

**KEMAMPUAN TERATAI (*Nymphaea* Sp) DAN GANGGENG (*Hydrilla verticillata*)
DALAM MENURUNKAN KADAR NITROGEN DAN PHOSPHOR AIR LIMBAH
PENCUCIAN LABORATORIUM ANALISIS KIMIA**

S. Sunanisari*, P. Tampubolon **, E. Mulyana*, & Y. Mardiyati*

ABSTRAK

Tanaman teratai (Nymphaea sp) dan ganggeng (Hydrilla verticillata) telah diuji sebagai pereduksi nutrien pada kolam-kolam pengolahan yang menerima air limbah pencucian laboratorium analisis kimia. Pengolahan limbah menggunakan dua sistem aliran yaitu aliran permukaan dan aliran bawah permukaan. Parameter nutrien yang diamati selama masa perlakuan (10 minggu) adalah total nitrogen (TN) dan total fosfor (TP) sedangkan parameter pertumbuhan tanaman teratai serta ganggeng yang diamati adalah jumlah daun, berat basah, berat kering, dan klorofil total daun. Penurunan kadar TN pada sistem aliran permukaan mencapai 98,89 % (dari 8,193 ke 0,091 mg/L) dan pada aliran bawah permukaan 99,84 % (dari 8,193 ke 0,013 mg/L). Kemampuan reduksi TN pada aliran permukaan hanya sampai pada baku mutu limbah cair golongan III, sedangkan untuk aliran bawah permukaan, dapat memenuhi baku mutu limbah cair golongan I. Penurunan konsentrasi TP pada sistem aliran permukaan mencapai 100% (dari 4,861 ke 0 mg/L) dan untuk aliran bawah permukaan 96,92 % (dari 5,867 ke 0,181 mg/L). Konsentrasi TP yang dihasilkan pada sistem aliran permukaan telah sesuai dengan nilai baku mutu limbah cair untuk golongan I, sedangkan pada aliran bawah permukaan konsentrasi TP yang dihasilkan belum memenuhi syarat baku mutu. Adanya kecenderungan peningkatan pertumbuhan tanaman teratai dan ganggeng pada kolam-kolam percobaan yang terjadi sejalan dengan kecenderungan penurunan kadar TN dan TP dari air limbah menunjukkan bahwa tanaman teratai dan ganggeng dapat digunakan sebagai media penyerapan unsur TN dan TP pada lahan basah buatan.

Kata kunci : *Nymphaea* sp, *Hydrilla verticillata*, nitrogen, fosfor, limbah analisis kimia.

ABSTRACT

ABILITY OF WATER LILY (*NYMPHAEA SP.*) AND WATER FERN (*HYDRILLA VERTICILLATA*) TO REDUCE NITROGEN AND PHOSPHORUS CONCENTRATION IN CHEMISTRY LABORATORIUM WASTE WATER.

Water lily (Nymphaea sp) and water fern (Hydrilla verticillata) has been tested to decrease nutrient concentration on water treatment ponds which received waste water from chemical analysis laboratory. The treatment used surface and subsurface flow. Parameters of total nitrogen (TN), total phosphorous (TP), and growth of Nymphaea and Hydrilla were observed during the experiment (10 weeks). The decreasing of TN concentration on surface flow system was 98.89 % (from 8.193 to 0.091 mg/L) and subsurface flow was 99.84 % (from 8.193 to 0.013 mg/L). The reduction capacity complies the requirement to achieve class III waste water quality standard according to government regulation, while the subsurface flow treatment was able to accord the class I of the waste water standard quality. The decreasing of TP concentration on surface flow was up to 100% (from 4.861 to 0 mg/L) and subsurface flow was 96.92 % (from 5.867 to 0.181 mg/L), which comply the class I of the waste water standard quality. The observed growth of the water lily and water fern which occurred concomittantly with the reduction of water TN and TP indicates that those aquatic plants are capable to be used to adsorp TN and TP in a constructed wet land.

Key words : *Nymphaea* sp *Hydrilla verticillata*, nitrogen, phosphorous, chemical analysis waste water.

* Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

** Universitas Pakuan Bogor

PENDAHULUAN

Teratai (*Nymphaea* sp) dan ganggang (*Hydrilla verticillata*) merupakan jenis tumbuhan air yang cukup banyak dijumpai di perairan danau di Indonesia. Namun hingga saat potensi tumbuhan air tersebut sebagai penyaring nutrien di perairan belum banyak digali. Tumbuhan air yang berkembang di bagian tepi danau merupakan bagian dari ekosistem danau itu dan mempunyai peran penting dalam sistem rantai makanan, penyedia habitat, maupun sebagai penyaring nutrien yang berasal dari ekosistem daratan (Denny, 1985 ; Ward, 1994).

