

PERTUMBUHAN MIKROALGA *Spirulina platensis* DALAM EFLUEN INDUSTRI KERTAS

Prima Besty Asthary¹, Yusup Setiawan, Aep Surachman, Saepulloh
Balai Besar Pulp dan Kertas, Kementerian Perindustrian
Jalan Raya Dayeuhkolot No. 132 Bandung
¹ primabesty@gmail.com

Diterima : 20 Agustus 2013, Revisi akhir : 25 November 2013, Disetujui terbit : 02 Desember 2013

THE GROWTH OF MICROALGAE *Spirulina platensis* IN PAPER INDUSTRY EFFLUENT

ABSTRACT

*The production capacity of Indonesia's paper industry is expected to continuously increase causing more wastewater generated. The wastewater of paper industry that has been treated in biological Wastewater Treatment Plant (WWTP) is commonly discharged to the environment and may still contain organic materials and nutrients such as nitrogen and fosfor that have not been utilized. An alternative of wastewater utilization is in algae cultivation. The *Spirulina platensis* is one of blue-green microalgae types containing high protein and widely used as food and fish feed ingredients. This study was conducted to identify *S. platensis* growth in effluent of paper industry as medium. The wastewater with the percentages of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% were used as media to grow microalgae *S. platensis*. During cultivation, the medium pH and biomass production were analyzed, while proximate analysis were also done after harvesting. Results showed that *S. platensis* microalgae grown in 100% wastewater medium yielded the highest biomass among all other treatments at 4-days of cultivation, about 25% higher than that in control medium. The biomass produced contains about 60% protein which is nearly equal to that reported from other countries .*

*Keywords : microalgae, *Spirulina platensis*, effluent, paper industry*

ABSTRAK

Kapasitas produksi industri kertas di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat menyebabkan peningkatan air limbah yang dihasilkan. Air limbah industri kertas yang telah diolah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) biologi pada umumnya langsung dibuang ke lingkungan dan masih mengandung materi organik serta unsur hara seperti nitrogen dan fosfor yang belum dimanfaatkan. Salah satu alternatif pemanfaatan air limbah tersebut adalah budidaya alga. *Spirulina platensis* merupakan salah satu jenis mikroalga hijau kebiruan yang mengandung protein tinggi dan banyak digunakan sebagai bahan pangan dan pakan ikan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan *S. platensis* pada efluen industri kertas sebagai medium. Efluen dengan persentase perlakuan 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% digunakan sebagai medium tumbuh *S. platensis*. Selama kultivasi alga, dilakukan pengamatan terhadap pH medium dan pengukuran produksi biomassa sedangkan analisa proksimat dilakukan setelah pemanenan kultur. Hasil menunjukkan bahwa kultur *S. platensis* pada medium air limbah 100% menghasilkan produksi biomassa paling tinggi pada hari ke-4 kultivasi, yaitu sekitar 25% lebih tinggi dibandingkan medium kontrol. Biomassa *S. platensis* yang dibudidayakan dalam media air limbah terolah industri kertas mengandung 60% protein yang hampir setara dengan yang dihasilkan negara lain.

Kata kunci : mikroalga, *Spirulina platensis*, efluen, industri kertas

PENDAHULUAN

Indonesia telah berkembang menjadi salah satu produsen pulp dan kertas peringkat 10 besar dunia. Saat ini, terdapat sekitar 79 industri kertas dengan kapasitas rata-rata mencapai 7,9 juta ton per tahun yang diperkirakan akan terus mengalami peningkatan (Kementerian Perindustrian, 2011). Peningkatan produksi kertas akan menyebabkan semakin meningkatnya keberadaan air limbah yang dihasilkan. Pada industri kertas, air limbah umumnya diolah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) biologi dengan proses lumpur aktif. Efluen industri kertas tersebut masih mengandung materi organik dan unsur hara nitrogen dan fosfor yang belum dimanfaatkan. Pada umumnya efluen langsung dibuang ke lingkungan yang dapat menimbulkan proses eutrikfikasi di badan air. Alternatif penanganan yang dapat dilakukan antara lain pemanfaatan untuk budidaya alga. Budidaya alga dapat memberikan nilai tambah dari pemanfaatan air limbah dan menciptakan wirausaha baru.

