

**FITOTEKNOLOGI PERIFITON SEBAGAI AGEN PENGONTROL
LAJU EUTROFIKASI DI PERAIRAN LENTIK:
*Ujicoba Model Substrat Buoyancy dalam Mereduksi Nutrien
di Perairan Situ Cibuntu Cibinong Bogor***

Nofdianto

*Pusat Penelitian Limnologi-LIPI,
Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong, Bogor,*

E-mail : nofdianto@lipi.go.id

ABSTRAK

Aplikasi fitoteknologi perifiton merupakan sebuah pendekatan baru dalam pengelolaan perairan menggenang yang telah memberikan harapan baru terutama untuk ketersediaan air bersih saat ini. Model substrat melayang atau "substrat bouyancy" merupakan sebuah inovasi baru karena mensiasati ketersediaan substrat untuk komunitas perifiton terutama pada perairan menggenang yang sedikit memiliki substrat, seperti waduk dan danau kecil. Keunggulan model ini selain lebih mudah dipasang, memiliki luas kontak permukaan yang jauh lebih luas dibanding penggunaan tiang atau tumbuhan air sebagai substrat. Penelitian ini dilaksanakan di Puslit Limnologi-LIPI, Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Percobaan dilakukan secara in situ di Situ Cibuntu. Ujicoba ini bertujuan menghitung kemampuan perifiton mereduksi kandungan nutrien di badan air tergenang atau perairan lentik. Substrat dibuat dari bahan jaring plastik dengan ukuran mata jaring 0,5 cm. Jaring plastik disusun secara paralel dalam satu bingkai kayu dengan ukuran 75 x 75 cm. Substrat ditempatkan pada tiga buah bak terpal plastik berukuran 80 x 80 x 60 sentimeter dan substrat diposisikan sekitar 10 cm di bawah permukaan air. Tiga buah bak plastik ini ditempatkan dibagian tengah situ dengan pancang bambu sebagai pengaman. Karena kondisi waduk sedang tidak mengalami eutrofikasi, dua buah bak plastik dilakukan pemupukan dengan menambahkan 0,2 ppm pupuk NPK dan 3 liter pupuk organik cair pada masing-masing bak, dan bak plastik lainnya dijadikan sebagai kontrol (hanya diisi air waduk). Sampling dilakukan setiap tiga hari ntuk melihat kandungan nutriennnya. Setiap melakukan sampling dilakukan juga pengukuran kualitas air seperti pH, temperatur air, alkalinitas, turbiditas, dan oksigen terlarut (DO). Konsentrasi total fosfat menurun secara progresif dibandingkan dengan kontrol, dari rata-rata 5.486 ppm menjadi 0.637 ppm atau sekitar 88.52 persen yaitu lebih kurang 0.2 ppm per hari. Hal yang sama juga terjadi pada konsentrasi fosfat dan nitrat yaitu berturut-turut dari rata-rata 3.609 dan 29.074 ppm menjadi 0.492 dan 0.03 ppm atau menurun 85.6 dan 99.89 persen yaitu 0.1 ppm dan 1.3 ppm per hari.

Kata kunci : Fitoteknologi, Buoyancy Substrat Perifiton, biofilter, eutrofikasi, air bersih , biotik uptake

ABSTRACT

Periphyton phytotechnology is a new approach in the management of stagnant water that has given a new hope, especially for the availability of clean water. Substrate model drift or "substrate buoyancy" is an innovation since it anticipates the availability of substrate for periphyton communities in the stagnant waters which has slightly substrates, such as reservoirs and small lakes. The advantages of this model are (1) more easily installed, (2) has a much broader surface contact area than that of poles or water plants used as a substrate. The experiment was carried out in Situ Cibuntu reservoir at Research Center for Limnology-LIPI, Cibinong, Bogor, West Java. This trial was aimed to calculate the periphyton ability to reduce nutrient content in the body of stagnant water or water tapering. The substrate was made of plastic net with mesh size of 0.5 cm. Plastic net was arranged in parallel in a wooden frame of 75 x 75 cm. The substrate was placed on the three pieces of plastic sheeting tub measuring 80 x 80 x 60 cm and it was positioned about 10 cm below the water surface. Three plastic tubs were placed at the center of the reservoir with bamboo stakes as a safety foundation. Reservoir condition was not experiencing eutrophication, therefore two plastic tubs of fertilizer were used to create a slight eutrophication condition by adding 0.2 ppm of NPK and 3 L of liquid organic fertilizer into each tub, another plastic tub was used as a control (only filled with reservoir water). Sampling was done every three days on the nutrient content. Each sampling also included water quality measurements such as pH, water temperature, alkalinity, turbidity and DO. Total phosphate concentration decreased progressively compared to that of control, ranging from an average of 5.486 ppm to 0.637 ppm, or about 88.52% which was approximately 0.2 ppm per day. The same condition happened to the concentration of phosphate and nitrate which were successively measured from an average of 3.609 ppm and 29.074 ppm to 0.492 ppm and 0.03 ppm or decreased of 85.6% and 99.89% or 0.1 ppm and 1.3 ppm per day.

