

Kultivasi *Scenedesmus* sp. Pada Medium Air Limbah

***Scenedesmus* sp. Cultivation Using Wastewater Medium**

Mujizat Kawaroe

Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Institut Pertanian Bogor
E-mail: mujizatk@gmail.com

Abstract

The process of photosynthesis in microalgae require CO₂ and sunlight and nutrients for growth. Cultivation of *Scenedesmus* sp. in wastewater media aims to meet the need of microalgae will reduce inputs of nutrients and chemicals contained in wastewater into the environment. *Scenedesmus* sp. cultivation is conducted more than seven days in the media industry waste water without the addition of nutrients. The highest density results obtained at the end of cultivation in the effluent water media valued at 8.033.333 cells / ml with 4.60 grams dry weight. Cultivation of microalgae may also reduce the value of Total Suspended Solids and Dissolved also decreased levels of BOD, COD, Nitrite, Sulfites, Sulfate, Iron, Chromium, Copper, and Zinc. Cultivation of *Scenedesmus* sp. can be performed on wastewater media without the addition of nutrients.

Key words: *Scenedesmus* sp., wastewater, effluent/holding tank, influent/balance tank

Abstrak

Proses fotosintesis pada mikroalga membutuhkan CO₂ dan cahaya matahari serta nutrisi untuk pertumbuhannya. Kultivasi *Scenedesmus* sp. pada medium air limbah bertujuan guna mencukupi kebutuhan mikroalga akan nutrisi dan mengurangi masukan dari bahan kimia yang terkandung dalam air limbah tersebut ke lingkungan. Kultivasi *Scenedesmus* sp. dilakukan selama tujuh hari pada medium air limbah industri tanpa penambahan nutrisi. Hasil kepadatan tertinggi pada akhir kultivasi diperoleh pada medium air *effluent* senilai 8,033,333 sel/ml dengan berat kering 4,60 gr. Kultivasi mikroalga tersebut juga dapat menurunkan nilai dari Total Padatan Tersuspensi dan Terlarut serta penurunan kadar dari BOD, COD, Nitrit, Sulfit, Sulfat, besi, Krom, Tembaga, dan Seng. Kultivasi *Scenedesmus* sp. dapat dilakukan pada medium air limbah tanpa perlu penambahan nutrisi.

Kata kunci: *Scenedesmus* sp., air limbah, effluent/holding tank, influent/balance tank

Diterima: 05 Agustus 2010, disetujui: 25 Januari 2011

Pendahuluan

Mikroalga membuat senyawa hidrokarbon lemak dan asam lemak melalui proses fotosintesis (Prine dan Haroon, 2005). Adanya lemak ini merupakan salah satu sumber energi yang belum digali dan dimanfaatkan. Melalui beberapa proses seperti biofotolisis, fermentasi dan esterifikasi, mikroalga mampu menghasilkan bahan bakar nabati (*biofuel*).

Mikroalga adalah tumbuhan tingkat rendah yang berukuran 5–30 µm dan jika dibandingkan dengan tumbuhan tingkat tinggi penghasil minyak nabati melalui fotosintesis,

mikroalga dapat melakukan proses yang sama lebih efisien, bahkan produktivitasnya lebih tinggi (Pirt, 1986). Dalam proses fotosintesis, mikroalga membutuhkan CO₂ dan cahaya matahari serta nutrisi untuk pertumbuhannya. Kelebihan nutrisi (N dan P) yang berasal dari pabrik pengolahan air limbah merupakan salah satu sumber utama polusi yang menyebabkan eutrofikasi di perairan pesisir (Lau *et al.*, 1997). Di sisi lain nutrisi merupakan salah satu faktor yang mendukung pertumbuhan mikroalga. Nitrogen dimanfaatkan untuk metabolisme mikroalga dalam bentuk amonium (Prihantini *et al.*, 2005). Hilangnya fosfor pada air limbah

dapat terjadi melalui dua cara, yaitu melalui penyerapan seluler secara langsung pada kondisi anaerob dan sedimentasi pada kondisi anoksik (Gonzalez *et al.*, 1997).

