

PEMANFAATAN EMISI GAS CO₂ UNTUK BUDIDAYA *SPIRULINA PLATENSIS* DALAM UPAYA PENURUNAN GAS RUMAH KACA (GRK)

UTILIZATION OF CO₂ GAS EMISSIONS FOR *SPIRULINA PLATENSIS* CULTIVATION IN REDUCING EFFORTS OF GREENHOUSE GAS (GHG)

Yusup Setiawan, Aep Surachman, Prima Besty Asthary, dan Saepulloh

Balai Besar Pulp dan Kertas, Kementerian Perindustrian,

Jl. Raya Dayeuh Kolot No. 132 Bandung – Indonesia

e-mail: yusupsetiawan60@yahoo.com

diajukan: 04/07/2014, direvisi: 06/08/2014, disetujui: 26/08/2014

ABSTRACT

CO₂ gas of boiler emissions is one of the main greenhouse gas (GHG) which should be minimized its emissions into the atmosphere. At this time, the boiler emissions discharged into the atmosphere has not been utilized. *Spirulina platensis* cultivation experiment in laboratory scale with the addition of CO₂ gas from boiler emissions has been carried out. CO₂ gas emission of coal-fired boilers of paper industry using waste paper as a raw material was used in this experiment. CO₂ gas boiler emissions with a flow rate of 250-750 ml/min are added into the growing medium of *Spirulina platensis*. *Spirulina platensis* biomass, temperature and pH were observed during the experiment. Content of protein, fat, fiber, ash and amino acids of harvested *Spirulina platensis* were analyzed. The results shows that the CO₂ gas emissions of coal-fired boilers of paper industry can be utilized for the *Spirulina platensis* cultivation. *Spirulina platensis* biomass concentration of 222 mg/L can be achieved with the addition of CO₂ gas boiler emissions at a rate of 750 mL/minute. Biomass of *Spirulina platensis* contain protein of 35.97 %, crude fat of 2.16 %, crude fiber of 5.75 %, moisture of 9.80%, and ash of 13.55 %. *Spirulina platensis* also contains amino acids, sodium and calcium and it does not contain heavy metals (Cd). Therefore, it could potentially be used as a feed raw material for animal. Utilization of CO₂ boiler emissions in the cultivation of *Spirulina platensis* can reduce Greenhouse Gases (GHG).

Keywords: CO₂ emissions, *Spirulina platensis*, Greenhouse Gases, Proteins, Amino acids

ABSTRAK

Gas CO₂ emisi boiler merupakan salahsatu Gas Rumah Kaca (GRK) harus diminimisasi emisinya ke atmosfer. Pada saat ini emisi boiler dibuang ke atmosfer belum termanfaatkan. Percobaan budi daya *Spirulina platensis* skala laboratorium dengan penambahan gas CO₂ emisi boiler telah dilakukan. Emisi CO₂ boiler berbahan bakar batubara industri kertas berbahan baku kertas bekas digunakan dalam percobaan ini. Gas CO₂ emisi boiler ditambahkan ke dalam media tumbuh *Spirulina platensis* dengan laju alir 250 – 750 mL/menit. Pertumbuhan biomassa *Spirulina platensis*, suhu dan pH selama percobaan diamati. Kadar protein, lemak, serat, abu dan asam amino *Spirulina platensis* hasil panen di analisa. Hasil menunjukkan bahwa gas CO₂ emisi boiler berbahan bakar batubara industri kertas dapat dimanfaatkan untuk budidaya *Spirulina platensis*. Kadar biomassa *Spirulina platensis* sebesar 222 mg/L dapat dicapai dengan penambahan gas CO₂ emisi boiler dengan laju 750 ml/menit. Biomassa *Spirulina platensis* mengandung protein 35,97%, lemak kasar 2,16%, serat kasar 5,75%, kadar air 9,80%, dan kadar abu 13,55%. *Spirulina platensis* juga mengandung asam amino, Natrium dan Kalsium tetapi tidak mengandung logam berat Cd. Oleh karena itu *Spirulina platensis* berpotensi digunakan sebagai bahan pakan ternak. Pemanfaatan gas CO₂ emisi boiler pada budidaya *Spirulina platensis* dapat menurunkan Gas Rumah Kaca (GRK).