Salah satu jenis mikroalga yang memiliki rentang hidup yang luas di media tumbuhnya adalah *Spirulina platensis* (Khoirunisa dkk., 2012). Mikroalga ini berwarna hijau kebiruan yang telah dimanfaatkan sebagai bahan pangan sejak 400 tahun lalu dan telah dikembangkan di berbagai negara. Keunggulan dari *S. platensis* adalah mudah dibudidayakan dan dipanen. Selain itu, mikroalga ini mudah dicerna oleh manusia dan hewan serta baik digunakan sebagai bahan pakan ikan seperti ikan Koi (*Cyprinus carpio*) (Promya dkk., 2008).

Keunggulan lain dari *S. platensis* adalah kandungan nutrisi yang baik anatara lain 60–70% protein, 13,5% karbohidrat, 4–7% lemak dan asam lemak (*linolenic acid* dan γ -*linolenic acid*), asam amino esensial (leusin, isoleusin, valine), pigmen (klorofil, fikosianin dan karotenoid) dan juga mengandung vitamin seperti provitamin A, vitamin B₁₂ serta β -*caroten* (Koru, 2012). Mikroalga ini dapat tumbuh dengan baik dalam medium cair pada kondisi basa. Pertumbuhan *S. platensis* dipengaruhi oleh faktor suhu yang optimum pada kisaran 35–37°C, tetapi dapat toleran terhadap suhu yang relatif rendah pada malam hari (Habib dkk., 2008). Ketersediaan nutrisi yang memadai dan sinar matahari yang cukup juga merupakan faktor penting yang mendukung pertumbuhan mikroalga ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui

pertumbuhan mikroalga *S. platensis* pada efluen industri kertas dan kandungan biomasnya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung. Biakan mikroalga *S. platensis* diperoleh dari Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI Cibinong, sedangkan efluen sebagai medium cair berasal dari *secondary clarifier* pengolahan biologi proses lumpur aktif IPAL industri kertas berbahan baku kertas bekas.

Efluen dikarakterisasi di laboratorium pengujian air limbah Balai Besar Pulp dan Kertas Bandung meliputi parameter-parameter yang disajikan pada Tabel 1. Efluen ini digunakan dalam percobaan sebagai medium pertumbuhan *S. platensis*.

Biakan mikroalga *S. platensis* dipelihara dan diperbanyak dalam medium dengan komposisi Na₂CO₃ 5 g/L, NaCl 5 g/L, KNO₃ 2 g/L, NaHCO₃ 5 g/L, K₂SO₄ 1 g/L, urea 0,02 g/L, MgSO₄·7H₂O 0,2 g/L, dan CaCO₃ 0,02 g/L (Jourdan, 2001) pada suhu ruang (28–30°C) serta diaerasi menggunakan *air pump* Resun yang memiliki laju 3,5 L/menit dan diberi pencahayaan sekitar ±4000 lux dengan lama pencahayaan 24 jam selama 8 hari. Inokulum yang diperoleh dari perbanyakannya tersebut digunakan dalam percobaan.