Kultivasi *Scenedesmus* sp. pada medium air limbah bertujuan mencukupi kebutuhan mikroalga akan nutrisi dan mengurangi masukan dari bahan kimia yang terkandung dalam air limbah tersebut ke lingkungan.

Metode Penelitian

Penelitian pemanfaatan air limbah industri guna pertumbuhan mikroalga dilakukan di luar laboratorium (*Out door*). Jenis mikroalga yang digunakan adalah *Scenedesmus* sp. Kultivasi dilakukan pada wadah aquarium bervolume 15 l menggunakan medium air limbah cair yang berasal dari PT. Kota Bukit Indah, Cikampek. Limbah cair tersebut berasal dari industri-industri sekitar seperti air minum, makanan, tekstil dan otomotif yang digolongkan menjadi dua jenis yaitu *Influent* dan *Effluent*.

Prosedur Penelitian

Kultivasi mikroalga menggunakan dua jenis air limbah yaitu air *Influent* (*Balance Tank*) dan *Effluent* (*Holding Tank*). *Influent* merupakan air limbah yang belum diolah sedangkan *Effluent* merupakan air limbah yang telah dikoagulasi dan flokulasi menggunakan tawas ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$). Medium air limbah yang digunakan untuk kultivasi, masing-masing sebanyak 10 l dan strain mikroalga yang ditambahkan sebanyak 1 l. Kebutuhan cahaya pada kultivasi ini diperoleh dari sinar matahari. Dilakukan aerasi untuk pengadukan dan suplai CO_2 . Kultivasi mikroalga dilakukan selama 7 hari dan densitasnya dihitung setiap hari untuk mengetahui laju pertumbuhan. Nilai parameter fisika-kimia medium tumbuh mikroalga dianalisis pada awal dan akhir kultivasi guna mengetahui pengaruh pertumbuhan mikroalga. Pada akhir kultivasi juga dilakukan pemanenan dan penghitungan berat kering biomassa mikroalga.

Analisis Data

Pengamatan kepadatan sel dilakukan setiap hari dengan pengambilan contoh

sebanyak 3 kali ulangan. Penghitungan densitas mikroalga menggunakan Haemocytometer dan mikroskop dengan perbesaran 100 atau 400 kali sebanyak 5 lapang pandang. Kepadatan mikroalga dihitung dengan rumus (Schoen, 1988):

$$N = (n/4) \times 10^6$$

Keterangan:

N = Kepadatan mikroalga (ind/ml)

n = Jumlah mikroalga yang diamati

Laju pertumbuhan spesifik mikroalga (μ) dihitung dengan rumus Krichnavaruk *et al.*, (2004):

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_o}{T_t - T_o}$$

Keterangan:

N_{tB} = Kepadatan mikroalga pada waktu t

N_{oB} = Kepadatan mikroalga awal

T_o = Waktu awal

T_t = Waktu pengamatan

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan Mikroalga

Terjadi peningkatan dan penurunan pertumbuhan mikroalga *Scenedesmus* sp. pada medium air limbah baik *influent* maupun *effluent* pada 7 hari pengamatan. Kultivasi mikroalga *Scenedesmus* sp. pada medium air limbah *influent* menunjukkan kenaikan pertumbuhan dari H0 hingga H2, kemudian terjadi penurunan pertumbuhan pada hari ketiga hingga ke hari keempat. Rata-rata pertumbuhan mikroalga pada H0 hingga H2 sebesar 466.667–2.083.333 sel/ml (Gambar 1).