Key words: Phytotechnology, buoyancy substrate periphyton, biofilter, eutrophication, water, biotic uptake.

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan dan penghidupan bagi manusia serta flora dan fauna yang ada di bumi. Disadari atau tidak saat ini bumi terancam oleh krisis air bersih, hal ini bukan semata karena pertumbuhan populasi yang terus meningkat dan terganggunya keseimbangan ekosistem tetapi juga karena penggunaan air yang berlebihan. Mengelola sumber daya air sebagai bahan yang bernilai, memanfaatkan secara bijak, dan menjaga dari pencemaran sudah menjadi perhatian dunia dewasa ini. Menurut laporan komisi dunia tentang air, pada tahun 1999 sekitar 1,2 milyar penduduk bumi mengalami kesulitan akses air bersih, jumlah ini akan meningkat menjadi 2,7 milyar atau sepertiga jumlah penduduk dunia pada tahun 2025 jika tidak dilakukan suatu tindakan nyata dalam mengatasi masalah kelangkaan air. Masyarakat di negara-negara berkembang mengalami penurunan kualitas kesehatan akibat kesulitan air bersih atau sumber air yang tercemar. Pada ekosistem air tawar eutrofikasi merupakan problem lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah fosfat atau pencemaran perairan yang disebabkan oleh munculnya nutrien yang

berlebihan ke dalam ekosistem air. Suatu perairan dikatakan mengalami eutrofikasi apabila konsentrasi total fosfat (TP) dalam air berada dalam kisaran 35 – 100 µg/L. Dilain pihak, eutrofikasi adalah sebuah proses alamiah dimana perairan mengalami penuaan bertahap hingga menjadi lebih subur, secara alamiah biasanya perairan membutuhkan waktu hingga ribuan tahun untuk mencapai kondisi eutrofik ini. Namun belakangan ini akibat pengaruh aktivitas manusia yang semakin meningkat tanpa disadari proses eutrofikasi terjadi dalam tempo beberapa tahun saja. Sehingga tidak mengherankan eutrofikasi menjadi masalah serius di hampir seluruh perairan di muka bumi ini.

Beberapa teknik sebetulnya telah dilakukan untuk mengontrol sebuah perairan yang mengalami eutrofikasi, seperti pembatasan penggunaan produk-produk yang mengandung unsur fosfat, pengolahan air limbah sebelum digelontorkan ke perairan, hingga mengatur jumlah lahan yang digunakan dalam aktivitas perikanan terutama keramba jaring apung. Aplikasi fitoteknologi perifiton merupakan sebuah pendekatan baru dalam pengelolaan perairan menggenang yang telah memberikan harapan baru terutama untuk ketersediaan air bersih dewasa ini. Model substrat melayang atau "substrat bouyancy" merupakan sebuah inovasi baru karena mensiasati ketersediaan substrat untuk komunitas perifiton terutama pada perairan menggenang yang sedikit memiliki substrat, seperti waduk dan danau kecil. Keunggulan model ini selain lebih mudah dipasang, memiliki luas kontak permukaan yang jauh lebih luas dibanding penggunaan tiang atau tumbuhan air sebagai substrat.

Fototrofik perifiton dapat dijelaskan sebagai komunitas mikrobial menempel di permukaan material padat di bawah air dan keberadaannya dikendalikan oleh energi cahaya untuk proses fotosintesis. Mikroorganisme oksigenik *phototrophic* seperti diatom bentik, (*centric*, *pennate*, *unicellular*, dan *filamentous*), *uniseluler* dan *filamentous cyanobacteria*, dan mikroalga bentik menghasilkan energi dan mereduksi karbon dioksida, menyediakan substrat organik dan oksigen di perairan. Perpindahan dan konversi energi berlangsung dalam aktivitas fotosintesis, sebagai contoh komunitas heterotrofik mengendalikan kebutuhan C dan N organik dari hasil fotosintesa dan sel *lysate*, pada saat bersamaan regenerasi nutrisi di perbaiki oleh mikroorganisme heterotrof (Bateson and Ward 1988).

