan pada tahun 2010, kasus gizi buruk di Jawa Timur meningkat sampai 14.720 temuan kasus pada anak-anak. Hal ini cukup dapat menjadi suatu gambaran bahwa kebutuhan gizi untuk balita dan anak-anak di Indonesia masih kurang. Sehingga diperlukan langkah tepat dalam pemenuhan sumber makanan bergizi yang murah, mudah didapat serta memiliki kandungan gizi yang sesuai untuk pertumbuhan balita di Indonesia (Gizinet, 2011).

#### 2. Mikroalga sebagai Pangan Fungsional

Mikroalga sebagai stok pangan sebenarnya sudah lama digunakan oleh bangsa China. Mikroalga yang digunakan umumnya adalah *Arthospira*, *Nostoc*, dan *Aphanizamenon*

\*Corresponding Author: +12-2345678; fax : +2345 678910  
Email: lanaazim@upnyk.ac.id

lebih dari 2000 tahun yang lalu. Diketahui juga bawah bangsa Aztec telah mengkonsumsi *Spirulina* pada abad 14-16. Produksi mikroalga sebagai stok pangan mulai digalakkan secara masiv ketika perang dunia kedua, di mana Jepang, Amerika, dan Jerman waktu itu sedang menghadapi krisis. (Potvin & Zhang, 2010).

Sampai saat ini mikroalga masih digunakan oleh masyarakat sebagai sumber protein, vitamin, dan mineral, dan lebih dikenal sebagai pangan fungsional. Dibandingkan dengan sumber lain seperti yeast maupun fungi, mikroalga memiliki keunggulan di aspek keamanannya. Jika di bandingkan dengan protein bersel tunggal yang bersumber dari mamalia, mikroalga lebih unggul di bidang efisiensi dan kemudahan dalam produksinya.

**Tabel 1.** Jenis mikroalga yang berpotensi untuk pangan\*

Mikroalga	Protein	karbohidrat	Lipid
<i>Anabaena cylindria</i>	43-56	25-30	4-7
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	62	23	3
<i>Chlamydomonas rheinhardii</i>	48	17	21
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7
<i>Synechococcus sp.</i>	63	15	11

\*)Sumber (Becker, 2007)

Mikroalga yang sering dibudidayakan adalah alga hijau jenis *Chlorella sp*, *Scenedesmus obliquus*, alga merah seperti *Dunaliella Salina* dan jenis cyanobacteria *Spirulina sp*. *Chlorella sp* sebagai contoh berbentuk spherical, eukariotik, uniseluler dengan diameter 5-10 mikrometer. *Scenedesmus* hampir sama dengan *Chlorella* namun terdiri dari 4 koloni sel.

Mikroalga sebagai sumber protein maupun sebagai sumber pangan telah lama diketahui, dan berdasarkan informasi serta penelitian para ahli, mikroalga yang berbasis pangan tidak memberi efek negatif bagi tubuh meski dikonsumsi secara rutin dalam jangka waktu lama maupun singkat.

Dalam hubungannya dengan pangan fungsional, mikroalga dapat dimasukkan dalam klasifikasi ini mengingat mikroalga dapat berfungsi sebagai penyedia sumber protein, karbohidrat, dan lemak alami yang bermanfaat dalam penyediaan energi dalam tubuh. Namun lebih jauh lagi, mikroalga juga mampu berfungsi sebagai sumber vitamin, dan bahkan memberikan efek penyembuhan dan detoksifikasi dalam tubuh.

Beberapa mikroalga bahkan digunakan sebagai sumber obat-obatan, dan dimanfaatkan dalam industri farmasi. Dalam beberapa tahun belakangan, beberapa industri farmasi telah banyak memanfaatkan mikroalga berbasis farmasi untuk keperluan tertentu. Sebagai contoh adalah mikrolaga jenis *Isochrysis galbana* dapat digunakan sebagai sumber bioaktif untuk penyembuhan penyakit tuberkulosis (Prakash & Bhimba, 2004). Mikroalga sebagai

sumber vitamin juga dapat diaplikasikan dalam skala besar. *Dunaliella salina* adalah mikroalga merah yang memiliki kandungan beta karotin yang tinggi. beta karotin digunakan sebagai obat peredam nyeri kanker payudara, sebagai obat mata, pencegah penyakit kulit yang mudah iritasi bila terkena sinar matahari, sebagai pencegah penyakit bronkitis, peredam nyeri ketika melahirkan dan sebagainya.