Pertumbuhan *Scenedesmus* sp. pada medium air limbah *effluent* terus meningkat dari awal kultivasi (H0) hingga H4 dengan rata-rata 466.667 sel/ml sampai 3.116.667 sel/ml. Pada hari ke-5 menurun lalu meningkat sampai hari ke-6 hingga hari terakhir (Gambar 1). Kepadatan tertinggi terdapat pada akhir kultivasi senilai 8.033.333 sel/ml.

Laju pertumbuhan spesifik *Scenedesmus* sp. pada kultivasi di limbah *influent* senilai 0,12/hari sedangkan pada air limbah *effluent* senilai 0,41/hari (Tabel 1). Nilai laju pertumbuhan spesifik lebih tinggi daripada *Scenedesmus* sp. yang di kultivasi pada limbah

effluent pabrik elektronik senilai 0.09/hari (Zhen-Feng *et al.*, 2011). Berat kering mikroalga dari hasil kultivasi sebesar 0,56 gram untuk air limbah *influent* dan 4,6 gram untuk air limbah *effluent*.

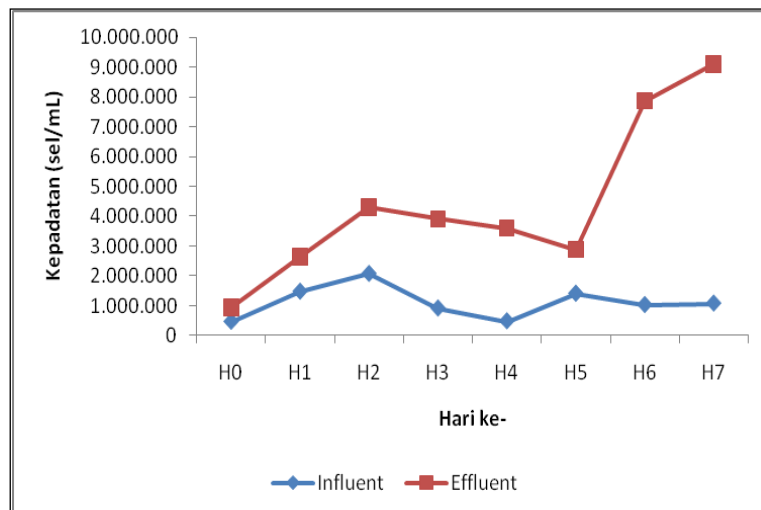
Kualitas Air Limbah Medium Tumbuh Mikroalga

Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia medium sebelum dan sesudah kultivasi menunjukkan hampir seluruh data kualitas air sebelum dilakukan kultivasi mikroalga lebih tinggi dibandingkan data kualitas air sesudah dilakukan kultivasi mikroalga. Pada parameter fisik, terlihat penurunan angka dari total padatan tersuspensi dan terlarut. Pada parameter kimia, terlihat juga hal yang sama, yakni penurunan kadar masing-masing parameter dimulai dari BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), nitrit, sulfit, sulfat, besi, krom, tembaga, dan seng.

Pertumbuhan *Scenedesmus* sp. di medium air limbah *effluent* mengalami peningkatan yang tinggi dibandingkan medium air limbah *influent*. Ini dikarenakan air limbah ini telah mengalami proses koagulasi dan flokulasi guna menghilangkan partikel-partikel tersuspensi dalam air limbah. Pada air limbah *Influent (Balance tank)* belum dilakukan perlakuan apapun. Tingginya kandungan partikel tersuspensi pada air limbah merupakan faktor penyebab terganggunya pertumbuhan *Scenedesmus* sp. Kandungan partikel tersuspensi pada limbah *influent* menyebabkan air limbah tersebut berwarna keruh. Hal tersebut meningkatkan kekeruhan, yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya ke kolom air dan menyebabkan terganggunya proses fotosintesis (Effendi, 2003). Meningkatnya total padatan tersuspensi pada akhir kultivasi di *effluent* dikarenakan adanya *Scenedesmus* sp. pada medium air tersebut.