Kata kunci: Emisi CO₂, *Spirulina platensis*, Gas Rumah Kaca, Protein, Asam amino

PENDAHULUAN

Pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak dan gas adalah sumber terbesar emisi CO₂ secara global. Emisi gas buang dari pembakaran bahan bakar fosil

mengandung CO₂, CO, NO_x, SO_x dan partikulat. Emisi gas buang dari pembakaran batubara mengandung gas CO₂ sebanyak 5 - 15% (Kanhaiya, *et.a.l.*, 2011). Sudhakar *et al.* (2011) melaporkan bahwa 80% CO₂ di atmosfer berasal dari

hasil pembakaran bahan bakar fosil. Peningkatan kandungan gas CO₂ di atmosfer dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu bumi dan perubahan iklim/pemanasan global.

Penghilangan gas CO₂ dari industri adalah suatu kebutuhan pada saat ini. Penurunan gas CO₂ ke atmosfer dapat dilakukan melalui mitigasi CO₂. Penghilangan gas CO₂ dengan cara biologi adalah salahsatu alternatif yang menarik. Mikroalga telah menarik perhatian untuk fiksasi CO₂ yang mengubahnya menjadi biomassa melalui fotosintesa (Kumar, *et.al.*, 2010). Satu kilogram algae kering menggunakan sekitar 1,83 kg CO₂ (Li, *et.al.*, 2006; Kanhaiya, *et.a.l.*, 2010). Selain gas CO₂, emisi gas buang mengandung gas SO_x dan NO_x yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Toleransi mikroalga terhadap gas-gas tersebut sangat bervariasi tergantung spesiesnya. Mikroalga *Spirulina platensis* dapat toleran terhadap gas SO_x dan NO_x dan gas CO₂ yang konsentrasinya < 12% (Kanhaiya, *et.a.l.*, 2011).

Sumber CO₂ untuk mikroalga antara lain dari atmosfer, emisi gas buang industri dan karbonat terlarut (NaHCO₃, Na₂CO₃). Konsentrasi CO₂ dari atmosfer (\approx 0,0387%) tidak cukup untuk mendukung kecepatan pertumbuhan mikroalga dan produktivitas yang diperlukan untuk skala produksi bahan bakar bio dari mikroalga. Emisi gas buang dari proses pembakaran yang mengandung gas CO₂ 5 -15% dapat mendukung untuk produksi mikroalga skala besar (Kanhaiya, *et.a.l.*, 2011).

Spirulina platensis adalah salahsatu mikroalga yang dapat tumbuh dengan baik dalam air kualitas rendah seperti air limbah dalam kondisi basa dengan ketersediaan nutrisi serta sinar matahari yang cukup (Kumar, *et.al.*, 2010; Varma, *et.al.*, 2012). Pertumbuhan *Spirulina platensis* dipengaruhi oleh faktor suhu yang optimum pada kisaran 35 - 37°C dan pH pada kisaran 8,3 - 11 (Habib, *et al.*, 2008). *Spirulina platensis* mempunyai kandungan protein, asam amino, vitamin, mineral dan pigmen yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan tambahan (suplemen) bagi manusia, hewan, dan akuakultur (Ono, 2004). Budidaya *Spirulina platensis* dengan

fiksasi CO₂ dari pembakaran bahan bakar fosil dapat mengurangi emisi CO₂ ke atmosfer dan menyediakan alternatif suplemen makanan bagi manusia atau pakan ternak (Benemann, 1997).

Dalam makalah ini diuraikan pengaruh penambah gas CO₂ dari emisi boiler terhadap pertumbuhan biomassa *Spirulina platensis* dalam media efluen instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri kertas. Produktivitas biomassa, penggunaan CO₂ dan absorpsi CO₂ emisi boiler dalam upaya penurunan Gas Rumah Kaca (GRK) juga dibahas. Kualitas *Spirulina platensis* yang dihasilkan juga disajikan.