Sebagai kelompok organisme tingkat rendah, perifiton memiliki beberapa keunikan seperti dalam hal menghasilkan substansi polymerik ekstraseluler (EPS) yang berfungsi sebagai pengikat antar algae-biofilm (Flemming 1993; Wimpenny et al. 2000). Biasanya pada siklus tertentu perifiton membentuk lapisan multilayer yang sering disebut sebagai mikrobial mat atau fototrofik mat (Guerrero et al. 2002; Roeselers et al. 2007a; Stal et al. 1985; Ward et al. 1998). Lapisan atas secara tipikal didominasi oleh oksigenik fototrof, dan lapisan bawah intermiks anoksigenik fototrof.

Dewasa ini perhatian akan penggunaan mikrobial perifiton untuk berbagai keperluan sudah semakin meningkat. Sebagai contoh, untuk pengolahan air limbah (Craig et al. 1996; Schumacher & Sekoulov 2002; Vymazal et al. 2001), bioremediasi (Blanco et al. 1999; Chaillan et al. 2006; Cohen 2002), akuakultur (Bender & Phillips 2004; Phillips et al. 1994, van Dam et al. 2002), dan produksi hidrogen (Prince & Kheshgi 2005; Tsygankov et al. 1999). Indonesia sebagai negara tropis yang memiliki perairan darat luas, sehingga aplikasi mikro alga perifiton terutama yang berkaitan dengan pengelolaan sumberdaya perairan dianggap sangat penting dan strategis untuk dikembangkan.

BAHAN DAN METODE

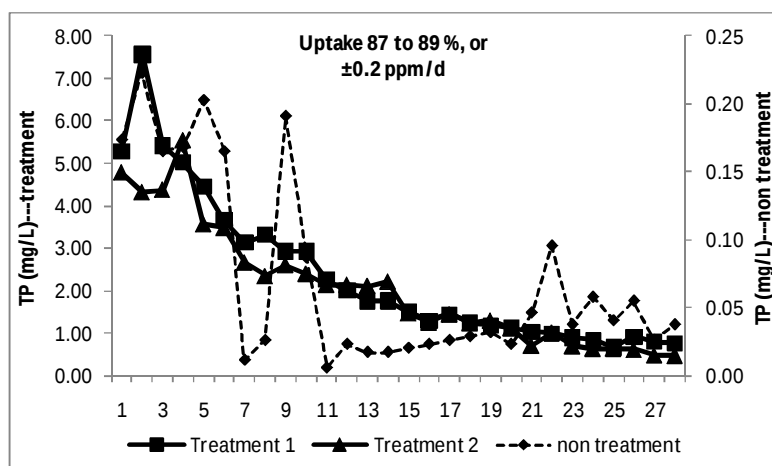
Penelitian dilaksanakan di Puslit Limnologi-LIPI, Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Percobaan *bouyancy substrate* atau substrat melayang dilakukan secara insitu di situ Cibuntu. Ujicoba ini bertujuan menghitung kemampuan perifiton mereduksi kandungan nutrisi di badan air tergenang atau perairan lentik. Substrat dibuat dari jaring plastik dengan ukuran mata jaring 0,5 cm. Net ini disusun secara paralel pada sebuah kerangka kayu dengan ukuran 75 x 75 cm. Substrat ini ditempatkan sekitar 10 cm di bawah permukaan air di mana air tersebut sebelumnya telah diisolasi dalam tiga buah bak plastik dengan ukuran 80x80x60 cm. Tiga buah bak plastik ini ditempatkan dibagian tengah situ dengan pancang bambu sebagai pengaman. karena kondisi situ sedang tidak mengalami eutrofikasi, dua buah bak plastik dilakukan pemupukan dengan menambahkan 0,2 ppm pupuk NPK dan 3 liter pupuk organik

cair pada masing-masing bak, dan bak plastik lainnya dijadikan sebagai kontrol (hanya diisi air waduk).