Tabel 1. Nilai rata-rata pertumbuhan kultivasi *Scenedesmus* sp.

Hari Ke-	<i>Influent</i>		<i>Effluent</i>	
	Kepadatan (sel/ml)	μ (/hari)	Kepadatan (sel/ml)	μ (/hari)
H0	466,667 ± 28,868	-	466,667 ± 28,868	-
H1	1,483,333 ± 728,583	1,16	1,150,000 ± 100,000	0,90
H2	2,083,333 ± 592,312	0,34	2,216,667 ± 378,594	0,66
H3	916,667 ± 513,160	-0,82	3,000,000 ± 476,970	0,30
H4	483,333 ± 28,868	-0,64	3,116,667 ± 1,000,417	0,04
H5	1,416,667 ± 381,881	1,08	1,466,667 ± 675,154	-0,75
H6	1,033,333 ± 340,343	-0,32	6,850,000 ± 2,123,087	1,54
H7	1,083,333 ± 475,219	0,05	8,033,333 ± 3,490,821	0,16



Gambar 1. Pertumbuhan *Scenedesmus* sp. air limbah dari *effluent* dan *influent*.

Nilai total padatan terlarut yang tinggi dikarenakan banyaknya senyawa kimia yang terdapat dalam perairan. Menurunnya total padatan terlarut pada akhir kultivasi karena beberapa senyawa kimia dalam air limbah tersebut dimanfaatkan mikroalga untuk pertumbuhannya. Unsur-unsur yang terkandung dalam air limbah dibutuhkan pertumbuhan mikroalga. Unsur besi (Fe) dibutuhkan oleh mikroalga untuk menyusun sitokrom dan klorofil, juga berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Namun kadar besi yang berlebihan dapat menghambat unsur fiksasi unsur lainnya (Effendi, 2003).

Unsur tembaga pada tumbuhan, termasuk mikroalga, berperan sebagai penyusun plastocyanin yang berfungsi dalam transpor elektron dalam proses fotosintesis (Boney, 1989). Kadar seng dalam perairan sangat dipengaruhi oleh bentuk senyawanya. Kadar seng dalam perairan laut adalah 0,01 mg/l (Mc Neely *et al.*, 1979). Seng termasuk unsur yang penting bagi makhluk hidup, khususnya mikroalga, yang diperlukan dalam proses fotosintesis sebagai agen transfer hidrogen dan dalam pembentukan protein.

Kadar krom termasuk jarang ditemukan di perairan namun jika terdeteksi, termasuk senyawa yang berbahaya bagi organisme hidup di dalamnya. Kromium yang biasa ditemukan dalam perairan berbentuk kromium trivalen dan heksavalen. Kromium trivalen adalah unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan, namun kromium heksavalen bersifat toksik. Mikroalga lebih sensitif terhadap kromium daripada ikan. Kadar kromium sebesar 2–20 ug/l dapat menghambat pertumbuhan mikroalga (*Canadian Council of Resource and Environment Ministers*, 1987). Berdasarkan hasil analisis, didapatkan kadar kromium dibawah 0,005 mg/l, dan nilai ini menunjukkan kadar kromium dalam air limbah *influent* tidak membahayakan pertumbuhan mikroalga dan bisa digunakan sebagai medium tumbuh.

Kadar timah hitam (Timbal) dalam perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Timbal tidak termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup, bersifat toksik bagi hewan dan manusia. Toksisitas timbal terhadap tumbuhan lebih rendah dibanding

unsur renik yang lain. Kadar timbal berkisar 0,1–0,8 mg/l dapat menghambat pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. (Moore, 1991).