Di negara-negara seperti Inggris, Jerman, Denmark dan Cina, tumbuhan air telah digunakan sebagai media utama dalam suatu sistem pengolahan limbah cair yang dikenal dengan istilah lahan basah buatan (*constructed wetland*). Lahan basah buatan adalah lahan basah yang dirancang dan dibangun untuk suatu tujuan berdasarkan struktur dan proses-proses yang terjadi pada lahan basah alami. Prinsip utama dari sistem pengolahan ini adalah memanfaatkan kemampuan tumbuhan air untuk menurunkan kadar pencemar seperti nitrogen, fosfat, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan logam berat. Tumbuhan air dapat menurunkan kadar pencemar secara langsung, yaitu dengan menyerap unsur-unsur pencemar sebagai sumber nutrien, atau secara tidak langsung dengan cara menyediakan tempat tumbuh bagi mikroorganisma yang akan mengurai bahan pencemar serta memasok oksigen untuk proses-proses penguraian yang bersifat aerobik. Logam berat yang bersifat toksik akan terikat pada biosolid, baik akar tanaman atau mikroba (Mc Cutcheon & Schnoor, 2003). Selain itu, tumbuhan air juga memperlambat kecepatan aliran air sehingga memungkinkan materi-materi yang tersuspensi mengalami proses pengendapan sehingga air yang keluar relatif lebih jernih. Sistem ini mempunyai

kelebihan berupa konstruksi yang sederhana dengan biaya pembuatan, operasional dan perawatan yang relatif lebih murah, dan mampu menyediakan lingkungan untuk kehidupan liar dan lanskap yang baik (Brix, 1993; Brix, 1994; Cooper *et al.*, 1990; Guntenspergen *et al.*, 1993; Schierup & Brix, 1990).

Teratai merupakan jenis tumbuhan air yang termasuk kedalam kelompok *floating leaves* yaitu akar berada di dasar perairan sedangkan daunnya berada di permukaan air. Oleh karena itu batang-batang teratai dapat mengurangi kecepatan aliran air, sehingga padatan yang tersuspensi mempunyai kesempatan lebih baik untuk mengendap. Nutrien yang biasanya terbawa oleh padatan tersuspensi akan mengendap pula, yang kemudian akan terurai dan diserap oleh akar tumbuhan. Selain itu, bentuk daun dan bunga teratai yang indah dapat menunjang fungsi estetika lingkungan bila tumbuhan ini digunakan dalam lahan basah buatan untuk pengolahan air limbah. Sedangkan tumbuhan ganggang, yang merupakan tumbuhan air terbenam mempunyai permukaan tubuh yang luas sekali yang berfungsi sebagai substrat untuk tumbuh berbagai mikroorganisma pengurai material organik.

Salah satu jenis limbah yang cukup potensial mencemari air, baik air tanah maupun air permukaan adalah limbah yang dihasilkan dari pencucian alat-alat di laboratorium analisis kimia. Kegiatan analisis kimia cukup banyak dilakukan di Indonesia, baik oleh lingkungan perguruan tinggi, lembaga penelitian, maupun industri. Nitrogen (N) dan fosfor (P), merupakan dua dari sekian unsur-unsur yang terkandung dalam air limbah pencucian laboratorium. Kedua unsur ini erat kaitannya dengan masalah yang paling umum dijumpai pada perairan darat yaitu eutrofikasi. Sumber N dan P di lingkungan perairan dapat berasal dari daerah tangkapan, atmosfer, maupun pelepasan dari sedimen (Brönmark & Hansson, 1998). Pada kolam percobaan,

materi organik dapat berasal dari organ tanaman dan hewan yang mati maupun dari buangan air limbah laboratorium. Oleh karena itu, proses penguraian akan terjadi secara *biodegradable* dan *nonbiodegradable*.