Tabel 1. Parameter Uji Karakteristik Efluen Industri Kertas

No	Parameter	Metode Uji
1	pH	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD ₅	Standard Methods Ed. 21 th AWWA, APHA
3	COD	SNI 6989.2-2009
4	TSS	SNI 06-6989.3-2004
5	Nitrogen total	Standard Methods Ed. 21 th AWWA, APHA
6	Fosfor	SNI 06-6989.31-2005

Dalam sistem kultur statis, kultur *S. platensis* sebanyak 2 liter ditanam dalam 18 liter air limbah dengan perlakuan variasi persentase air limbah, yaitu 25%, 50%, 75% dan 100% v/v, disertai kontrol berupa akuades. Pada kondisi kadar nitrogen dan fosfor rendah serta pH < 8, medium air limbah dan kontrol diperkaya dengan nutrisi berupa NaHCO₃ 0,4 g/L, urea 0,05 g/L,

KH_2PO_4 0,05 g/L dan CaCO_3 0,0002 g/L. Kultur ini disimpan pada kondisi rumah kaca dengan suhu 30-33°C dan diaerasi. Pengamatan terhadap pertumbuhan *S. platensis* dilakukan setiap hari dengan mengukur *Optical Density* (OD) menggunakan spektrofotometer Shimadzu pada panjang gelombang 680 nm (Sari dkk., 2012). Analisis berat kering biomassa dengan cara kultur disaring menggunakan kertas saring Whatman No.1 (Amala dan Ramanathan, 2013), dipanaskan dalam oven 105°C selama ± 2 jam dan ditimbang. Biomassa dalam berat kering diperoleh dengan mengurangi berat kertas saring sesudah dan sebelum dipanaskan (Goksan dan Zekerüyaoglu, 2007). Pengukuran pH secara langsung menggunakan pH meter dilakukan setiap hari. Data biomassa dan pH diolah dengan program *Microsoft Excel*.

Pemanenan kultur *S. platensis* dilakukan dengan menggunakan jaring plankton dan pompa vakum, kemudian dikeringkan di bawah suhu ruang dan ditimbang hingga beratnya konstan. Selanjutnya rendemen biomassa hasil panen dianalisis proksimat di laboratorium Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran untuk mengetahui kandungan protein, serat kasar, lemak kasar, kadar air, dan kadar abu. Analisis yang digunakan untuk menentukan kandungan protein *S. platensis* adalah metode semimikro Kjeldahl. Penentuan kadar lemak dilakukan dengan menggunakan metode *soxhlet* (SNI, 1992). Analisis kadar karbohidrat dilakukan secara *by difference* (FAO, 2003), yaitu dengan menggunakan model perhitungan: %karbohidrat = 100% - %lemak - %protein - %abu - %serat kasar. Kadar air dianalisa dengan cara sampel dipanaskan pada $105 \pm 3^\circ\text{C}$ selama 1 jam sampai mendapatkan berat sampel yang konstan (Koru, 2012).

Hasil analisis biomassa dan nilai proksimat kultur dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Efluen Industri Kertas

Hasil pengamatan secara visual terhadap efluen industri kertas yang digunakan terlihat bening agak kekuningan sehingga masih memungkinkan terjadi penetrasi cahaya yang cukup. Karakteristik efluen industri kertas menunjukkan pH air limbah cenderung netral. Jika dibandingkan dengan nilai pH air limbah lain yang telah digunakan sebagai medium pertumbuhan mikroalga, nilai pH tersebut lebih rendah dibandingkan pH air limbah *dairy cleaning* dan air limbah industri minyak kelapa, tetapi lebih tinggi daripada air limbah industri minyak zaitun (Tabel 2).

Nilai COD, BOD₅, N total dan P efluen industri kertas yang digunakan dalam penelitian ini paling rendah. Dalam pertumbuhan *S. platensis*, nitrogen dan fosfat diperlukan sebagai unsur hara makro. Nitrogen berperan pada proses sintesis asam amino sebagai penyusun protein di dalam sel (Colla dkk., 2005), sedangkan fosfor (P) berfungsi untuk metabolisme energi, transfer energi, serta sebagai stabilisator membran (Wijoseno, 2011). Kekurangan nitrogen dalam medium dapat diatasi dengan memperkaya medium dengan urea (Sari dkk., 2012).

