

**PROSPEK KANAL PERIFITON SEBAGAI BASIS PENGELOLAAN PERAIRAN DARAT: *Potensi Perifiton Sebagai Bioindikator, Bioproduk, dan Biotik Uptake di Perairan***

**Nofdianto \***

**ABSTRAK**

*Salah satu dampak krisis global yang melanda planet bumi dewasa ini adalah terjadinya degradasi ekologis pada sektor perairan darat. Terutama di negara-negara berkembang seperti halnya Indonesia pengelolaan sumberdaya perairan umumnya masih bersifat darurat dan tidak memperhatikan aspek perlindungan dan pelestarian. Didukung oleh faktor geografis, pengembangan model pengelolaan perairan darat berbasiskan "Kanal Perifiton" memiliki prospek terutama sebagai bio-indikator, bio-produk, dan biotik- Uptake. Beberapa studi secara terpisah telah dilakukan terhadap tiga prospektif tersebut, antara lain studi pemodelan produksi net yang mengukur laju fotosintesis-respirasi dan dikembangkan sebagai bio-indikator di perairan lotik di Laboratorium SEVAB Universitas Paul Sabatier Toulouse Perancis. Net produksi bervariasi secara nyata berdasarkan waktu dan tempat terutama dengan ketersediaan cahaya, arus, nutrien, dan tingkat polusi. Produksi massal dan laju biotik-uptake dilakukan pada sebuah prototipe "Kanal Perifiton" di Puslit Limnologi-LIPI, Cibinong, menunjukkan hasil yang sangat prospektif. Kanal mampu memproduksi hingga 986 kg berat kering perifiton jenis *Stigeoclonium sp* per hektar substrat atau rata-rata produksi mencapai 808.2 kg per hektar per minggu. Fungsi bio-sorption atau bio-uptake oleh perifiton yang diukur pada kanal mampu menurunkan konsentrasi N,P hingga 94 persen terutama pada fase pertumbuhan eksponensial.*

**Kata Kunci :** *Kanal Perifiton, Perairan Darat, Bio-indikator, Bio-uptake, Bio-produk*

**ABSTRACT**

*One impact of the global crisis on the world is a degradation of the water ecology. In particular in developing countries such as Indonesia, the water resource management is still conducted temporally and without concerned to environmental protection. As a tropical country, Indonesia has a potential in development of water resources management based periphyton communities, such as bio-indicators, bio-products, and biotic-up take. The studies were done in some regions shown that net production of periphyton community fluctuated in place and time. Mass culture and bio-uptake of periphyton were conducted by using a "Canal Periphyton" model in Limnology-LIPI laboratory, Cibinong. The canal can produce dry weigh of biomass up to 986 kg or the average production about 808.2 kg per hectare per week. The study of bio-sorption or bio up take of periphyton was also conducted by using "Canal Periphyton" model, and the result has shown that substrate periphyton able to reduce nitrogen and phosphorus concentration up to 94 % in the water.*

**Key words:** *Canal Periphyton, Bio-indicators, Bio-product, Bio-Up take, Net production*

**PENDAHULUAN**

Pemanfaatan, perlindungan, dan pelestarian merupakan kunci kesinambungan ekosistem dalam pengelolaan sumberdaya alam termasuk perairan. Salah satu dampak krisis global yang melanda planet bumi dewasa ini adalah terjadinya degradasi ekologis

---

\* Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, Cibinong  
Email : nofdi@yahoo.com

pada sektor perairan darat. Terutama di negara-negara berkembang seperti halnya Indonesia pengelolaan sumberdaya perairan umumnya masih bersifat darurat dan tidak memperhatikan ketiga aspek tersebut di atas. Sementara air merupakan sumberdaya yang sangat esensial bagi kehidupan umat manusia. Ketersediaan sumberdaya air di bumi tidak merata, dinamis dari waktu ke waktu, dan berbeda dari satu tempat ke tempat lainnya. Disisi lain pertumbuhan populasi manusia semakin tinggi dengan tuntutan urbanisasi dan industrialisasi yang semakin meluas berimplikasi pada meningkatnya kebutuhan akan sumberdaya air. Ketimpangan antara tingkat kebutuhan dan ketersediaan sumberdaya air akan mengakibatkan terjadinya krisis air.