## 2.1. Mikroalga sebagai Sumber Protein

Dalam kurun dekade belakangan ini mikroalga dapat dijumpai di pasaran dalam bentuk tablet, kapsul, minuman kaleng, permen, dan dicampur dalam pangan lain untuk meningkatkan nilai nutrisi dan rasanya. Mikroalga yang sering dijumpai adalah dari jenis *Arthosphira*, *Chlorella*, *D. salina*, dan *A. phanizomenon flos-aquae*.

**Tabel 2.** Kandungan Mikroalga dibanding Sumber Lain\*

Nama spesies	Protein	Karbohidrat	Lipid
Bakteri	47-86	2-36	1-39
Kapang	13-61	25-69	1-30
Telur	49	3	45
<i>D. salina</i>	57	32	6
<i>S. platensis</i>	46-70	8-14	4-9
<i>C. vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22

\*)Sumber (Panggabean, 1998)

Tabel 2 menunjukkan perbandingan kadar protein, karbohidrat dan lipid dari mikroalga yang diproduksi komersial dibanding sumber makanan lain. *S. platensis* (*Arthosphira*) merupakan mikroalga dengan protein tertinggi dibanding sumber lain. *Arthosphira*, atau yang sering disebut sebagai *Spirulina*, digunakan sebagai pangan karena nilai nutrisi dari proteinnya yang cukup tinggi. Lebih jauh lagi, mikroalga ini memiliki senyawa yang dapat menyehatkan tubuh. Diantaranya adalah: mengurangi risiko hiperlipidemia, hipertensi, menjaga dari penyakit gagal ginjal, meningkatkan kinerja lactobasilus dalam tubuh. Salah satu produsen *Arthosphira* terbesar di dunia adalah Hainan Simai Enterprising yang terletak di provinsi Hainan di China dengan produksi 200 ton bubuk *Spirulina*. Produksi ini hampir mencapai 10% dari pasar *Spirulina* di dunia. Sedangkan plant terbesar *Arthosphira* terletak di Calipatria, Amerika, dengan area produksi 440,000 m<sup>2</sup>.

Produksi mikroalga sebagai pangan terbesar lainnya adalah dari jenis *Chlorella* dengan lebih dari 70 produsen di dunia. *Chlorella* digunakan sebagai sumber pangan karena kaya akan protein, selain itu juga dapat digunakan sebagai senyawa aditif. Salah satu produsen *Chlorella* terbesar adalah Taiwan *Chlorella Manufacturing and Co*, dengan produk 400 ton biomas kering per tahun. Produsen besar lainnya adalah Klotze, Jerman, dengan produksi antara 130-150 ton per tahun menggunakan sistem pembiakan photobioreaktor.

## 2.2. Mikroalga sebagai Sumber Vitamin

Selain menjanjikan sebagai sumber pangan, mikroalga juga dapat digunakan sebagai sumber vitamin yang baik digunakan sebagai asupan tambahan yang diperlukan oleh tubuh. Salah satu mikroalga yang dapat mensintesis

senyawa alami menjadi sumber vitamin adalah jenis *Spirulina*, *Nanochloropsis*, *Chlorella*, dan beberapa jenis mikroalga lainnya.

**Tabel 3.** Perbandingan komponen vitamin pada hati, bayam dan mikroalga\*

Vitamin	Rekomendasi (mg/hari)	Hati sapi	Bayam	1	2	3
Vitamin A	1.7	360	130	225	230	480
Thiamin	1.5	3	0.9	44	8	10
Riboflavin	2.0	29	1.8	37	36.6	36
Pyridoxine	2.5	7	1.8	3	2.5	23
Cobalmin	0.005	0.65	-	7	0.4	0.02
Vitamin C	50	310	470	80	20	-
Vitamin E	30	10	-	120	-	-
Biotin	-	1	0.07	0.3	0.2	0.15
As. folat	0.6	2.9	0.7	0.4	0.7	-