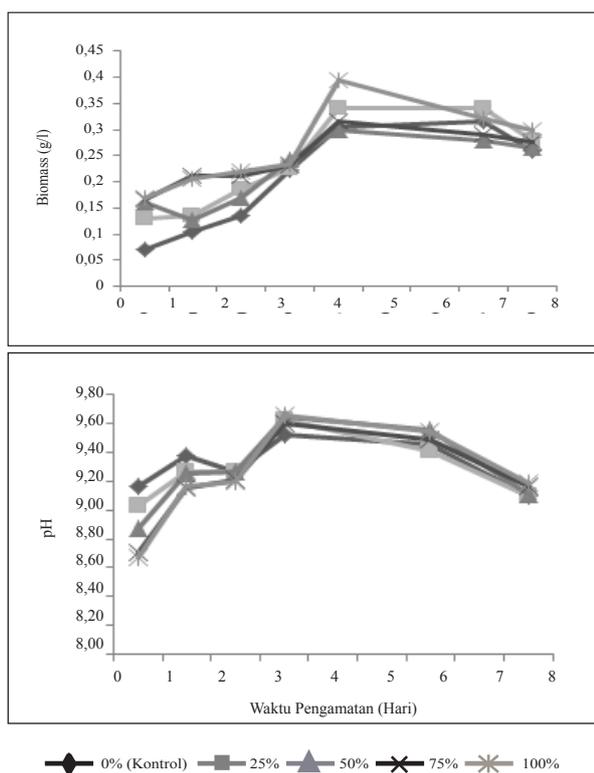
Pertumbuhan *Spirulina platensis* dalam Medium Air Limbah

Pertumbuhan *S. platensis* dilihat dari produksi biomassa pada medium air limbah perlakuan

Tabel 2. Karakteristik Efluen Industri Kertas

No	Parameter	Satuan	Efluen Industri Kertas	Air Limbah Industri Minyak Zaitun (Markou dkk., 2011)	Air Limbah <i>Dairy Cleaning</i> (Markou dkk., 2011)	Efluen Industri Minyak Kelapa (Mahdi dkk., 2012)
1	pH	-	7,31	4,2-5,17	11,3	8,29
2	COD	mg/L	107,1	$67 \times 10^3 - 178 \times 10^3$	780-762	1620
3	BOD ₅	mg/L	83,5	$46 \times 10^3 - 94 \times 10^3$	560-5720	805
4	Nitrogen total (N total)	mg/L	3,43	620-2100	14-140	197
5	Fosfor (P)	mg/L	$0,14 \times 10^{-1}$	-	6-35	8
6	<i>Total suspended solid</i>	mg/L	206	6,35-7,15 %	1837-14200	-

menunjukkan bahwa kultur pada setiap perlakuan mengalami fase lag terlebih dahulu pada 2 hari periode awal pengamatan (Gambar 1). Pada fase lag, sel melakukan penyesuaian dengan lingkungan baru dan terjadi penundaan pertumbuhan sel (Wijoseno, 2011). Selanjutnya, biomassa kultur *S. platensis* mengalami peningkatan hingga hari ke-4 atau sel memasuki fase eksponensial. Pada fase ini, pertumbuhan dan aktivitas sel dalam keadaan maksimum dimana sel terus bereproduksi didukung oleh nutrisi, pH, dan intensitas cahaya pada medium yang masih dapat memenuhi kebutuhan fisiologis *S. platensis*. Produksi biomassa cenderung konstan hingga hari ke-7, kemudian mengalami penurunan dimana sel telah memasuki fase kematian. Penurunan jumlah biomassa sel dapat diakibatkan oleh ketersediaan nutrisi yang semakin menipis dan akumulasi metabolit (NO_2^- dan NH_4^+) yang menghambat pertumbuhan *S. platensis* (Suantika dan Hendrawandi, 2009).