Penurunan konsentrasi logam berat seperti besi, tembaga, krom dan seng karena kemampuan mikroalga *Scenedesmus* sp. yang dapat menyerap logam berat. Hal ini sesuai penelitian Brady *et al.*, (1994) bahwa beberapa jenis mikroalga, termasuk *Scenedesmus* sp. mampu mengakumulasi logam berat seperti Cu, Pb, dan Cr hingga 98%. Akumulasi logam berat oleh mikroalga dilakukan dengan cara mengikat kation logam berat pada permukaan dinding sel mikroalga (Vyzamal, 1984 *in* Brady *et al.*, 1994).

Sulfur merupakan elemen yang esensial bagi makhluk hidup, karena merupakan elemen penting dalam protoplasma. Ion dulfat yang telah diserap oleh tumbuhan (mikroalga) mengalami reduksi hingga menjadi bentuk sulfidril (SH) di dalam protein (Effendi, 2003). Sulfur (S) berada dalam bentuk organik dan anorganik. Sulfur anorganik terutama berada dalam bentuk sulfat (SO_4^{2-}), yang merupakan bentuk sulfur utama di perairan dan tanah (Rao, 1992). Ion sulfat yang bersifat larut dan merupakan bentuk oksidasi utama sulfur adalah salah satu anion utama di perairan setelah bikarbonat (Effendi, 2003). Di perairan, sulfur berikatan dengan ion hidrogen dan oksigen. Beberapa bentuk sulfur di perairan adalah sulfida (S^{2-}), hidrogen sulfida (H_2S), ferro sulfida (FeS), sulfur dioksida (SO_2), sulfit (SO_3) dan sulfat (SO_4) (Cole, 1988).

Amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-) merupakan bentuk senyawa nitrogen organik yang telah mengalami penguraian (Sze, 1993). Senyawa nitrogen yang digunakan dalam metabolisme sel mikroalga berupa amonium. Amonium dihasilkan melalui proses disosiasi amonium hidroksida. Amonium hidroksida merupakan amonia yang terlarut dalam air.

Nitrogen dalam air limbah dibutuhkan mikroalga sebagai makronutrisi untuk sintesis protein, pembentukan klorofil, asam nukleat (DNA dan RNA) juga sintesis asam-asam lemak tak jenuh seperti omega (ω)-6 (Sasson, 1961). Bentuk senyawa nitrogen yang lebih disukai mikroalga adalah ion Amonium, karena proses transportasi dan asimilasinya ion lebih membutuhkan energi sedikit dibanding nitrat.

Kadar Kebutuhan Oksigen Biologis (BOD₅) yang dideteksi dari hasil analisis kedua jenis air limbah sebesar 7,8 dan 23,04 mg/l. Kedua angka tersebut berada jauh di atas baku mutu PP NO. 82/2001 untuk air kelas dua (1,6 mg/l). BOD menggambarkan kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Davis dan Cornwell, 1991). Nilai BOD₅ dari air limbah *influent* lebih tinggi daripada air limbah *effluent*. Perairan yang memiliki nilai BOD lebih dari 10 mg/L dianggap telah mengalami pencemaran (UNESCO, 1992). Pencemaran yang terlalu tinggi dalam suatu perairan bisa membahayakan pertumbuhan organisme didalamnya. Air limbah dari *effluent*, nilai BOD₅ berada dalam kisaran yang masih baik sehingga tidak membahayakan organisme didalamnya. Nilai BOD pada air limbah *effluent* berkurang 71% sedangkan pada air limbah *influent* 98%. Nilai tersebut lebih tinggi dari pada pengurangan BOD pada bioremediasi limbah kilang minyak menggunakan *Scenedesmus obliquus*, senilai 16,66% (Rajasulochana *et al.*, 2009).

Kadar kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dalam perairan menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Keberadaan bahan organik berasal dari alam ataupun aktivitas rumah tangga dan industri.