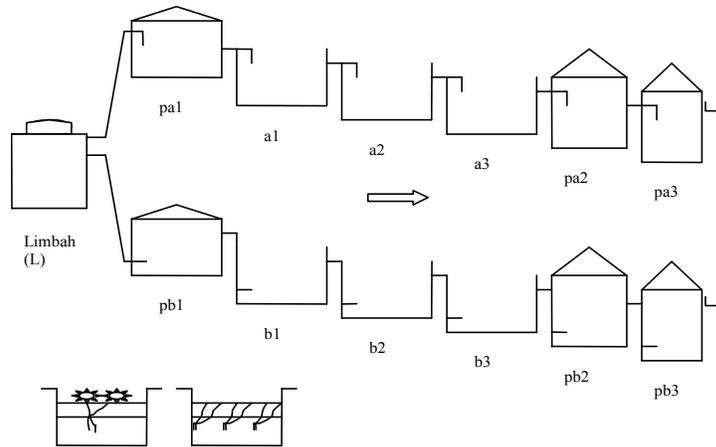
Berdasarkan pada hal-hal tersebut di atas, telah dilakukan uji kemampuan tumbuhan air teratai dan ganggeng dalam mereduksi nutrisi air limbah pencucian laboratorium analisis kimia melalui sistem kolam-kolam pengolahan yang ditanami tumbuhan air teratai dan ganggeng. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman teratai dan ganggeng dalam menurunkan kadar nitrogen dan fosfor yang terkandung dalam limbah cair dari kegiatan pencucian alat-alat di laboratorium analisis kimia. Pengamatan akan meliputi konsentrasi total nitrogen (TN) dan total fosfor (TP) pada air, serta parameter kualitas air dan parameter pertumbuhan tanaman seperti jumlah daun, berat basah, berat kering, dan klorofil total. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan dalam merancang suatu lahan basah buatan yang digunakan untuk mengolah limbah cair.

BAHAN DAN METODE

Limbah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari kegiatan pencucian alat-alat di laboratorium analisis kimia Pusat Penelitian Limnologi LIPI. Limbah ditampung dalam bak penampung

yang terbuat dari beton, kemudian dialirkan dengan sistem aliran permukaan dan bawah permukaan. Sistem pengolahan terdiri dari bak penampung limbah, bak pengendapan, bak perlakuan, bak penjernihan dan bak penampungan akhir (Gambar 1). Pada bak perlakuan diuji tiga media yaitu teratai, ganggeng, dan tanpa tanaman. Jumlah teratai yang ditanam adalah sebanyak 3 individu dengan total daun 10 helai. Masing-masing bak perlakuan dilengkapi dengan substrat kerikil dan tanah.

Pengamatan dilakukan setiap 2 (dua) minggu selama 10 minggu. Pengambilan contoh air dilakukan untuk analisis parameter N dan P. Titik-titik pengamatan sesuai dengan arah aliran adalah pada bak penampung limbah (L), bak pengendapan (pa1), bak perlakuan dengan garis tengah 1 m : ditanami dengan 3 individu teratai (a1), ditanami dengan ganggeng (a2), bak tidak ditanami (a3), bak penjernih (pa2), dan bak penampung (pa3). Konsentrasi limbah awal bervariasi karena sangat dipengaruhi oleh aktivitas laboratorium. Pengamatan pertumbuhan tanaman teratai dilakukan meliputi parameter klorofil a, jumlah daun, kadar abu teratai, serta kadar abu, dan klorofil-a ganggeng. Berat kering teratai dicuplik dari daun dengan mengambil potongan sebesar 2 x 2 cm², kemudian dilakukan penimbangan berat basah. Parameter kualitas air *in situ* seperti pH, DO, suhu, alkalinitas, dan turbiditas diamati dengan menggunakan *water quality checker (WQC)* pada setiap pengamatan kualitas air.



Gambar 1. Diagram alir pengolahan air limbah pencucian laboratorium analisis kimia. (pa1-: bak pengendapan aliran permukaan, a1 : bak teratai aliran permukaan. a2 : bak ganggeng aliran permukaan, pa2 : Bak penjernihan ke2, pa3 : bak penampungan akhir, a = atas, b = bawah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fluktuasi nilai dari parameter kualitas air cenderung terjadi pada setiap waktu pengamatan. Namun untuk parameter N dan P, nilai konsentrasi cenderung terus menurun. Parameter pertumbuhan tanaman menunjukkan peningkatan sampai akhir waktu pengamatan.

Reduksi konsentrasi TN terbesar terjadi pada minggu ke-10 yaitu sebesar 98,89 % (dari 8,193 ke 0,091 mg/L) pada aliran permukaan dan 99,84 % (dari 8,193 ke 0,013 mg/L) pada aliran bawah permukaan. Untuk aliran bawah permukaan, konsentrasi TN dengan nilai 0,013 mg/L pada bak penampungan akhir, telah memenuhi baku mutu limbah cair golongan I, yaitu sebesar 0,02 mg/L N untuk golongan I dan II, sedangkan pada aliran permukaan, nilai konsentrasi TN pada bak penampungan akhir sebesar 0,091 mg/L hanya sesuai dengan baku mutu limbah cair golongan III, yaitu sebesar 5 mg/L N (PPLH, 1991). Data ini menjelaskan bahwa nitrogen pada umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk nitrat dan direduksi menjadi senyawa organik. Nitrogen merupakan elemen yang

umum ditemukan melimpah setelah karbon dan air pada tumbuh-tumbuhan. Nitrat dan amonium merupakan sumber utama nitrogen anorganik yang diserap oleh akar tumbuhan tinggi. Hampir 70 % TN pada daun terdapat pada kloroplas dan protein-protein mengandung hampir 18 % nitrogen (Epstein, 1972).