METODE

Bahan

Bibit mikroalga *Spirulina platensis* diperoleh dari Puslit Bioteknologi, LIPI, Cibinong. Emisi boiler berbahan bakar batubara sebagai sumber CO₂ dan efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai media tumbuh *Spirulina platensis* diambil dari industri kertas berbahan baku kertas bekas. Emisi CO₂ boiler dan efluen IPAL masing-masing dikarakterisasi di laboratorium pengujian udara dan laboratorium air limbah Balai Besar Pulp dan Kertas BBPK) Bandung. Gas CO₂ murni juga digunakan sebagai kontrol. Urea sebagai sumber Nitrogen (N) dan KH₂PO₄ sebagai sumber Posfor (P) digunakan sebagai nutrisi. CaCO₃ juga digunakan untuk meningkat pH air media tumbuh *Spirulina platensis*.

Metode

Percobaan dilakukan dengan sistem batch dalam reaktor terbuat dari kaca berukuran panjang 39 cm, lebar 29 cm dan tinggi 39 cm. Reaktor ditempatkan dalam bangunan yang atapnya tembus cahaya sinar matahari dengan rata-rata intensitas cahaya sekitar 4.000–5.000 lux selama pencahayaan 12 jam. Ke dalam reaktor diisikan air media kultur sebanyak 18 L dan bibit mikroalga *Spirulina platensis* sebanyak 2 L. Urea dan KH₂PO₄ masing-masing ditambahkan ke dalam reaktor sebanyak 0,05 g/l dan 0,05 g/l. Emisi boiler dialirkan ke dalam reaktor menggunakan pompa dosis melalui diffuser dengan laju alir 250,

500 dan 750 ml/menit masing-masing selama 17 menit setiap hari. Penambahan gas CO₂ murni dengan laju alir 250 ml/menit selama 17 menit setiap hari juga dilakukan yang digunakan sebagai kontrol. Foto rangkaian percobaan budidaya *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Gambar 1. Selama percobaan parameter pH dan temperatur diukur, dan pertumbuhan biomassa *Spirulina platensis* di analisa dengan metoda gravimetri. pH diukur menggunakan pH meter sebelum dan sesudah penambahan gas CO₂ baik dari emisi boiler maupun dari gas CO₂ murni. Pada tahap akhir, *Spirulina platensis* dipanen dengan cara disaring menggunakan jaring plankton. Biomassa *Spirulina platensis* basah kemudian dikeringkan dengan panas sinar matahari. Biomassa *Spirulina platensis* hasil panen dianalisa proksimat di laboratorium Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran dan kandungan asam amino di laboratorium PT. Saraswanti Indo Genetech, Bogor .



Gambar 1. Rangkaian percobaan budidaya *Spirulina platensis*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Efluen IPAL Dan Emisi Boiler Industri Kertas

Berdasarkan hasil pengamatan secara visual efluen IPAL industri kertas terlihat bening sedikit berwarna kekuningan yang mana penetrasi sinar matahari masih memungkinkan terjadi. Hasil analisa karakteristik efluen IPAL industri kertas ditunjukkan pada Tabel 1. pH efluen IPAL bersifat netral dengan kandungan COD, BOD dan TSS nya cukup rendah. Karakteristik efluen IPAL industri kertas tersebut telah memenuhi baku mutu limbah cair menurut Keputusan Menteri Lingkungan

Hidup No. 51 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri Pulp dan Kertas.

Tabel 1. Karakteristik air limbah terolah industri kertas

No	Parameter	Konsentrasi
1.	pH	7,31
2.	COD	107 mg/L
3.	BOD ₅	84 mg/L
4.	Nitrogen total (N total)	3,43 mg/L
5.	Posfor (P)	0,014 mg/L
6.	Total Suspended Solid (TSS)	21 mg/L