Dalam hal ini, keberadaan bahan organik dalam medium kultivasi mikroalga berasal dari limbah industri dan rumah tangga sehingga memiliki nilai COD yang tinggi. Nilai COD dalam air limbah *influent* dan *effluent* sebesar 448,89 dan 51,611 mg/l. Keduanya berada jauh di atas baku mutu PP NO. 82/2001 untuk air kelas dua dan pada perairan tercemar oleh limbah, nilai COD bisa meningkat sampai 200 mg/L bahkan lebih. Nilai COD yang diperoleh mengalami penurunan 86% (*influent*) dan 6% (*effluent*). Nilai pengurangan COD pada limbah *influent* yang diperoleh ini lebih tinggi daripada pengurangan COD pada mikroalga jenis *Scenedesmus obliquus* yang digunakan pada bioremediasi limbah kilang minyak senilai 82,80% (Rajasulochana *et al.*, 2009).

Penurunan angka pada parameter fisik meliputi total padatan terlarut. Hal yang sama juga terjadi pada parameter kimia, penurunan kadar parameter yaitu BOD, COD, nitrit, sulfid, sulfat, besi, krom, tembaga, dan seng. Senyawa polutan yang bisa membahayakan lingkungan jika konsentrasinya terlalu tinggi adalah besi, seng, tembaga, minyak, lemak dan krom. Sebagian besar senyawa tersebut berbentuk logam berat dan bisa mencemari lingkungan jika kadarnya berlebihan, sedangkan amonia merupakan gas yang bersifat racun/toksik dalam perairan. Tabel 2, menunjukkan terjadi penurunan kadar senyawa-senyawa tersebut setelah dilakukan kultivasi *Scenedesmus sp.*

Tabel 2. Perbandingan antara kualitas air sebelum dan sesudah kultivasi mikroalga.

Parameter	Satuan	<i>Influent</i>		<i>Effluent</i>	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
FISIKA					
Total Padatan Terlarut	mg/l	794,286	112	595,786	37
Total Padatan Tersuspensi	mg/l	290,286	280	77,929	310
KIMIA					
Total BOD ₅	mg/l	1214,71	23,04	27,143	7,80
Total COD	mg/l	3322,93	448,890	55	51,611
Ammonia	mg/l	< 0,2	1,673	< 0,2	0,241
Nitrit	mg/l	< 0,1	<0,002	< 0,1	0,002
Sulfid	mg/l	0,4	<0,002	0,317	<0,002
Sulfat	mg/l	137,286	248,145	0	40,675
Klorin Bebas	mg/l	0,029	0,08	0,061	0,06
Besi Terlarut (Fe)	mg/l	0,691	0,649	0,068	0,05
Total Krom	mg/l	< 0,01	<0,005	< 0,01	<0,005
Timah Hitam	mg/l	< 0,01	0,041	< 0,01	0,025
Tembaga	mg/l	< 0,3	0,03	< 0,3	<0,005
Seng	mg/l	0,25	0,08	0,231	0,009
Total Minyak	mg/l	< 1	<1	< 1	<1

Simpulan dan Saran

Simpulan

Scenedesmus sp. dapat tumbuh di air limbah yang berasal dari *influent* maupun *effluent* dapat digunakan sebagai medium tumbuh mikroalga dengan kadar nutrisi yang mencukupi kebutuhan mikroalga untuk bertumbuh. Kepadatan tertinggi pada akhir kultivasi diperoleh pada medium air *effluent* senilai 8.033.333 ind/cc dan berat kering senilai 4,60 gr. Kultivasi *Scenedesmus* sp. limbah tanpa perlu penambahan nutrisi. Kultivasi *Scenedesmus* sp. dapat menurunkan nilai Total Padatan Tersuspensi dan Terlarut serta penurunan kadar dari BOD, COD, Nitrit, Sulfit, Sulfat, besi, Krom, Tembaga, dan Seng.

Saran

Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan parameter kualitas air yang dianalisis untuk melihat kebutuhan mikroalga terhadap kandungan air limbah dan meneliti beberapa jenis air limbah sebagai medium kultivasi mikroalga.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (DIKTI), DEPDIKNAS atas bantuan dana penelitian Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Batch II No. 343/SP2H/PP/DP2M/VI/2009 dan kepada PT. Kota Bukit Indah, Cikampek.