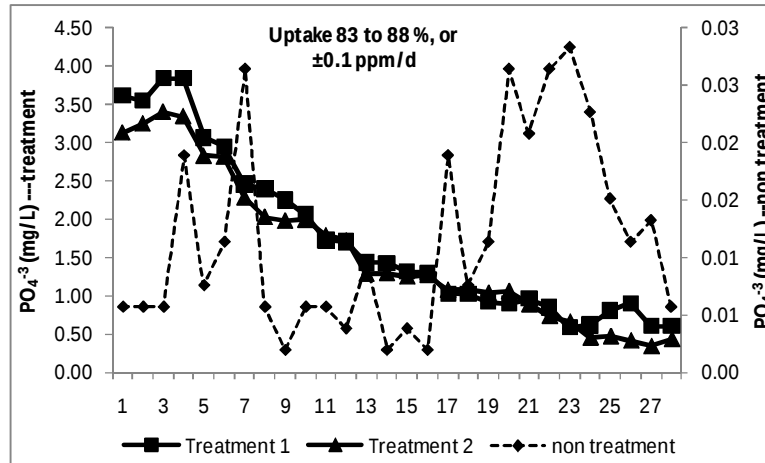
Untuk mengetahui efek penjernihan air oleh kehadiran perifiton, setiap tiga hari dilakukan sampling terhadap kandungan nutrisi pada air (nitrat, fosfat, total fosfor). Setiap melakukan sampling juga dilakukan pengukuran kualitas air seperti oksigen terlarut (DO), turbiditas, pH, konduktivitas, suhu. Hasil monitoring akan dianalisa dan ditampilkan dalam bentuk grafik *trend over time* untuk melihat perubahan dan fluktuasi konsentrasi serta membandingkannya dengan kontrol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

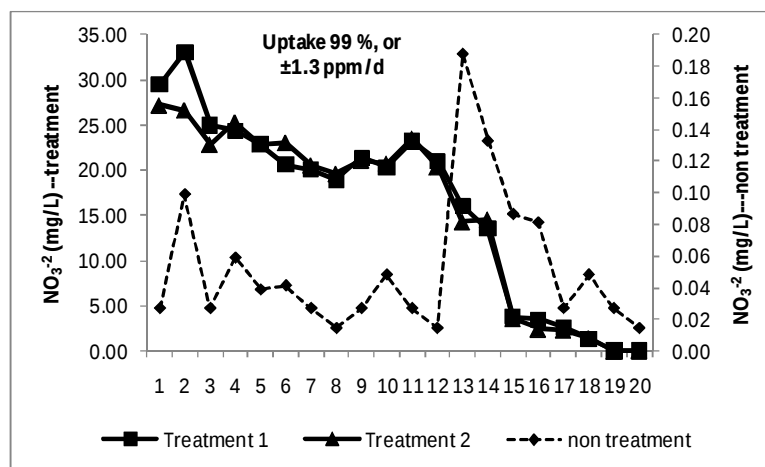
Berdasarkan hasil pengukuran kandungan nutrisi yang dilakukan selama 45 hari menunjukkan secara jelas bahwa terjadi perbaikan kualitas air yang diindikasikan dengan penurunan konsentrasi nitrat, fosfat dan total fosfor (Gambar 1). Konsentrasi total fosfor menurun secara progresif dibandingkan dengan kontrol, dari rata-rata 5.486 ppm menjadi 0.637 ppm atau sekitar 88.52 persen yaitu lebih kurang 0.2 ppm per hari. Hal yang sama juga terjadi pada konsentrasi fosfat dan nitrat yaitu berturut-turut dari rata-rata 3.609 dan 29.074 ppm menjadi 0.492 dan 0.03 ppm atau menurun 85.6 dan 99.89 persen yaitu 0.1 ppm dan 1.3 ppm per hari. Sementara hasil pengukuran pada air tanpa perlakuan atau kontrol, konsentrasinya sangat fluktuatif dan bahkan cenderung meningkat seperti yang dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 1. Grafik hasil pengukuran konsentrasi total fosfor