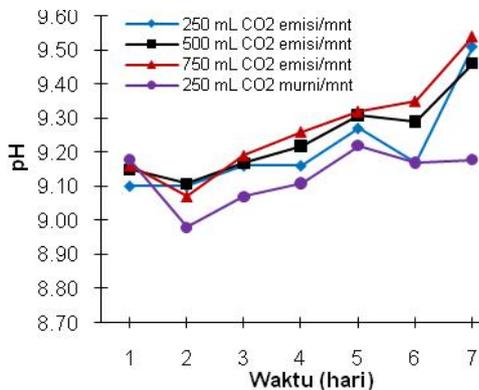
Efluen IPAL industri kertas tersebut masih mengandung nitrogen (N) dan Posfor (N) walaupun relatif rendah, yaitu masing-masing sebesar 3,43 mg/l dan 0,014 mg/l. Dalam pertumbuhan *Spirulina platensis*, nitrogen (N) dan Posfor (N) diperlukan sebagai unsur hara makro. Nitrogen berperan pada proses sintesis asam amino sebagai penyusun protein di dalam sel (Colla, *et al*, 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, *et al.*, 2012).

Hasil analisa emisi boiler berbahan bakar batubara yang digunakan dalam percobaan ini mengandung gas CO₂ 4,8%v/v, CO 343 ppm, SO₂ 8 ppm, NO₂ 8,5 ppm. Emisi boiler mengandung gas CO₂ yang rendah < 12% v/v, gas SO₂ dan NO₂ yang rendah sehingga *Spirulina platensis* masih dapat tumbuh dengan baik. Kandungan gas SO₂ dan NO₂ dalam emisi boiler tersebut termasuk dalam kategori konsentrasi rendah sehingga kurang berpengaruh terhadap penurunan pH yang drastis (Kanhaiya, *et.al.*, 2011).

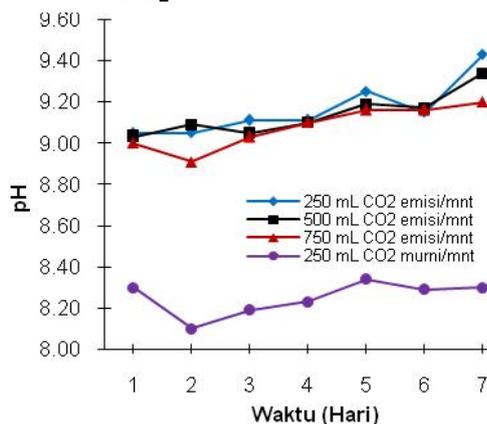
Pertumbuhan *Spirulina platensis*

Spirulina platensis dapat tumbuh dengan baik pada pH basa 8,3 -11 (Li, *et.al.*, 2006). Melihat pH dari media tumbuh *Spirulina platensis* dari efluen IPAL pH nya sekitar 7,3, maka ditambahkan larutan CaCO₃ ke dalam media tumbuh *Spirulina*

platensis sampai pH nya sekitar 9 (Li, *et.al.*, 2006). Didalam percobaan, penambahan gas CO₂ baik dari emisi boiler maupun dari gas CO₂ murni dibatasi waktu pengalirannya yaitu selama 17 menit/hari. Hal ini untuk mencegah terjadinya penurunan drastis pH media tumbuh *Spirulina platensis* < 8,3 karena kelarutan CO₂ dan SO₂ yang berlebihan (Westerhoff, *et.al.*, 2010). Hasil pengamatan pH sebelum dan sesudah penambahan dan CO₂ masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Gambar 2b menunjukkan bahwa pada saat penambahan gas CO₂ emisi boiler ada sedikit penurunan pada pH media tumbuh *Spirulina platensis*. Sedangkan pada saat penambahan gas CO₂ murni penurunan pada pH media tumbuh *Spirulina platensis* cukup besar, penurunan pH nya bisa dari 9 menjadi 8. Akan tetapi pada keesokan harinya, pH semua reaktor bisa meningkat lagi sampai antara pH 9-10. Penurunan pH pada saat penambahan gas CO₂ baik dari gas CO₂ emisi boiler maupun gas CO₂ murni dikarenakan terjadinya reaksi antara gas CO₂ dengan air membentuk asam H₂CO₃