Daftar Pustaka

- Boney, A.D. 1989. *Phytoplankton*. Second Edition. Edward Arnold, London. 118 p.
- Brandy, D., Letebele, J.R. dan Rose, P.D. 1994. Bioaccumulation of Metals by *Scenedesmus*, *Selenastrum* and *Chlorella* Algae. *Water-SA*. 20:213.
- Canadian Council of Resource and Environment Ministers. 1987. *Canadian Water Quality*. Canadian Council of Resource and Environment Ministers, Ontario, Canada.
- Cole, G.A. 1988. *Textbook of Limnology*. Third edition. Waveland Press, Inc., Illinois, USA. 401 p.
- Davis, M.L. dan Cornwell, D.A. 1991. *Introduction to Environment Engineering*. Second edition. Mc-Graw-Hill, Inc., New York. 822p.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius Yogyakarta.
- Gonzalez, L.E., Cañizares, R.O. dan Baena, S. 1997. Efficiency of ammonia and phosphorus removal from Colombian agroindustrial wastewater by the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus dimorphus*. *Biores. Technol.*, 60: 259–262.
- Lau, P.S., Tam, N.F.Y. dan Wong, Y.S. 1997. Wastewater Nutrients (N & P) Removal by Carrageenan and Alginate Immobilized *Chlorella vulgaris*. *Environ. Technol.*, 18: 945–51.
- Mc Neely, R.N., Nelmanis, V.P. dan Dwyer, L. 1979. *Water Quality Source Book, A Guide to Water Quality Parameter*. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada. 89 p.
- Moore, J.W. 1991. *Inorganic Contaminants of Surface Water*. Springer-Verlag. New York. 334 p.
- Pirt, S.J. 1986. The Thermodynamic Efficiency (Quantum Demand) and Dynamics of Photosynthetic Growth. *New Phytol.*, 102: 3–37.
- Prihantini, N.B., Putri, B. dan Yulianti, R. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* spp. dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan variasi pH awal. *Makara Sains*, 9 (1): 1–6.
- Rajasulochana, P., Dhamotharan, R., Murugesan, S. dan Rama, C.M.A. 2009. Bioremediation of Oil Refinery Effluent by Using *Scenedesmus Obliquus*. *J. of American Science*, 5 (4): 17–22.
- Sze, P. 1993. *A Biology of the Algae*, 2nd ed., Wm. C. Brown Publishers, Dubuque.
- UNESCO/WHO/UNEP. 1992. *Water Quality Assessments*. Edited by Chapman, D. Chapman and Hall Ltd, London. 585p.
- Zhen-Feng, S., Xin, L., Hong-Ying, H., Yin-Hu, W. dan Tsutomu, N. 2011. Culture of *Scenedesmus* sp. LX1 in the modified effluent of a wastewater treatment plant of an electric factory by photo-membrane bioreactor. *Bioresour Technol*. May 14: 21684736
- Krichnavaruk, S., Worapanne, L., Sorawit, P. dan Prasert, P. 2004. Optimal Growth Condition and The Cultivation of *Chaetoderos calcitrans* in Airlift Photobioreaktor. *Chemical Engineering*. 105: 91–98.

- Prince, R.C. dan Haroon, S.K. 2005. The Photobiological Production of Hydrogen: Potential efficiency and Effectiveness as a Renewable Fuel. *Critical Review in Microbiology*. 31: 19–31. Taylor&Francis.
- Rao, C.S. 1992. *Environmental Pollution Control Engineering*. Wiley Eastern Limited, New Delhi. 431 p.
- Schoen, S. 1988. Cell counting. In: Lobban *et al.*, (Eds), *Experimental Phycology. A Laboratory Manual*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 16–22.