Melihat nilai strategis dari sumberdaya air, maka sistem atau model pengelolaan sumberdaya air menjadi sangat penting artinya. Termasuk berbagai kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan sumberdaya air perlu dilakukan untuk menanggulangi krisis air yang berkelanjutan. Beberapa statement dan kesepakatan telah dibuat sehubungan dengan krisis air antara lain Unesco Tahun 2003 dalam bukunya *Water for people-water for life*, mengungkapkan bahwa terkait dengan permasalahan pengelolaan sumberdaya air disinyalir sekitar 25.000 orang meninggal dunia per hari akibat malnutrisi dan 6000 orang lainnya, yang kebanyakan anak-anak dibawah umur 5 tahun, meninggal akibat penyakit berkaitan dengan air (*water-related diseases*). Pada pertemuan puncak di Rio de Janeiro pada Tahun 1992, disepakati tentang agenda 21 yang didalamnya juga memuat tentang kebijakan sumberdaya air. Pada salah satu Babnya menyatakan bahwa tujuan umum dari pengembangan kebijakan sumberdaya air adalah untuk membuat kepastian terhadap ketersediaan supply secara mencukupi dari sumberdaya air dengan kualitas yang baik dan pengelolaannya untuk seluruh populasi di muka bumi. Melakukan pengelolaan secara hidrologis, biologis dan kimia dari fungsi-fungsi ekosistem, adaptasi aktivitas-aktivitas manusia dalam keterbatasan kapasitas alam dan melawan vektor penyakit berkaitan dengan air (UN, 1992). Dalam United Nation Millenium Declaration (2000), Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) menghimbau kepada negara-negara anggotanya untuk menghentikan eksploitasi sumberdaya air yang mengakibatkan ketidaktersediaan sumberdaya air yang berkelanjutan, melakukan pengembangan strategi pengelolaan sumberdaya air di tingkat regional, nasional maupun lokal menuju akses berkeadilan dan distribusi berkecukupan.

Bertitik tolak pada permasalahan di atas tulisan ini mencoba mempresentasikan beberapa hasil penelitian tentang pengembangan model pengelolaan sumberdaya air berbasis “Kanal Perifiton” baik sebagai bioindikator, bioproduk, dan biosorption atau biouptake.

Kanal Perifiton merupakan istilah baru yang digunakan untuk menjelaskan sebuah komunitas perifiton atau perifiton yang telah dikondisikan secara artifisial pada sebuah substrat di bawah permukaan air yang bergerak atau mengalir. Di alam ketersediaan perifiton terdiri dari kumpulan mikroorganisme yang terdiri dari mikroalgae, bakteri, jamur, mikrofauna, detritus biotik maupun abiotik. Keberadaan perifiton ini sering menempel pada benda keras sebagai substratnya berada beberapa sentimeter di bawah permukaan air. Komunitas ini akan berkembang dengan baik apabila didukung oleh faktor lingkungan yang memadai seperti tersedianya nutrient yang cukup, arus air, dan cahaya.

Peran perifiton ini diperairan lotik atau perairan mengalir belum banyak dipelajari secara intensif hingga saat ini, sementara kehadiran komunitas ini di suatu badan air tersebut merupakan faktor yang sangat penting. Dalam hal ini perifiton merupakan rantai trofik dasar sebagai produktivitas primer, dan juga sangat berperan dalam proses resirkulasi kimia dan biokimia di perairan seperti pada proses fotosintesis dalam mengikat karbon inorganik, mengasimilasi nutrien terlarut di perairan, mineralisasi komponen organik dan lain-lain. Menurut beberapa literatur seperti Lange-Bertalot (1979); Van Dam (1982); Schoeman & Haworth (1986); Round (1991); Cox (1991); Prygiel & Coste (1993) perifiton sudah lama digunakan sebagai bioindikator untuk menentukan kualitas air, baik sebagai indikator pada perairan yang kaya akan elemen nutritif, maupun karena tingkat sensitifitasnya terhadap ion-ion metalik atau senyawa-senyawa toksik di perairan. Bahkan perifiton juga berfungsi sebagai host dan sumber nutrisi bagi beberapa jenis mikro konsumen seperti meiofauna dan invertebrata herbivor di perairan.