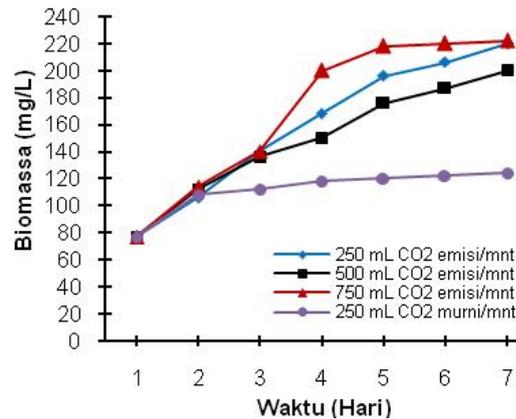


Gambar 2. pH media tumbuh *Spirulina platensis* sebelum penambahan CO₂

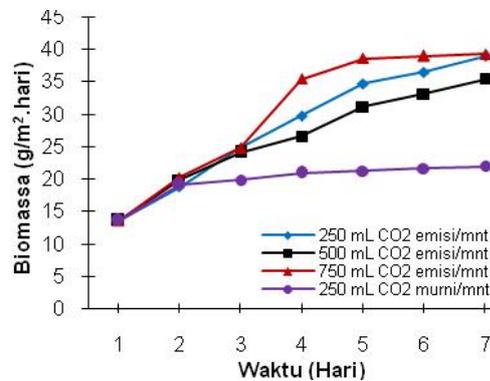


Gambar 3. pH media tumbuh *Spirulina platensis* sesudah penambahan CO₂

Pertumbuhan dan laju produktivitas biomassa *Spirulina platensis* dari masing-masing variasi penambahan gas CO₂ seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan bahwa



Gambar 4. Konsentrasi pertumbuhan biomassa



Gambar 5. Laju produktivitas biomassa

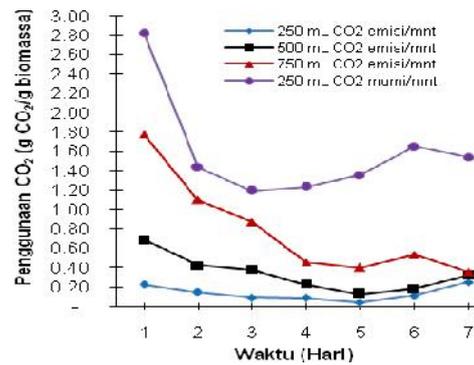
Secara umum, pertumbuhan biomassa *Spirulina platensis* dengan penambahan gas CO₂ emisi boiler lebih besar dari pertumbuhan biomassa *Spirulina platensis* dengan penambahan gas CO₂ murni.

Rendahnya pertumbuhan biomassa *Spirulina platensis* dengan penambahan gas CO₂ murni dapat disebabkan oleh penurunan nilai pH yang besar pada saat penambahan sehingga untuk mencapai pH yang optimum kembali (> 8,3) untuk pertumbuhan *Spirulina platensis* perlu ada penambahan bahan kimia yang menaikkan pH tidak dapat tercapai dengan pemulihan

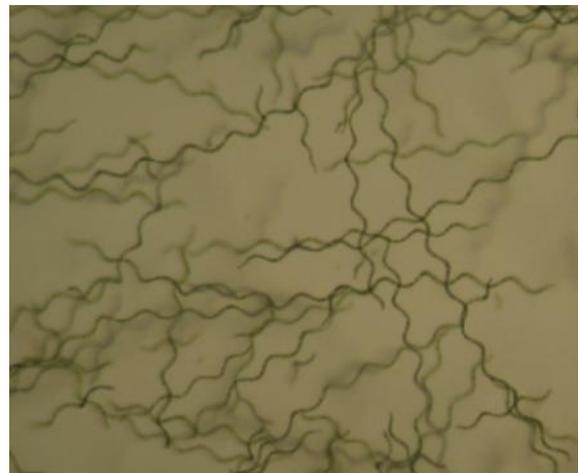
penambahan pH dengan sendirinya. Konsentrasi biomassa *Spirulina platensis* yang terbesar yaitu 222 mg/L (Gambar 4) dengan laju produktivitas biomassa *Spirulina platensis* yaitu 39,3 g/m².hari (Gambar 5) dapat dicapai pada hari ke 7 dengan penambahan gas CO₂ emisi boiler dengan laju 750 ml/menit. Produktivitas biomassa *Spirulina platensis* tersebut sedikit lebih besar nilai teoritis yaitu 30 g/m².hari (Li, *et.al.*, 2006).