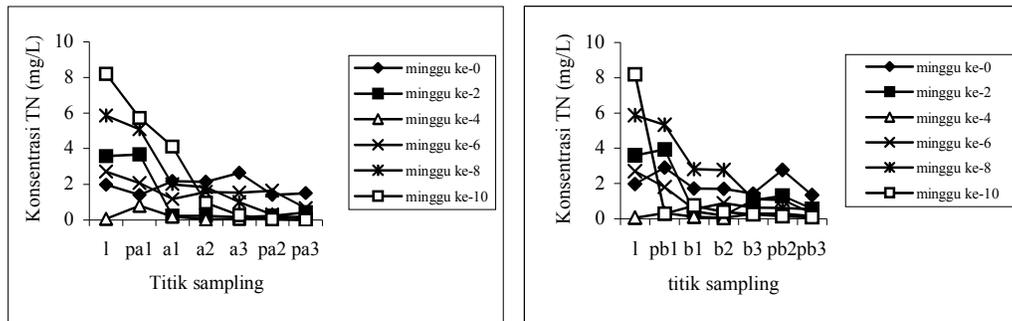
Konsentrasi total fosfat (TP) pada bak percobaan terus menurun sampai pada bak ganggeng (a2 & b2) kecuali pada pengamatan minggu ke-6 baik pada aliran permukaan maupun aliran bawah permukaan dan minggu ke-0 pada aliran bawah permukaan (Gambar 3). Penurunan konsentrasi TP terbesar diperoleh pada pengamatan minggu ke-8 untuk aliran permukaan yaitu mencapai 100% (dari 4,861 ke 0 mg/L) dan minggu ke-4 pada aliran bawah permukaan sebesar 96,915 % (dari 5,867 ke 0,181 mg/L). Sistem aliran bawah permukaan pada pengolahan limbah yang sama telah dilaporkan dapat menurunkan konsentrasi unsur P sampai mendekati nol dengan menggunakan tanaman *Typha* sp (Meutia, 2000). Konsentrasi TP yang dianjurkan menurut PPLH (1991) adalah sebesar 0,001 mg/L untuk golongan I. Unsur P diserap oleh akar

tanaman. Pada proses fotosintesis, unsur P digunakan untuk sintesis ATP dan NADPH₂ yang berlangsung pada reaksi cahaya dimana ATP dan NADPH₂ ini akan digunakan untuk fiksasi CO₂ pada reaksi gelap (Marschner, 1986 ; Sudgen, 1984).

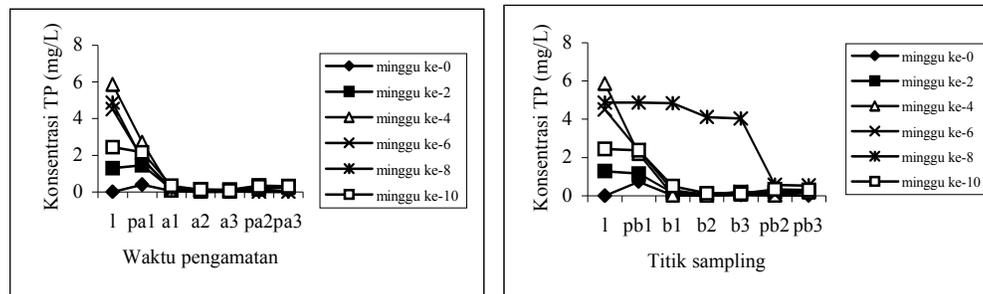
Kadar COD mengalami penurunan terbesar pada minggu ke-6 baik pada aliran permukaan maupun bawah permukaan yaitu masing-masing sebesar 97,07 % (dari 420,882 ke 2,935 mg/L) dan 90,08 % (dari 420,882 ke 9,923 mg/L). Kedua nilai ini sudah berada jauh dibawah konsentrasi yang dianjurkan, yaitu sebesar 40 mg/L untuk baku mutu limbah cair golongan I (PPLH,

1991). Penurunan kadar COD menunjukkan bahwa jumlah material organik baik yang berasal dari peluruhan sel-sel tanaman dan hewan maupun dari buangan laboratorium jumlahnya menurun karena adanya proses penguraian.