Ket: basis sampel dalam (mg/kg) 1=*Spirulina platensis*, 2=*Scenedesmus obliquus* 3=*Chlorella phyronoidosa*

\*Sumber : Becker, (1994)

Berdasarkan penelitian Durmaz, (2007), *Nanochloropsis* dapat dimanfaatkan sebagai sumber vitamin E dengan memodifikasi kondisi pertumbuhannya. *Nanochloropsis oculata* adalah mikroalga air laut uniseluler dari kelas *Eustigmatophyceae*. Mikroalga lain seperti *Spirulina* juga dapat menyediakan vitamin B12. Perbandingan kandungan vitamin pada mikroalga dan sumber lain tersaji pada Tabel 3.

### 2.3. Mikroalga sebagai Sumber Pigmen Alami

Mikroalga merupakan sumber pigmen alami yang aman digunakan sebagai zat aditif maupun dalam kosmetik. Beberapa mikroalga dapat menghasilkan pigmen selain dari pigmen hijau yang dihasilkan dari proses fotosintesis. Beberapa pigmen yang umum digunakan dalam industri adalah klorofil, phycobiliprotein dan karotenoid.

Klorofil dapat dijumpai di hampir semua mikroalga, dan tersusun atas lebih dari satu jenis klorofil, seperti klorofil-a, klorofil-b, klorofil-c, -d dan -e. klorofil-a adalah klorofil primer yang hampir dijumpai di sebagian besar mikroalga, dan merupakan satu satunya klorofil yang dimiliki mikroalga jenis cyanobacteria serta rhodophyta.

Selain dapat digunakan sebagai pewarna pada farmasi, senyawa turunan dari klorofil juga dapat digunakan sebagai produk kesehatan. (Ferruzi & Blakeslee, 2007). Penelitian dari *Netherlands Cohort Study* menyatakan bahwa dengan mengkonsumsi klorofil dapat menurunkan risiko terkena kanker (Balder *et al.*, 2006).

Sumber pigmen lainnya adalah fikosianin. Fikosianin merupakan pigmen biru yang kebanyakan ditemui pada jenis cyanobacteria. Lebih jauh lagi, fikosianin dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan, anti-kanker, dan pewarna pada industri farmasi, permen, soft drink, kosmetik, dan beberapa industri berbasis bioteknologi lainnya. Biaya untuk ekstraksi fikosianin diperkirakan mencapai 0.13 US\$ per mg untuk skala food grade. Sedangkan untuk skala analitis mencapai 15 US\$ per mg. Banyak metode ekstraksi yang dapat digunakan untuk

memisahkan fikosianin dari biomasanya. Proses yang biasa digunakan adalah dengan ekstraksi menggunakan solven air, bahan kimia, maupun dengan pemisahan menggunakan membran.

Beta karotin juga merupakan pigmen alami yang sering dimanfaatkan dalam range yang lebih luas. Pigmen kuning kemerahan ini biasa dijumpai pada buah buahan, dan sayuran. Sedangkan pada mikroalga, beta karotin dapat ditemukan pada beberapa spesies dari alga merah seperti *Dunaliella Salina* yang dapat menghasilkan betakarotin sampai 17% berat kering. Beta karotin dari mikroalga ini dapat dimanfaatkan dalam tiga kategori yakni dalam industri farmasi, industri pangan, dan industri kosmetik (termasuk dalam jenis fine chemical). Beta karotin alami memiliki kandungan karotenoid yang kompleks dan nutrisi esensial dibandingkan dengan beta karotin buatan. Beta karotin dapat dikonsumsi dalam kuantitas yang lebih banyak. (Olson & Krinsky, 1995). Beta karotin dapat meningkatkan penampilan produk pangan dan minuman seperti margarin, keju, jus, makanan kalengan, dan sebagainya. Salah satu produsen *Dunaliella* terbesar di dunia adalah Parry's agro Ltd di India untuk skala farmasi. Perusahaan lain yang memproduksi *Dunaliella* adalah ABC Biotech Ltd di Tamil, Nadu.