Beberapa hasil studi melaporkan bahwa mikroalga bentik atau perifiton ternyata sangat potensial mereduksi nutrien terutama N dan P dari perairan (Wilde & Benemann, 1993; Wilde et al. 1991; Weissman et al. 1998). Komunitas perifiton mampu mereduksi dan mengasimilasi senyawa N dan P di perairan, seperti dilaporkan Walter &

Dodds (2003) bahwa perifiton mempengaruhi removal P dalam badan air mengalir atau tenang dan memiliki kemampuan mereduksi P melalui uptake dan deposisi, penyaringan P partikulat dari badan air dan menurunkan aliran yang mempengaruhi penurunan transport advective P partikulat dan terlarut dari sedimen. Lebih jauh fotosintesis perifiton secara lokal mampu meningkatkan pH dan dapat meningkatkan overflow kalsium fosfat, deposisi secara simultan karbonat fosfat kompleks dan memperpanjang siklus P. Disamping itu perifiton yang berfotosintesis secara aktif dapat menyebabkan konsentrasi oksigen di permukaan sedimen mencapai titik jenuh yang mendorong deposisi metal fosfat. Contoh lain Kristina & Alison (2002) dengan kemampuan mengontrol ketersediaan derivat nutrien di sedimen perifiton mampu mengendalikan dan menekan pertumbuhan gulma laut makro alga di pantai barat Swedia. Sementara beberapa hasil studi lainnya juga melaporkan bahwa komunitas perifiton bahkan mampu menurunkan konsentrasi logam berat diperairan melalui filament dan proses-proses fisiologis yang dihasilkannya.

Dengan potensi yang dimiliki oleh komunitas perifiton tersebut serta faktor alam yang juga mendukung penulis ingin mencoba membahas lebih jauh kemampuan dan sumberdaya perifiton ini dalam kaitannya dengan pengelolaan perairan khususnya perairan darat. Kali ini studi yang berhubungan dengan prospek “Kanal Perifiton” sebagai bioindikator, bioproduk, dan biouptake menjadi bahasan utama dalam tulisan ini.

## **METODOLOGI**

Beberapa studi telah dilakukan secara terpisah terhadap tiga prospektif perifiton. Studi pemodelan produksi net yang mengukur laju fotosintesis-respirasi telah dikembangkan sebagai bioindikator di perairan lotik di Laboratorium SEVAB Universitas Paul Sabatier Toulouse Perancis. Teknologi produksi massal dan penghitungan laju biotik uptake dilakukan pada sebuah prototipe ”Kanal Perifiton” di Puslit Limnologi-LIPI, Cibinong.

Pemodelan produksi net dari komunitas perifiton pada site Pinsaguel dan Gagnac sungai Garonne di Toulouse Perancis dilakukan dengan menggunakan “Model

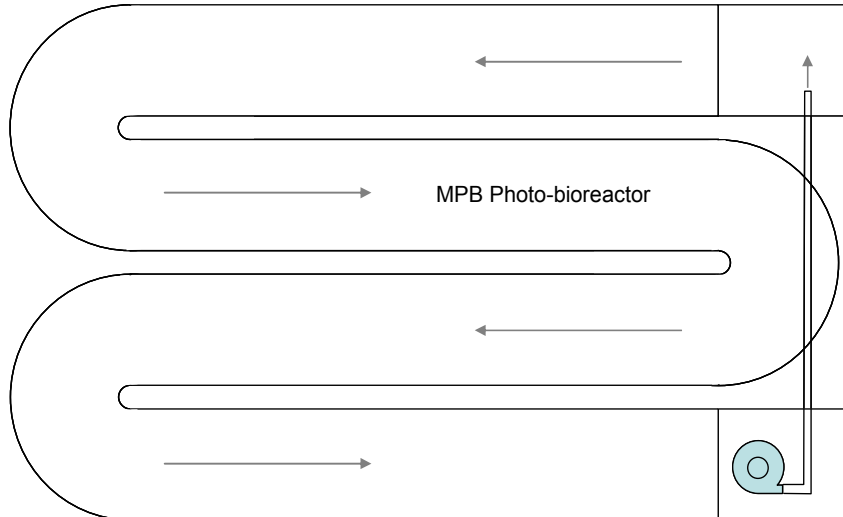
P3B” yang dikembangkan oleh (Nofdianto dan Dauta, 2004). Model ini merupakan penggabungan antara data base lapangan dengan pengukuran secara infitro di laboratorium. Penentuan laju fotosintesis dan respirasi digunakan parameter KI, Pmax, dan respirasi yang diukur secara laboratri yang diekspresikan pada persamaan berikut:

$$P = P_{max} * I *(1 + K_i)^{-1}$$

P = produksi fotosintetik (fosintesis) yang bisa diekspresikan sebagai nilai produksi primer kotor (GPP) atau nilai produksi primer bersih (NPP). Pmax = produksi maksimal pada saat intensitas cahaya dititik jenuh, I = intensitas cahaya saat pengukuran, Ki = nilai konstanta pada titik paroh jenuh cahaya.

Persamaan ini dihubungkan dengan nilai fotosintesis sesaat pada masing-masing fluktuasi intensitas cahaya harian selama 12 jam (Nofdianto, 2005).

Teknologi produksi massal dan penghitungan laju biotik uptake dilakukan pada sebuah prototipe ”Kanal Perifiton”.



Gambar 1. Sketsa “Kanal Perifiton” dilihat dari sisi depan dan atas.

Kanal perifiton ini dibuat dengan konstruksi beton dengan ukuran panjang total 7 meter, lebar total 2,5 meter dan tinggi/kedalaman 0,5 meter. Kanal menyerupai double U yang menghubungkan dua buah bak reservoir dengan volume total sekitar 1000 liter.

Untuk menciptakan arus, kanal dilengkapi dengan dua buah *submersible pump* yang berkapasitas sekitar 3000 liter per jam, pompa ini bekerja masing-masing selama 12 jam per hari yang dikontrol dengan menggunakan *timer*. Kanal perifiton juga dilengkapi dengan pengontrol batas permukaan air otomatis menggunakan *water level ball* dan tangki air fibre 500 liter. Instrumen ini berfungsi sebagai pengontrol volume air media dalam kanal terhadap proses evaporasi sekitar 10 hingga 15 liter per hari. Untuk mengurangi pengaruh radiasi UV dan masuknya air hujan kanal ditutup dengan atap flaxy exel warna putih susu pada ketinggian sekitar 80 centimeter dari permukaan kanal.

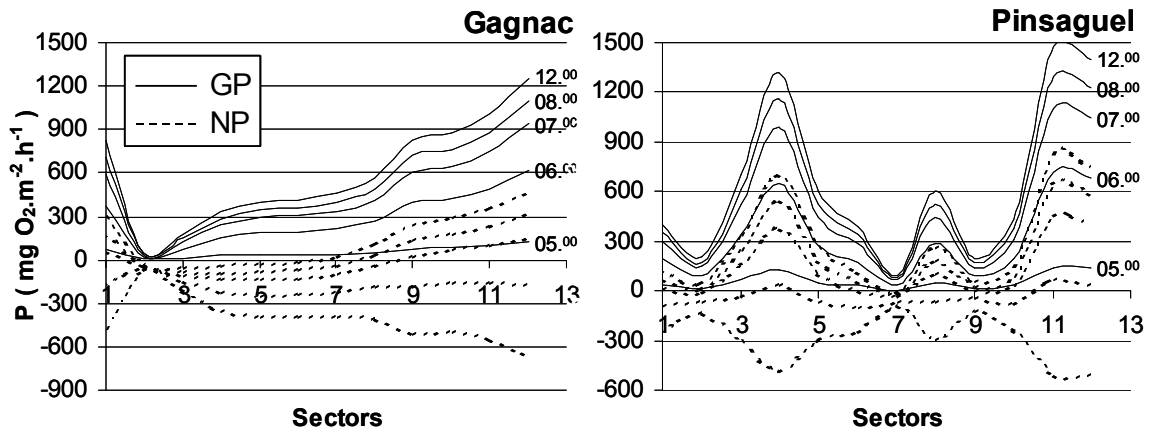
Akumulasi perifiton dilakukan dengan pengambilan biang berasal dari perairan mengalir dilokasi percobaan, dikoleksi sesuai metoda standar dan dengan menggunakan sebuah kontainer yang dilengkapi pengontrol suhu perifiton segera dibawa ke laboratorium, untuk selanjutnya diinkubasikan pada fotobioreaktor dengan menggunakan media air tanah yang diperkaya dengan  $0.115 \text{ NH}_4\text{Cl mg.l}^{-1}$ ,  $0.022 \text{ mg KH}_2\text{PO}_4 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $0.018 \text{ mg O}_3\text{Na}_2\text{Si, 5H}_2\text{O mg.l}^{-1}$ ) dan trace element dengan pH akhir diset sekitar 7.