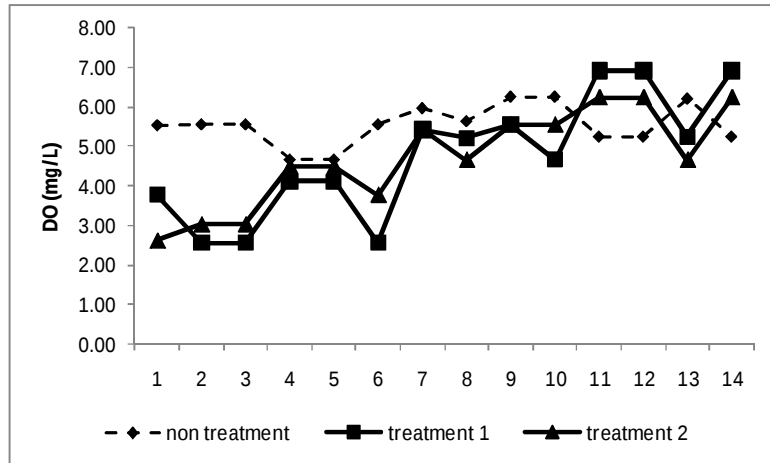


Gambar 2. Grafik hasil pengukuran konsentrasi fosfat

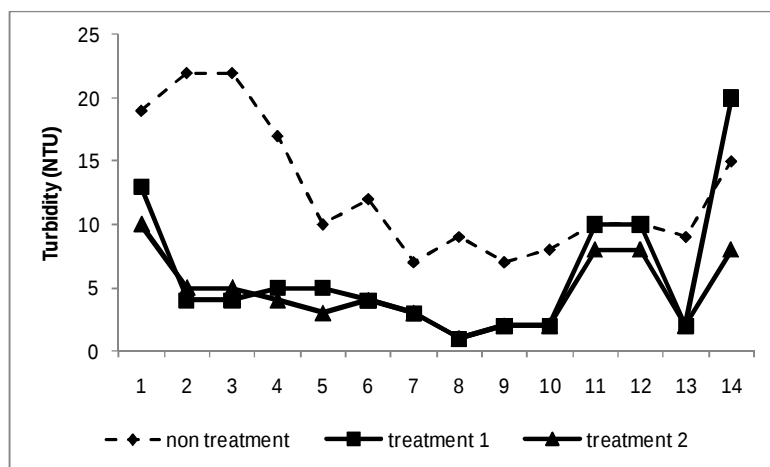


Gambar 3. Grafik hasil pengukuran konsentrasi nitrat

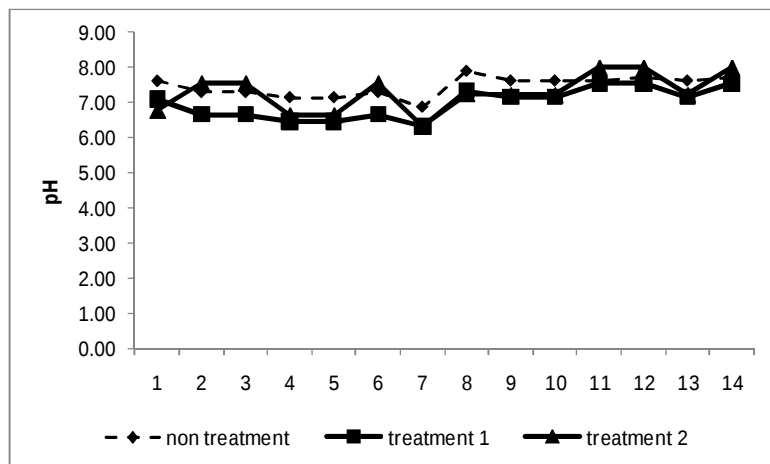
Hasil pengukuran parameter kualitas air menunjukkan bahwa fluktuasi pH tidak terlihat perbedaan secara signifikan yaitu berkisar 6.87 - 7.90 untuk kontrol dan 6.99 - 7.29 untuk perlakuan. Sementara kandungan oksigen terlarut terlihat perbaikan pada kolam perlakuan yaitu terjadi peningkatan konsentrasi dari 2.56 ppm menjadi 6.92 ppm. Hal yang sama juga didapatkan pada parameter kekeruhan dimana pada kolam percobaan air relatif lebih jernih (rata-rata 5.36 NTU) dibanding kontrol (rata-rata 12.64 NTU), sedangkan parameter suhu air selama percobaan menunjukkan kecenderungan stabil baik pada kolam percobaan maupun pada kontrol yaitu sekitar 28 °C (Gambar 4, 5 dan 6).