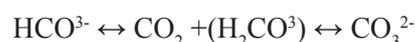
Gambar 1. Produksi Biomassa *S. platensis* dan pH Medium Air Limbah 25%, 50%, 75% dan 100 % terhadap Medium Kontrol

Pada keempat variasi perlakuan persentase air limbah, produksi biomassa *S. platensis* yang optimum dihasilkan pada hari ke-4 periode pengamatan dengan kultur pada medium air

limbah 100% memiliki nilai biomassa tertinggi di antara perlakuan lainnya, yaitu 0,395 g/L, dan 25% lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa kultur pada medium kontrol sebanyak 0,305 g/L (Gambar 1). Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan nitrogen dalam medium air limbah 100% lebih tinggi jika dibandingkan dengan medium air limbah dengan persentase lebih rendah dan medium kontrol. Menurut Raof dkk. (2008), nitrogen merupakan unsur penting bagi pertumbuhan sel *S. platensis* yang mendukung aktivitas metabolisme sel sehingga pembelahan sel dapat terus berlangsung.

Faktor lain yang sangat berpengaruh pada pertumbuhan *S. platensis* adalah pH. Pengontrolan pH medium sangat penting untuk menjaga keseimbangan pertumbuhan *S. platensis* (Suminto, 2009). Menurut Habib dkk. (2008), *S. platensis* dapat tumbuh pada medium cair dengan kondisi basa dengan rentang pH antara 8,5–11,0, sedangkan pH optimum untuk pertumbuhan *S. platensis* berkisar antara 9,0-10,0 (Pandey dkk., 2010).

Nilai pH pada semua perlakuan (Gambar 1) berkisar antara 8,67-9,66 dan masih berada di dalam kisaran toleransi *S. platensis*. Pada awal percobaan, pH cenderung mengalami kenaikan hingga hari ke-3 diiringi oleh peningkatan biomassa kultur. Kenaikan nilai pH dapat disebabkan oleh bertambahnya ion hidroksil dalam kultur akibat asimilasi CO_2 dan HCO_3^- oleh *Spirulina* sp. Ketika CO_2 berdifusi ke dalam air, maka akan terbentuk asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat berdisosiasi secara spontan menjadi ion karbonat (CO_3^{2-}) dan ion bikarbonat (HCO_3^-). Ketiga senyawa memiliki reaksi kesetimbangan dalam kultur sebagai berikut :



Ketika terjadi asimilasi gas CO_2 maka reaksi akan bergeser ke sebelah kanan, karena HCO_3^- akan berubah menjadi CO_2 , menggantikan CO_2 bebas yang diserap oleh *S. platensis*. Bertambahnya periode kultur mengakibatkan penurunan jumlah bikarbonat dan terjadi akumulasi karbonat dalam kultur. Akumulasi karbonat akan meningkatkan nilai pH pada kultur karena karbonat merupakan senyawa paling basa diantara senyawa C lainnya (HCO_3^- dan CO_2) (Suantika dan Hendrawandi, 2009). Pada hari ke-4 hingga hari ke-6, pH cenderung

Tabel 3. Kandungan Proksimat pada *Spirulina platensis* (% Berat Kering)

No	Komponen	Hasil Uji	FAO Fisheries and Aquaculture Circular (Habib dkk., 2008)			
			FOI, Prancis	SAC, Thailand	IPGSR, Malaysia	BAU, Bangladesh
1	Protein (%)	59,64	65	55-70	61	60
2	Lemak kasar (%)	4,17	4	5-7	6	7
3	Serat kasar (%)	9,31	3	5-7	-	-
4	Karbohidrat (%)	13,33	19	-	14	-
5	Kadar air (%)	7,05	-	4-6	6	9
6	Kadar abu (%)	13,55	3	3-6	9	11

konstan, begitu pula dengan produksi biomassa kultur yang stasioner. Kemudian pH mengalami penurunan hingga akhir pengamatan (hari ke-8) disertai dengan penurunan produksi biomassa. Melalui pengamatan pH dan biomassa kultur, dapat diketahui bahwa nilai pH pada medium berbanding lurus dengan produksi biomassa seperti yang dikemukakan oleh Kim dkk. (2007).