Mengukur laju biotik uptake perifiton dilakukan dengan penambahan konsentrasi nutrien pada media tumbuh. Pengukuran konsentrasi nutrien dilakukan setelah 4 jam untuk menetapkan konsentrasi awal. Selanjutnya pengambilan sampel dan pengukuran konsentrasi nutrien (TN,  $\text{NO}_3$ , TP,  $\text{PO}_4$ ) dilakukan setiap 24 jam selama 7 hari dan dilakukan selama 5 minggu. Biomassa perifiton ditentukan setiap minggu dengan mengukur berat kering dalam bentuk DW, AFDW, dan Klorofil *a* sesuai dengan cara kerja metoda standar untuk perifiton.

## **HASIL DAN DISKUSI**

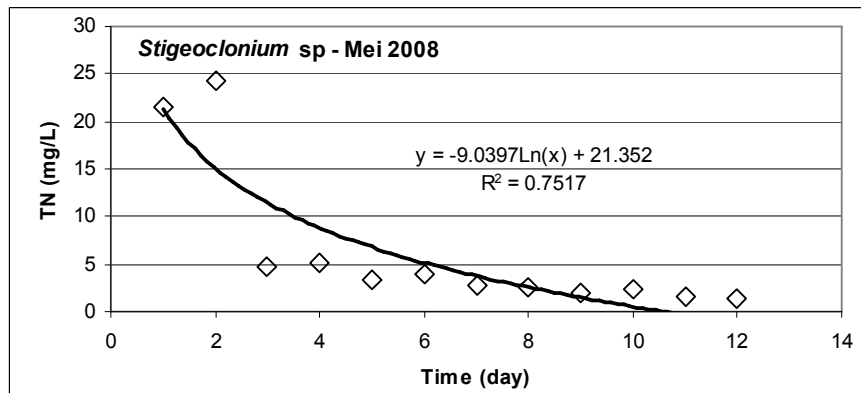
Fluktuasi *gross primary production* (GPP) dan *net primary production* (NPP) diukur pada sesi melintang atau *cross section* stasiun Gagnac dan Pinsaguel yang dimodelkan selama periode siang hari dimusim panas dengan menggunakan “P3B model” (Gambar 2.). Berdasarkan sebaran grafik yang diperoleh terlihat bahwa nilai NPP positif hanya terdapat pada sebagian *cross section* saja terutama pada saat intensitas cahaya tinggi. Pada stasiun Gagnac untuk sektor 2 hingga 7 dengan

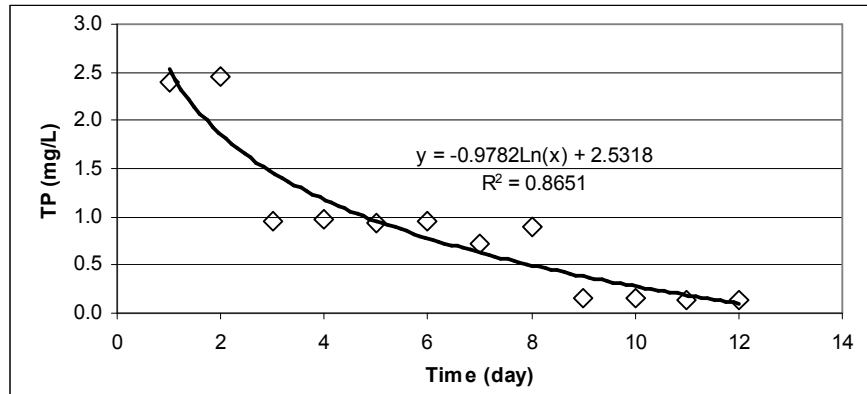
kedalaman 0.9 sampai 1.2 meter, oksigen balansnya selalu negatif, sebagai konsekuensinya untuk sektor ini nilai NPP per harinya tidak pernah mencapai angka positif.