Gambar 4. Grafik oksigen terlarut selama percobaan



Gambar 5. Grafik turbiditas air selama percobaan



Gambar 6. Grafik pH air selama percobaan

Hasil-hasil di atas sekaligus mengindikasikan bahwa air yang telah mengalami penyuburan atau eutrofikasi dapat dijernihkan atau dinormalkan kembali dengan pemasangan substrat *bouyancy* perifiton. Beberapa data yang mungkin bisa dibahas

secara spesifik yaitu pada konsentrasi oksigen terlarut yang rata-rata lebih rendah diawal percobaan dibanding kontrol, dan turbiditas yang cenderung meningkat diakhir pengamatan. Kedua hal tersebut di atas sangat mungkin terjadi karena pada awal percobaan, kolam diberi tambahan nutrien untuk mendapatkan kondisi eutrophic, sehingga terjadi peningkatan proses dekomposisi oleh mikroba dan berdampak pada turunnya pH dan oksigen terlarut, namun beberapa minggu kemudian terjadi peningkatan oksigen hingga sama dengan kontrol. Secara teori dapat dijelaskan bahwa penggunaan fototrofik perifiton untuk mengeliminasi nutrien di dalam air adalah dampak positif dari fotosintesis yang menghasilkan oksigen. Pada komunitas heterotrofik, transfer oksigen melalui difusi hanya sekitar $20 \text{ nmol cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, sedangkan pada komunitas fototrofik, areal produksi *net* oksigen pada fototrofik aktif di intensitas cahaya $1,000 \text{ } \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ jauh lebih besar (Epping and Kuhl 2000), sehingga oksigen yang dihasilkan oleh komunitas fototrof mampu mensuplai sebagian besar kebutuhan oksigen untuk bakteri nitrifikasi dan konsumsi karbon organik heterotrofik. Sementara oksigenik fototrofik akan mengasimilasi nutrien menjadi biomasa dengan karbon dioksida sebagai sumber karbon. Selain itu, aktivitas fotosintetik dalam fototrof perifiton menghasilkan peningkatan pH akibat dari kesetimbangan karbondioksida dalam air. Peningkatan pH ini akan mengakibatkan presipitasi fosfat terlarut dan selanjutnya berdampak pada *remove* fosfat melalui proses asimilasi. Proses fotosintesis yang mendorong peningkatan pH juga menunjukkan kecenderungan untuk mereduksi bakteri coliform pada perairan mengalir (Schumacher et al. 2003). Selain itu, peningkatan turbiditas di akhir pengamatan secara langsung berkaitan dengan proses bioakumulasi sel perifiton yang secara umum telah mengalami fase *decrosis* atau pelepasan sel dari substrat, sehingga akan meningkatkan turbiditas air.

Prinsip dasar penggunaan perifiton untuk menurunkan konsentrasi nutrien di perairan sebetulnya tidak jauh berbeda dengan pemakaian sistem kolam plankton, yaitu mereduksi nutrien dalam kondisi bebas dari organik karbon yang sudah sering diaplikasikan dalam sistem pengolahan air limbah (Davis et al. 1990; Garcia et al. 2000). Namun kedua sistem ini sama-sama memiliki kelemahan yaitu menghasilkan polutan organik sekunder berupa biomasa. Sistem suspended alga ini memiliki lebih banyak kelemahan terutama dalam hal pemisahan biomasa seperti dengan cara

filtrasi, sedimentasi dengan sentrifugasi, atau dengan dekantasi yang membutuhkan biaya tinggi (Racault 1993). Sedangkan penggunaan alga perifiton sebagai mikroalga immobil, problem pemisahan biomasa menjadi jauh lebih murah karena dapat dengan mudah di panen atau dibuang atau bisa dimanfaatkan sebagai pupuk pertanian (Schumacher and Sekoulov, 2002).