Nilai Proksimat pada *Spirulina platensis*

Menurut Promya dkk. (2008), kandungan protein dalam *S. platensis* berkisar antara 60–71%, lemak 8% dan karbohidrat 16%. Berdasarkan hasil analisa proksimat terhadap *S. platensis* (Tabel 3), kandungan protein biomassa kultur yang ditumbuhkan pada medium air limbah cukup tinggi.

Jika dibandingkan dengan data FAO (Habib, dkk., 2008) (Tabel 3), kandungan protein biomassa *S. platensis* yang dihasilkan pada penelitian ini sedikit lebih rendah dibandingkan hasil penelitian *French Oil Institute* (FOI) Prancis, *Institute of Post-graduate Studies and Research laboratories* (IPGSR) *University of Malaya* Malaysia dan *Bangladesh Agricultural University* (BAU) Bangladesh, tetapi setara dengan *Siam Algae Co* (SAC) Thailand. Dapat dilihat pula bahwa kadar abu pada biomassa *S. platensis* memiliki nilai yang sangat tinggi, hal ini disebabkan oleh penambahan CaCO_3 pada medium untuk meningkatkan pH (Suantika dan Hendrawandi, 2009).

Dengan kandungan protein yang cukup tinggi, *S. platensis* tersebut berpotensi untuk digunakan sebagai sumber protein alternatif. Selain itu, kandungan lemak dan karbohidrat dalam biomassa *S. platensis* dapat menjadi nilai

tambah sehingga *S. platensis* tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pelet pakan ikan dan ternak. Pelet dengan mikroalga memiliki keunggulan dibandingkan dengan produk yang beredar, yaitu kandungan protein relatif lebih tinggi dibandingkan produk yang beredar di pasar dan mengandung pigmen alami dan asam lemak tak jenuh esensial (Agustini dkk., 1997; Habib dkk., 2008).

KESIMPULAN

Kultur *S. platensis* pada medium air limbah 100% menghasilkan produksi biomassa paling tinggi pada hari ke-4 kultivasi, yaitu sekitar 25% lebih tinggi dibandingkan medium kontrol. Biomassa *S. platensis* yang dibudidayakan dalam media efluen industri kertas mengandung 60% protein yang hampir setara dengan hasil penelitian di negara lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Gono Semiadi yang telah membimbing penulisan karya tulis ilmiah ini dan Krisna Adhitya Wardhana yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agustini, N. W. S., Kabinawa, I.N.K. Susilaningsih, D. Handayani, R. Djumhawan, Afriastinii, Rahman, Abdul. Yudiyadi. 1997. *Pengembangan Teknologi Bioproses untuk Produksi Enzim, Pestisida Alami dan Kultur Mikroalga*. Puslit Bioteknologi, LIPI. Laporan Teknis.