Pada awal pertumbuhan *Spirulina platensis*, gas CO₂ yang terlarut dalam media tumbuh *Spirulina platensis* yang digunakan untuk pertumbuhan *Spirulina platensis* cukup tinggi. Selanjutnya menurun pada hari berikutnya sampai hari ke 7 pada saat panen. Banyaknya penggunaan CO₂ per biomassa *Spirulina platensis* pada penambahan gas CO₂ emisi boiler dengan laju 750 ml/menit adalah berkisar antara 0,36 – 1,78 g CO₂/g biomassa dengan rata-rata 0,78 g CO₂/g biomassa (Gambar 6). Adapun pada saat panen, penggunaan CO₂ nya adalah 0,36 g CO₂/g biomassa Nilai tersebut lebih kecil dari yang dilaporkan Li, *et.al.*, 2006 dan Kanhaiya, *et.al.*, 2011 yaitu 1,8 g CO₂/g biomassa. Foto *Spirulina platensis* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 7.

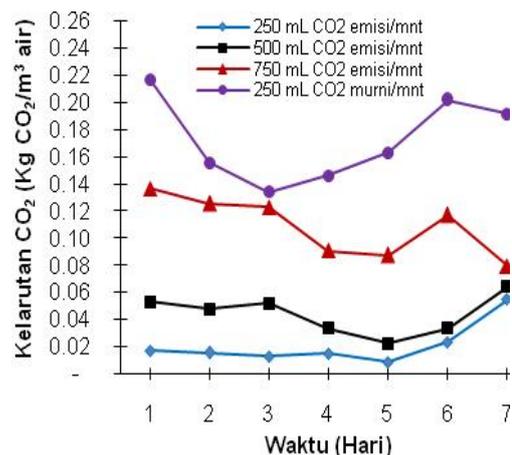
Banyaknya kelarutan gas CO₂ emisi boiler dalam media tumbuh *Spirulina platensis* dan efisiensi absorpsi CO₂ ditunjukkan masing-masing pada Gambar 6 dan Gambar 8. Kelarutan gas CO₂ dalam media tumbuh *Spirulina platensis* terbesar dicapai pada penambahan gas CO₂ emisi boiler dengan laju 750 ml/menit yaitu berkisar antara 0,09 – 0,14 kg CO₂/m³ air media tumbuh dengan rata-rata 0,11 kg CO₂/m³ air media tumbuh (Gambar 6a). Pada laju penambahan gas CO₂ emisi boiler tersebut, efisiensi absorpsi CO₂ nya berkisar antara 0,14 – 0,25% dengan rata-rata 0,20% (Gambar 9). Gas CO₂ dari emisi boiler dapat dimanfaatkan untuk budidaya *Spirulina platensis* dan berkontribusi dalam menurunkan gas CO₂ emisi boiler sebagai gas rumah kaca (GRK) sebesar 0,20 %.



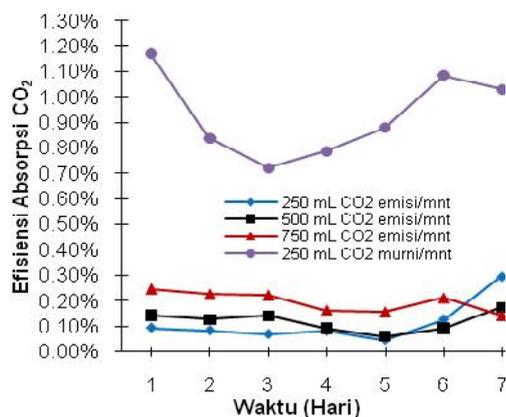
Gambar 6. Penggunaan CO₂ pada pertumbuhan *Spirulina platensis*



Gambar 7. Foto *Spirulina platensis* yang dihasilkan



Gambar 8. Kelarutan CO₂ dalam media tumbuh *Spirulina platensis*



Gambar 9. Efisiensi absorpsi CO₂

Kualitas Biomassa *Spirulina platensis*

Spirulina platensis yang dihasilkan memiliki kadar lemak rendah tetapi kadar abu tinggi (Tabel 2). Hal ini, disebabkan oleh penambahan CaCO₃ pada medium untuk meningkatkan pH. Sedangkan kandungan protein nya cukup tinggi.