### 2.4. Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroalga

Faktor pertumbuhan mikroalga mempengaruhi hasil biomassa, maupun jenis produk yang diinginkan. Terkadang biomassa yang sedikit menghasilkan produk yang diinginkan dalam jumlah banyak, untuk itu diperlukan optimasi komposisi yang seimbang antara banyaknya biomassa dan banyaknya produk dalam biomassa mikroalga. Beberapa faktor penting bagi produksi mikroalga skala massal di antaranya (1) intensitas cahaya, (2) suhu, (3) media pertumbuhan (4) pH, dan (5) salinitas (Hadiyanto & Azim, 2012).

Beberapa penelitian menyatakan bahwa salinitas mempengaruhi pertumbuhan dan akumulasi pigmen yang terbentuk. Lamela (2000) melakukan penelitian mengenai produksi pigmen phycocyanin dari *Spirulina maxima* yang dibudidayakan di air laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi salinitas media, maka akumulasi pigmen phycocyanin akan semakin meningkat, sedangkan pigmen *chlorophyll-a* menurun. Sedangkan dari segi produksi biomassa, *Spirulina* yang dibudidayakan di salinitas yang lebih tinggi memiliki laju pertumbuhan yang lebih rendah. Hal ini dapat dipengaruhi faktor stress atau faktor yang tidak ideal bagi mikroalga untuk tumbuh karena kadar garam yang terlalu tinggi, atau faktor lain seperti logam beracun di dalam air laut, sehingga mikroalga cenderung mengakumulasi pigmen biru untuk melindungi pigmen hijau selama proses fotosintesis (Tredici *et al.*, 1986; Wu *et al.*, 1993; Shalaby *et al.*, 2010). Sebaliknya, jika *Spirulina* dibudidayakan di alir payau atau dengan air dengan salinitas rendah, maka kandungan pigmen hijaunya akan semakin banyak (Materassi *et al.*, 1984; Olguin *et al.*, 1994; Leema *et al.*, 2010). Pengaruh salinitas ini dapat

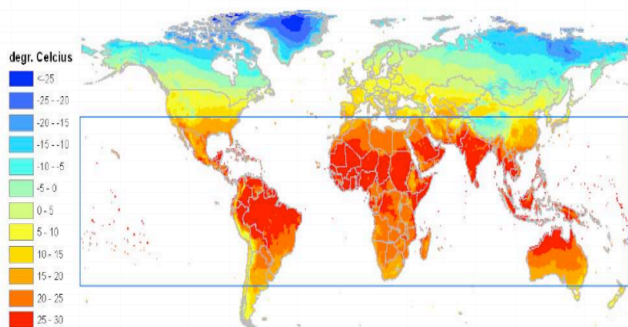
menjadikan tolak ukur dalam produksi skala massal *Spirulina* apakah produk tersebut difungsikan sebagai mikroalga yang kaya pigmen biru, atau lebih dominan pigmen hijau.

Faktor lain yang juga mempengaruhi pigmen adalah komposisi media. Media pertumbuhan yang mengandung jumlah nitrogen sedikit cenderung mempengaruhi mikroalga membentuk pigmen beta karotin dan astaxanthin yang berfungsi dalam detoksifikasi tubuh manusia dari racun. Pigmen tersebut juga berfungsi melindungi klorofil dari kerusakan selama proses fotosintesis (Sujatha & Nagarajan, 2013). Namun seiring penurunan kadar nitrogen dalam media, maka laju pertumbuhan mungkin akan berkurang, mikroalga akan cenderung membentuk kadar lipid yang lebih tinggi untuk menyimpan cadangan makannya (El-Baky *et al.*, 2003; Widjaja *et al.*, 2009).

### 3. Mikroalga sebagai Pangan Fungsional Nasional

Indonesia merupakan negara tropis yang dilalui garis khatulistiwa dan hanya memiliki dua musim, yakni musim kemarau dan musim hujan. Kondisi ini membuat tanaman fotosintesis, termasuk mikroalga, dapat tumbuh subur karena mendapat sinar matahari yang cukup, yakni rata-rata 12 jam per hari untuk area. Selain itu potensi laut yang ada di Indonesia membuat potensi mikroalga ini menjadi semakin besar jika dibudidayakan di sekitar daerah pantai.