- Amala, K. dan Ramanathan N. 2013. Comparative studies on production of *Spirulina platensis* on the standard and newly formulated alternative medium. *Science Park* Vol 1 (1): 1-10
- Colla, L. M. Reinehr, C.O. Rechert, C. Costa J.A.V. 2005. Production of Biomass and Nutraceutical Compound by *Spirulina platensis* Under Different Temperature and Nitrogen Regimes. *Bioresource Technology* Vol. 98 (7), 1489-1493
- FAO. 2003. *Food Energy-Methods of Analysis and Conversion Factors*. Rome : FAO Food and Nutrition Paper ISSN 0254-4725 hal. 12
- Goksan, T., Zekerüyaoglu, A., AK., I. 2007. The Growth of *Spirulina platensis* in Different Culture Systems Under Greenhouse Condition. *Turkish Journal of Biology* 31(1) : 47-52
- Habib, M. Ahsan B. Parvin, M. Huntington, T. C., Hasan, M. R. 2008. A Review on Culture, Production and Use of Spirulina as Food for Humans and Feeds for Domestic Animals and Fish. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular* No. 1034 : 4-5
- Jourdan, J. P. 2001. *Grow Your Own Spirulina*. Antenna Technologies. http://www.antenna.ch/en/documents/Jourdan_UK.pdf diakses tanggal 15 Agustus 2013
- Kementerian Perindustrian. 2011. *Statistik Indagro 2010*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Perindustrian.
- Khoirunisa, E., Mutiah, E., Abdullah, 2012. Proses Kultivasi *Spirulina platensis* Menggunakan POME (*Palm Oil Mill Effluent*) Sebagai Media Kultur dalam Raceway Open Pond Bioreactor. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 1(1): 264-269
- Kim, C. J. Jung, Y. H., Oh, H. M. 2007. Factor Indicating Culture Status During Cultivation of *Spirulina (Arthrospira) platensis*. *Journal of Microbiology* 45(2): 122 - 127.
- Koru, E. 2012. *Food Additive in Earth Food Spirulina (Arthrospira): Production and Quality Standarts*, 191-202. INTECH.
- Mahdi, M.Z., Titisari, Y.N., Hadiyanto. 2012. Evaluasi Pertumbuhan Mikroalga dalam Medium POME: Variasi Jenis Mikroalga, Medium dan Waktu Penambahan Nutrient. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 1 : 284-291
- Markou, G., Georgakakis, D.. 2011. Cultivation of Filamentous *Cyanobacteria* (Blue-Green Algae) in Agro-industrial Waste and Wastewaters: A Review. *Journal Applied Energy* 88 (10) : 3389-3401
- Pandey, J.P., Pathak, N., Tiwari, A.. 2010. Standardization of pH and Light Intensity for the Biomass Production of *Spirulina platensis*. *Journal of Algal Biomass Utilization* 1(2): 93-102
- Promya, J. Traichaiyaporn, S. Deming, R. 2008. Phytoremediation of Kitchen Wastewater by *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler : Pigmen Content, Production Variable Cost and Nutritional Value. *Maejo International Journal of Science and Technology* 2(02): 159-171.
- Raof, B., Kaushik, B. D., Prasanna, R. 2008. Formulation of a Low-cost Medium for Mass Production of *Spirulina*. *Biomass and Bioenergy* Vol 30 (6) : 537-542
- Sari, F. Y. A., Suryajaya, I. M. A. Hadiyanto. 2012. Kultivasi Mikroalga *Spirulina platensis* dalam Media POME dengan Variasi Konsentrasi POME dan Komposisi Jumlah Nutrien. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 1(1): 487-494
- SNI. 1992. SNI 01-2891-1992 *Cara Uji Makanan dan Minuman*. Badan Standardisasi Nasional-BSN: 1- 3.
- Suantika, G., Hendrawandi, D.. 2009. Efektivitas Teknik Kultur menggunakan Sistem Kultur Statis, Semi-kontinyu, dan Kontinyu terhadap Produktivitas dan Kualitas Kultur *Spirulina* sp. *Jurnal Matematika dan Sains* 14 (2): 41-50
- Suminto. 2009. Penggunaan Jenis Media Kultur Teknis Terhadap Produksi dan Kandungan Nutrisi Sel *Spirulina platensis*. *Jurnal Saintek Perikanan* 4(2) : 53-61.
- Wijoseno, T.. 2011. *Uji Pengaruh Variasi Medium Kultur terhadap Tingkat Pertumbuhan dan Kandungan Protein, Lipid, Klorofil, dan Karotenoid pada Mikroalga Chlorella vulgaris Buitenzorg*. Skripsi, Departemen Teknik Kimia. Depok: Universitas Indonesia.