Tabel 2. Kandungan Proksimat pada *Spirulina platensis*

No	Komponen	Konsentrasi
1.	Protein	35,97 %
2.	Lemak kasar	2,16 %
3.	Serat kasar	5,75 %
4.	Air	9,80 %
5.	Abu	13,55 %
6.	BETN	35,19 %
7.	TDN	63,36 %
8.	Energi bruto	3.258 Kkal/kg

Hasil analisa asam amino dan mineral *Spirulina platensis* pada Tabel 3. *Spirulina platensis* yang ditumbuhkan dalam media efluen IPAL mengandung asam amino walaupun kadarnya lebih rendah dibandingkan dengan hasil budidaya *Spirulina platensis* Siam Algae Co. Ltd., Thailand dan IPGSR-Malaysia (Habib, 2008).

Selain mengandung asam amino, *Spirulina platensis* yang ditumbuhkan dalam media efluen IPAL juga mengandung Natrium dan Kalsium tetapi tidak mengandung logam berat Cd. Dengan kandungan protein dan asam amino yang cukup tinggi, *Spirulina platensis* tersebut berpotensi digunakan sebagai suplemen

pakan ternak (Panji, 2001; Kumar, 2010; Habib, 2008).

Tabel 3. Hasil Analisa Asam Amino *Spirulina platensis*, mineral dan logam

No.	Parameter	Satuan	Hasil penelitian		
			BBPK	¹⁾ Siam Algae Co. Ltd. Thailand	²⁾ IPGSR, Malaysia
1.	Asam Amino				
	L-aspartic acid	%	2,36	5,20-6,00	5,37
	L-serine	%	1,36	-	3,84
	L-glutamic acid	%	2,28	7,30-9,50	7,04
	Glycine	%	1,62	-	6,66
	L-histidine	%	0,56	-	2,81
	L-agrinine	%	1,99	-	4,94
	L-threo nine	%	1,52	-	3,35
	L-alanine	%	1,97	-	10,81
	L-proline	%	1,68	-	4,11
	L-Cystine	%	0,08	0,50-0,70	0,6
	L-Tyro sine	%	0,99	2,60-3,30	3,42
	L-Valine	%	1,81	-	4,02
	L-Metheo nine	%	0,19	1,30-2,00	2,75
	L-Lysine HCl	%	1,17	2,60-3,30	4,63
	L-Isoleu cine	%	1,42	-	3,85
	L-Leucine	%	2,25	5,90-6,50	8,37
	L-Phenyl alanine	%	1,34	2,60-3,30	4,10
2.	Na	mg/100g	566	-	-
3.	Ca	mg/100g	2.204	-	-
4.	Mg	mg/100g	367	-	-
5.	Cd	ppm	tt	-	-

¹⁾ Sumber : Habib, 2008

**) tt:tidak terdeteksi

KESIMPULAN

Efluen IPAL industri kertas dapat dimanfaatkan sebagai media tumbuh *Spirulina platensis*. Emisi boiler mengandung gas CO₂ yang rendah < 12% v/v, serta gas SO₂ dan NO₂ yang rendah, sehingga *Spirulina platensis* masih tumbuh baik. Kandungan gas SO₂ dan NO₂ dalam emisi boiler yang rendah kurang berpengaruh terhadap penurunan pH media tumbuh. Penambahan gas CO₂ emisi boiler dengan laju 750 ml/menit ke dalam media tumbuh menghasilkan biomassa *Spirulina platensis* sebesar 222 mg/L dengan produktivitasnya sebesar 39,3 g/m².hari pada saat panen. Besarnya penggunaan CO₂/biomassa *Spirulina platensis* berkisar antara 0,36 – 1,78 g CO₂/g biomassa