Batten *et al.* (2011) menjabarkan bahwa Indonesia merupakan negara ketiga di anggota APEC yang memiliki potensi cukup besar dalam produksi mikroalga. Dalam laporannya, Van Harmelen dan Oonk (2006) memaparkan bahwa wilayah negara dengan suhu di atas 15°C cenderung merupakan negara yang cocok digunakan untuk produksi mikroalga (Gambar 1).



**Gambar 1.** Potensi negara penghasil mikroalga dengan warna merah (van Harmelen & Oonk, 2006)

Lebih lanjut lagi, Wargadalam (2011) juga menjelaskan bahwa kondisi cuaca Indonesia cukup baik untuk berkembang biak mikroalga air laut, meliputi suhu, salinitas, intensitas cahaya, pasokan air, durasi pencahayaan, dan pH air. Sehingga jika produksi mikroalga air laut penghasil protein dan vitamin ini bisa dieksplorasi lebih lanjut, maka akan berpotensi memenuhi kebutuhan gizi dalam negeri.

**Tabel 4.** Perbandingan produktivitas protein beberapa komoditas

Komoditas	Rata-rata Protein (%)	Yield Rata-rata (kg/Ha/Year)	Protein Yield (kg/Ha/Year)
Lentil <sup>a</sup>	28.3	915	289
Jagung	7.8 <sup>b</sup>	9500 <sup>c</sup>	741
Kedelai	36 <sup>b</sup>	2379 <sup>c</sup>	856
<i>Spirulina platensis</i> <sup>d</sup>	65	30000	19500

Sumber: (a) William & Ashutosh, 2011 ; (b) Rishi Shukla, Munir Cheryan 2001(c) Michael D. Edgerton 2009 (d) Mateos-Aparicio *et al.* 2008; (e) Tadayoshi & Peter (2009) (f) Avigad Vonshak & Amos Richmond (1988).

Mikroalga memiliki waktu panen yang cukup cepat jika dibandingkan dengan tanaman lain. Berdasarkan Tabel 4, produktivitas dan kandungan protein dari *Spirulina platensis* cenderung tinggi dibanding komoditas lain. Namun demikian, masih diperlukan peran serta pemerintah dan swasta untuk memproduksi mikroalga untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri. Minimnya data mengenai kebutuhan konsumsi dalam negeri, serta minimnya informasi mengenai produk mikroalga sebagai pangan fungsional merupakan beberapa kendala produk tersebut cenderung tidak banyak dieksplorasi di dalam negeri. Sehingga selama ini kebutuhan mikroalga cenderung dipasok dari beberapa negara lain. Beberapa negara yang aktif memproduksi *Spirulina platensis* yakni Jepang, Tiongkok, Thailand, dan Taiwan (Avigad & Richmond, 1988).

**Tabel 5.** Biaya Operasional Produksi *Spirulina platensis*<sup>a</sup>

Produsen	Operasional rata-rata (US\$)	Kapasitas produksi (ton/tahun)	Keterangan
Siam Algae Thailand	10	100	Proses Spray dryer
Earthrise	13	90	Produksi 60 ton/thn
Sosa Texcoco	5-8	300	Drum dryer
Neoalgae	13-15	5-10	Produksi air tawar
<i>Spirulina</i> Indonesia <sup>b</sup>			

Sumber: a) data modifikasi dari Avigad & Richmond, (1988), b) data dari korespondensi Neoalgae *Spirulina* Indonesia.

Dilihat pada biaya operasi (Tabel 5), mikroalga rata-rata masih cenderung mahal sehingga masih diperlukan kajian lebih jauh jika mikroalga tersebut diinginkan sebagai komoditas utama dalam pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Avigad dan Richmond (1988) berpendapat bahwa dengan range biaya produksi 2-3\$ /kg, maka *Spirulina platensis* dapat digunakan sebagai komoditas utama dalam pemenuhan gizi sehari-hari.