Gambar 2. Pemodelan fluktuasi GPP dan NPP pada cross-section stasiun Gagnac dan Pinsaguel dari pukul 5 pagi hingga pukul 12 siang

Berdasarkan hasil proyeksi model P3B, sangat memungkinkan metoda ini digunakan sebagai pembanding diferensiasi yang ditimbulkan oleh faktor intensitas cahaya atau kecerahan, musim, dan ketinggian. Secara umum kecerahan rendah akan meningkatkan defisit keseimbangan oksigen harian pada setiap sektor perairan sungai. Hasil kuantifikasi proses ini juga berkaitan erat dengan sebaran dan akumulasi komunitas perifiton, ketersediaan nutrisi, pencemaran dan mikroinvertebrata grazer serta kondisi morfologis perairan itu sendiri.



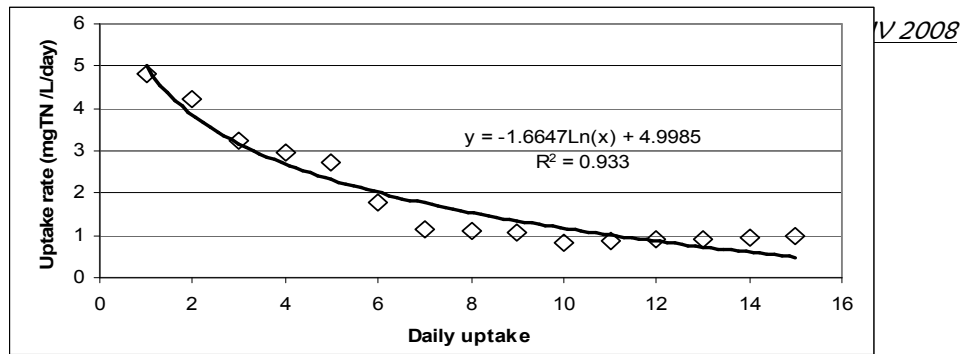


Gambar3. Grafik penurunan konsentrasi N P yang dukur sebagai biouptake perifiton pada fotobioreaktor kanal.

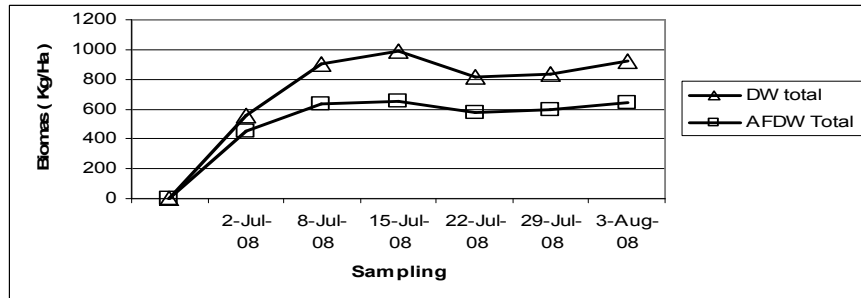
Biotik uptake yang diekspresikan dengan penurunan konsentrasi nutrien (N,P) di media oleh “Kanal Perifiton” seperti terlihat pada Gambar 3. Penurunan konsentrasi N dan P berturut-turut berkisar 93.66 dan 94.40 % dari konsentrasi awal yang dimonitor selama lebih kurang dua minggu. Penurunan konsentrasi nutrien lebih efektif terutama pada fase tumbuh eksponensial atau berkisar antara satu hingga 3 minggu.

Hal lain yang juga menjadi perhatian dari biouptake perifiton ini adalah laju uptake hariannya cenderung menurun selama pengamatan (Gambar 4.). Hal ini berarti bahwa kemampuan uptake komunitas perifiton ada kaitannya dengan tingkat akumulasi biomassa atau dengan ketersediaan nutrien di media. Dugaan ini di perkuat dengan membandingkan hasil laju uptake pada fase stasioner dan fase tua , dimana laju uptake sudah sangat rendah dan penurunan konsentrasi menjadi sangat fluktuatif (Data tidak ditampilkan). Persoalan lain yang mungkin timbul bila biosorption ini untuk diaplikasikan dilapangan adalah penimbunan biomasa perifiton pada reaktor. Penimbunan ini bisa berakibat buruk terhadap kualitas air yang ditreatmen karena akan melepas eksudat berasal dari proses dekomposisi biomassa. Untuk itu pemanfaatan biouptake “Kanal Perifiton” akan lebih efektif pada fase tumbuh awal (1 hingga 3 minggu) dan memblok fase tumbuh selanjutnya dengan cara pemanenan.