dengan rata-rata 0,78 g CO₂/g biomassa. Gas CO₂ dari emisi boiler dapat dimanfaatkan untuk budidaya *Spirulina platensis* dan berkontribusi menurunkan gas CO₂ emisi boiler sebagai gas rumah kaca sebesar 0,20%. *Spirulina platensis* yang di tumbuhkan dalam media efluen IPAL dengan penambahan gas CO₂ emisi boiler mengandung protein, asam amino dan mineral yang cukup tinggi, dan tidak mengandung logam berat Cd berpotensi sebagai suplemen pakan ternak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Kepala Balai Besar yang telah memberikan dan menyediakan fasilitas percobaan dan sumbangan pikiran dalam penyusunan materi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Beneman, J.R. & Hughes, E. 1997. Biological Fossil CO₂ Mitigation. Energy Conversion. Management 38: S467–S473.
- Colla, L. M. Reinehr, C.O. Rechert, C. Costa J.A.V. 2007. Production of Biomass and Nutraceutical Compound by *Spirulina platensis* Under Different Temperature and Nitrogen Regimes. Bioresource Technology, Vol. 98, Issue 7:1489-1493.
- Habib, M. Ahsan B. Parvin, Mashuda. Hutington, Tim C. Hasan, Mohammad R. 2008. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1034, FIMA/C101034(En). Rome-Italy. FAO *Fiat Panis*
- Kanhaiya Kumar, Chitralekha Nag Dasgupt., Bikram Nayak, Peter Lindblad, Debabrata Das. 2011. Development of suitable photobioreactor for CO₂ sequestration addressing global warming using green algae and cyanobacteria. Bioresource Technology 102 (2011): 4945 – 4953.
- Kumar, Amit. Sarina Ergas, Xin Yuan, Ashis Sahu, Qiong Zhang, Jo Dewulf, F. Xavier Malcata, Herman van Langenhove. 2010. Trends in Biotechnology. Vol.28 No 7:371-380.
- Li, Yan. Markley, B. Mohan, A.R. Rodriguez-Santiago, V. Thompson, D. & Van Niekerk, D. 2006. Utilization of Carbon Dioxide from Coal-Fired Power Plant for the Production of Value-Added Products, 27 April 2006. http://www.ems.psu.edu/~elsworth/courses/egee580/utilization_final_report.Pdf. [5 Desember 20011].
- Ono, E. & Cuello, J.L. 2004. Design Parameters of Solar Concentrating Systems for CO₂ Mitigating Algal Photobioreactors. Energy. 29: 1651–1657.
- Panji, Tri. Suharyanto, Zain Tanto. 2001. Optimization Media from Low-cost Nutrient Sources for Growing *Spirulina platensis* and Carotenoid Production. Menara Perkebunan, 2001 69(1): 18-28.
- Sari, F. A. S. Suryajaya, I Made S. 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
- Sudhakar, K. Suresh, S. & Premalatha, M. 2011. An Overview of CO₂ Mitigation Using Algae Cultivation Technology. International Journal of Chemical Research. Vol. 3, Issue 3: 110-117.
- Varma, V. Sudharsan., Srinivasa, S.V., Suthanthararajan, R., Ravindranath, E. 2012. Algal Symbiosis in Reduction of Greenhouse gas (GHG) Emission and Bio-Energy Production. Proceeding of International Conference on Control of Industrial Gaseous Emission : 89-93.
- Westerhoff, P., Hu, Q., Esparza-Soto, M., Vermaas, W. 2010. Growth Parameters of microalgae tolerant to high levels of carbon dioxide in batch and continuous-flow photobioreactors. Environ. Technol. 31: 523 - 532.
- Wijoseno, Tangguh. 2011. Uji Pengaruh Variasi Media Kultur terhadap Tingkat Pertumbuhan dan Kandungan Protein, Lipid, Klorofil, dan Karotenoid pada Mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg. Tesis. Universitas Indonesia. Depok. Indonesia

Halaman sengaja dikosongkan