### 4. Prospek Masa Depan

Mikroalga sebagai potensi sumber ketahanan pangan nasional hendaknya terus digaungkan guna meningkatkan kebutuhan gizi dalam negeri. Trend di masa depan tentang

mikroalga di Indonesia diramalkan akan terus cerah mengingat produk tersebut masih diperlukan untuk kebutuhan suplemen bagi kondumen dengan penghasilan di atas rata-rata. Saat ini harga curah untuk *Spirulina platensis* berkisar Rp.200.000-350.000/kg untuk produk impor. Untuk itu diperlukan langkah khusus dalam menurunkan biaya produksi mikroalga *food grade* tersebut agar harga menjadi lebih murah dan dapat dikonsumsi masyarakat umum.

Melihat kawasan Indonesia yang memiliki garis pantai yang besar, dimungkinkan akan banyak industri mikroalga yang tumbuh di sepanjang pantai atau daerah dengan lahan tandus yang tak mungkin ditanami tumbuhan produktif, untuk dijadikan kolam budidaya mikroalga, seperti di daerah Gunung Kidul, D.I Yogyakarta. Atau dimungkinkan produk suatu mikroalga *food grade* akan memiliki jenis spesifikasi pigmen tertentu seperti kaya phycocyanin, atau lebih banyak mengandung klorofil mengingat kondisi lingkungan dan tempat budidaya yang berbeda-beda.

Prospek di masa depan, produk mikroalga sebagai pangan fungsional di dalam negeri akan terus berkembang tidak hanya dalam bentuk serbuk, tablet, atau kapsul. Namun produk tersebut akan berevolusi menjadi produk pangan inovatif seperti mikroalga yang dicampur dalam mie instan, permen coklat, dan komoditas utama lain untuk meningkatkan nilai gizi dalam kehidupan di masyarakat.

#### Daftar Pustaka

- Balder, H.F., Vogel, J., Jansen, M.C., Weijenberg, M.P., Van den Brandt, P.A., Westenbrink, S., Van der Meer, R., dan Goldbohm, R.A., 2006, Heme and chlorophyll intake and risk of colorectal cancer in the Netherlands cohort study. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. Vol 15:717-725.
- Batten, D., Peter C., Greg T., 2011, Resource Potential of Algae for Sustainable Biodiesel Production in the APEC. Presentation at APEC Workshop on Algal Biofuels San Francisco <http://www.egnret.ewg.apec.org/workshops/AlgalBiofuels/David%20Batten.pdf> (10 Juli 2014).
- Becker E.W., 1994., *Oil production*. In: Baddiley, et al., editors. *Microalgae: biotechnology and microbiology*. Cambridge University Press
- Becker, E.W., 2007, Micro-algae as source of protein. *Biotechnology Advances*. Vol. 25:207-210.
- Durmaz, Y., 2007, Vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol) production by marine microalgae *Nannochloropsis oculata* (Eustigmatophyceae) in nitrogen limitation. *Aquaculture*, Vol. 272:717-722.
- El-Baky, Abd. Hanaa H., El-Baz, Farouk K., El-Baroty, G.S., 2003, *Spirulina* species as source of carotenoids and alfa-tocopherol and its anticarcinoma factors. *Biotechnology*, Vol. 2: 222-240.
- Ferruzi, M.G., Blakeslee, J., 2007, Digestion, absorption, and cancer preventive activity of dietary chlorophyll derivatives. *Nutrition Research*, Vol. 27:1-12.
- Gizinet, 2011, Laporan Kasus Gizi Buruk 2010 : Menurun <http://gizi.depkes.go.id/laporan-kasus-gizi-buruk-2010-menurun>. (7 Juni 2014).
- Hadiyanto., Azim, Maulana., 2012, *Mikroalga: Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*, edisi pertama, Undip Press, Semarang.
- Lamela, Terasa., 2000, Phycocyanin production in seawater culture of *Arthrospira maxima*. *Ciencias Marinas*, 26 (4): 607-619.
- Leema, J.T.Mary., Kirubakaran, R., Vinithkumar, N.V., Dheenan, P.S., Karhikayulu, S., 2010, High value pigment production from *Arthrospira (Spirulina) platensis* cultured in seawater. *Bioresource Tech.*, Vol. 101: 9221-9227.
- Mateos-Aparicio, I., A. Redondo Cuenca, M. J. Villanueva-Suárez and M. A. Zapata-Revilla., 2008, Soybean, a promising health source. *Nutr Hosp*, Vol.23(4):305-312.
- Materassi, R., Tredici, M. and Balloni, W., 1984, *Spirulina* culture in seawater. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Vol. 19: 384-386.
- Michael D. Edgerton., 2009, Increasing Crop Productivity to Meet Global Needs for Feed, Food, and Fuel. *Plant Physiology*, Vol. 149: 7-13.
- Olguín, E.J., Hernández, B., Arus, A., Camacho, R., González, R., Ramírez, M.E., Galicia, S. and Mercado, G., 1994, Simultaneous high-biomass protein production and nutrient removal using *Spirulina maxima* in seawater supplemented with anaerobic effluents. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, Vol. 10: 576-578.
- Olson, J. A., Krinsky, N.I., 1995, Introduction. The colorful, fascinating world of the carotenoids: Important physiologic modulators. *FASEB J.*, Vol. 9:1547-1550.
- Panggabean, L.M.G., 1998, Microalgae: alternatif pangan dan bahan industri di masa mendatang. *Oseana*, Vol. 23 (1): 19-26.
- Potvin, G., Zhang, Z., 2010, Strategies for high level recombinant protein expression in transgenic microalgae: A review. *Biotechnology Advance*, Vol. 28: 910-918.
- Prakash, S., Bhimba, B.V., 2004, Pharmaceutical development of novel microalgael compounds for Mdr *Mycobacterium tuberculosis*. *Natural product radiance*, Vol. 4 (4): 264-269.
- Rishi S., Munir C., 2001, Zein: the industrial protein from corn. *Industrial Crops and Products*, Vol.13:171-192.
- Shalaby, E.A., Shanab S.M.M., Singh, V., 2010, Salt stress enhancement of antioxidant and antiviral efficiency of *Spirulina platensis*. *J. Med. Plant Res*. Vol. 4 (24): 2622-2632.
- Sujatha, K., Nagarajan, P., 2013, Optimization of growth conditions for carotenoid production from *Spirulina platensis* (Geitler). *Int. J. Current Microbiol. App Sci*, Vol. 2 (10): 325-328.
- Tadayoshi, M., Peter, D.G., 2009, World Soybean Production: Area Harvested, Yield, and Long-Term