KESIMPULAN

Ujicoba penggunaan model substrat *buoyancy* dengan biokontrol perifiton berhasil menurunkan konsentrasi fosfat dan nitrat rata-rata 3.609 dan 29.074 ppm menjadi 0.492 dan 0.03 ppm atau menurun 85.6 dan 99.89 persen yaitu 0.1 ppm dan 1.3 ppm per hari. Konsentrasi total fosfor menurun secara progresif dibandingkan dengan kontrol, dari rata-rata 5.486 ppm menjadi 0.637 ppm atau sekitar 88.52 persen yaitu lebih kurang 0.2 ppm per hari. Parameter kualitas air juga mengalami perbaikan terutama peningkatan oksigen terlarut dan tingkat kekeruhan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Bateson MM, Ward DM (1988) Photoexcretion and fate of glycolate in a hot spring cyanobacterial mat. *Appl Environ Microbiol* 54:1738–1743
- Bender J, Phillips P (2004) Microbial mats for multiple applications in aquaculture and bioremediation. *Bioresour Technol* 94:229–238
- Blanco A, Sanz B, Llama MJ, Serra JL (1999) Biosorption of heavy metals to immobilised *Phormidium laminosum* biomass. *J Biotechnol* 69:227–240
- Chaillan F, Gugger M, Saliot A, Coute A, Oudot J (2006) Role of cyanobacteria in the biodegradation of crude oil by a tropical cyanobacterial mat. *Chemosphere* 62:1574–1582
- Cohen Y (2002) Bioremediation of oil by marine microbial mats. *Int Microbiol* 5:189–193
- Craig RJ, Adey WH, Jenson KR, St. John MS, Green FB, Oswald J (1996) Phosphorus removal from wastewater using an algal turf scrubber. *Water Sci Technol* 33:191–198
- Davis LS, Hoffmann JP, Cook PW (1990) Production and nutrient accumulation by periphyton in a waste-water treatment facility. *J Phycol* 26:617–623
- Epping E, Kuhl M (2000) The responses of photosynthesis and oxygen consumption to short-term changes in temperature and irradiance in a cyanobacterial mat (Ebro Delta, Spain). *Environ*

- Flemming HC (1993) Biofilms and environmental-protection. *Water Sci Technol* 27:1–10
- Garcia J, Mujeriego R, Hernandez-Marine M (2000) High rate algal pond operating strategies for urban wastewater nitrogen removal. *J Appl Phycol* 12:331–339
- Guerrero R, Piqueras M, Berlanga M (2002) Microbial mats and the search for minimal ecosystems. *Int Microbiol* 5:177–188
- Phillips P, Russell A, Bender J, Muñoz R (1994) Management plan for utilization of a floating microbial mat with its associated detrital gelatinous layer as a complete tilapia *Oreochromis niloticus* feed system. *Bioresour Technol* 47:239–245
- Prince RC, Kheshgi HS (2005) The photobiological production of hydrogen: potential efficiency and effectiveness as a renewable fuel. *Crit Rev Microbiol* 31:19–31
- Racault Y (1993) Pond malfunction: case study of three plants in the south-west of France. *Water Sci Technol* 28:183–192
- Roeselers G, Norris T, Castenholz R, Rysgaard S, Glud R, Kuhl M, Muyzer G (2007a) Diversity of phototrophic bacteria in microbial mats from Arctic hot springs (Greenland). *Environ Microbiol* 9:26–38
- Schumacher G, Blume T, Sekoulov I (2003) Bacteria reduction and nutrient removal in small wastewater treatment plants by an algal biofilm. *Water Sci Technol* 47:195–202
- Schumacher G, Sekoulov I (2002) Polishing of secondary effluent by an algal biofilm process. *Water Sci Technol* 46:83–90
- Schumacher G, Sekoulov I (2002) Polishing of secondary effluent by an algal biofilm process. *Water Sci Technol* 46:83–90
- Stal LJ, Van Gemerden H, Krumbein WE (1985) Structure and development of a benthic marine microbial mat. *FEMS Microbiol Ecol* 31:111–125
- Tsygankov AA, Borodin VB, Rao KK, Hall DO (1999) H₂ photoproduction by batch culture of *Anabaena variabilis* ATCC 234 *J Appl Phycol* (2008) 20:227–235
- van Dam AA, Beveridge MCM, Azim ME, Verdegem MCJ (2002) The potential of fish production based on periphyton. *Rev Fish Biol Fish* 12:1–31
- Vymazal J, Sladerek V, Stach J (2001) Biota participating in wastewater treatment in a horizontal flow constructed wetland. *Water Sci Technol* 44:211–214
- Ward DM, Ferris MJ, Nold SC, Bateson MM (1998) A natural view of microbial biodiversity within hot spring cyanobacterial mat communities. *Microbiol Mol Biol Rev* 62:1353–1370
- Wimpenny J, Manz W, Szewzyk U (2000) Heterogeneity in biofilms. *FEMS Microbiol Rev* 24:661–671