Gambar 4. Laju bio-uptake perifiton diamati selama 2 minggu pada fotobioreaktor kanal.



Gambar 5. Grafik konversi bio produk perifiton yang diekspresikan dalam berat kering dan berat kering tanpa abu.

Pemanfaatan potensi bioproduct sebagai biomassa dari perifiton yang cenderung monokultur pada pertengahan hingga akhir masa akumulasi), yang mana setelah dikonversikan kanal mampu memproduksi hingga 986 kg berat kering perifiton jenis *Stigeoclonium* sp per hektar substrat atau rata-rata produksi mencapai 808.2 kg per hektar per minggu (Gambar 5.). Bioproduct ini sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku obat, kosmetik, pakan, pupuk organik, dan biofuel. Dalam pemanfaatan biomassa juga terbuka kemungkinan pengembangan teknologi perikanan budidaya perikanan dengan perifiton sebagai pakan utamanya, sehingga biaya produksi bisa ditekan lebih jauh.

### Ucapan Terimakasih

Banyak pihak yang mendukung terlaksananya kegiatan ini, terutama Prof. Dr. Alain DAUTA dari Universitas Paul Sabatier Toulouse III Perancis, dukungan dana dari kegiatan Kompetitif LIPI, dan seluruh teman-teman yang terlibat pada kegiatan kompetitif “Fitoteknologi Mikrofitobentik” Puslit Limnologi, Cibinong.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Cox, E.J.(1991). What is the basis for using diatoms as monitors of river quality. In Whitton B.A., Rott E. & Friedrich G. (eds.), *Use of algae for monitoring rivers*, Düsseldorf, E. Rott, Innsbruck; 33-40.
- Kristina S.& Alison M. (2002). Role of microphytobenthos and denitrification for nutrient turnover in embayments with floating macroalga mats: a spring situation. *Aquatic Microbia Ecology*, 30: 91-101.
- Lange-Bertalot, H. (1979). Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova. Hedw. Bieh.* 64:285-304.
- Prygiel, J. and M. Coste, (1993). Utilisation des indices diatomiques pour la mesure de la qualité des eaux du bassin Artois-Picardie: bilan et perspectives. *Annls Limnol.* 29 (3-4) : 255-267.
- Round, F.E. (1991). Diatoms in river water-monitoring studies. *J. Appt. Phyrot.* 3 : 129-145.
- Schøeman, F .R. and Haworth, E. Y. (1986). Diatoms as indicators of pollution. Report on a workshop. In M. Ricard (00.), Proc. of the 8th. Internat. Diatom Symp. Paris Aug. 84, O. Kœltz Publ., Kœnigstein. : 757-759.
- UN Mellinium Declaration, 2002. *World Urbanization Prospects, The 1999 Revision*. New York.
- UN, 1992. *Agenda 21. Programme of Action for Sustainable Development*. Official Outcome of the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED).3-14 Juni 1992. Rio de Janeiro.
- Unesco, 2003. *Water for People-Water for Life*. The United Nations World Water Development Report. Unesco Publishing/Berghahn Books.
- Van Dam, H. (1982). On the use of measures of structure and diversity in applied diatom ecology. *Nova Hedwigia* 73: 97-115.
- Walter K& Dodds (2003). The role of periphyton in phosphorus retention in shallow freshwater aquatic systems. *J. Phycol.*39: 840-849.
- Weissman, J.C., Radway, J.C., Wilde, E.W., and Benemann, J.R. (1998). *Biosources Tech.*, 65: 87-95.
- Wilde, E.W., and J.R. Benemann, J.R. (1993). *Biotechnology Advances.* 11:781-812.
- Wilde, E.W., J.R. Benemann, J.R. Weissman, J.C., and Tillett, D.M. (1991). *U.S. Patent* No.5,011,604