- Projections. *Int. Food and Agribusiness Management Review*, Vol.12 (4): 143-162.
- Tredici, M.R., Papuzzo, T. and Tomaselli, L.,1986, Outdoor mass culture of *Spirulina maxima* in seawater. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Vol. 24: 47–50.
- Unicef Indonesia Laporan tahun 2012.  
[http://www.unicef.org/indonesia/id/UNICEF\\_Annual\\_Report\\_\(Ind\)\\_130731.pdf](http://www.unicef.org/indonesia/id/UNICEF_Annual_Report_(Ind)_130731.pdf) (5 Juli 2014)
- Van Harmelen, T. and Oonk, H., 2006, Micro-algae Bio-fixation Processes: Applications and Potential Contributions to Greenhouse Gas Mitigation Options. <http://www.fluxfarm.com/uploads/3/1/6/8/3168871/biofixation.pdf> (10 Juni 2012)
- Vonshak, A., Richmond, A., 1988, Mass Production of the Blue-green Alga *Spirulina*: An Overview, *Biomass*, Vol. 15:233-247.
- Wargadalam, V. J., 2011, Indonesia`s Algae Based Biofuel Potentials. Presentation at APEC Workshop on Algal Biofuels San Francisco, 12 September 2011  
<http://www.egnret.ewg.apec.org/workshops/AlgalBiofuels/Verina%20Wargadalam.pdf> (10 Juli 2014).
- Widjaja, Arif., Chein, Chao-Chang., Ju, Yi-Hsu., 2009, Study of increasing lipid production from fresh water microalgae *Chlorella vulgaris*. *J. Taiwan Inst. Che.Eng.*, Vol. 40: 13-20.
- William, E., Ashutosh S., Shiv K., 2011, Crops that feed the world 3. Investing in lentil improvement toward a food secure world. *Food Sec.*, Vol. 3 (2):127–139.
- Wu, B., Tseng, C.K. and Xiang, W.,1993, Largescale cultivation of *Spirulina* in seawater-based culture medium. *Bot. Mar.*, Vol. 36: 99–102.