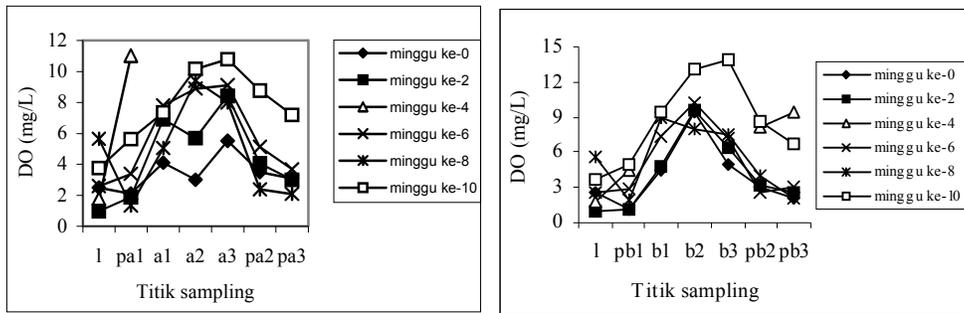
Nilai kandungan oksigen terlarut (DO) pada bak teratai (a1 & b1) selalu lebih besar dari bak pengendapan (pa1 & pb1) baik pada aliran permukaan maupun bawah permukaan, dan cenderung terus meningkat sampai pada bak ganggang (Gambar 4). Kandungan DO dapat berasal dari hasil fotosintesis tumbuhan maupun fitoplankton.



Gambar 2. Perubahan nilai konsentrasi total nitrogen (TN) pada aliran permukaan dan aliran bawah permukaan.



Gambar 3. Perubahan nilai konsentrasi total fosfor (TP) pada aliran permukaan dan aliran bawah permukaan.



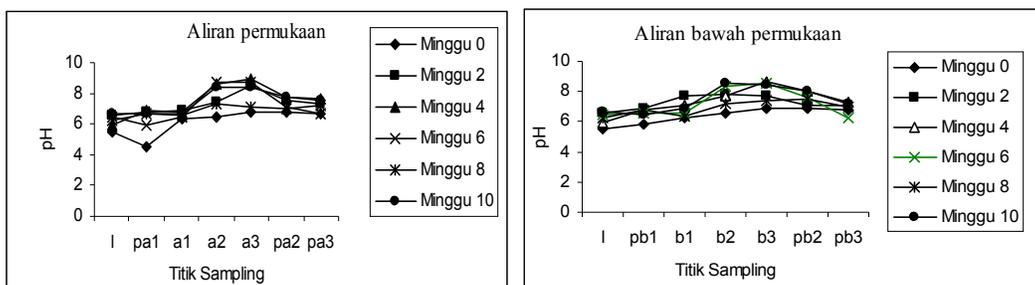
Gambar 4. Perubahan nilai konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada aliran permukaan dan aliran bawah permukaan.

Hasil pengamatan nilai pH air baik pada aliran bawah permukaan maupun aliran permukaan menunjukkan pH normal sampai basa dengan nilai yang terus meningkat dari bak teratai hingga bak yang tidak ditanami dan menurun kembali sampai nilai normal pada bak penjernihan dan penampungan (Gambar 5). Nilai pH air sangat penting karena akan mempengaruhi proses penyerapan unsur hara oleh tanaman maupun proses perombakan materi organik oleh mikroba (Epstein, 1972).

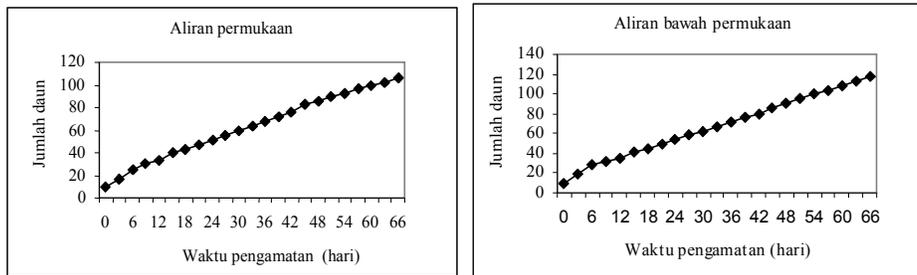
Parameter pertumbuhan seperti jumlah daun, luas daun rata-rata tanaman teratai terus meningkat sampai akhir waktu pengamatan baik pada aliran permukaan maupun aliran bawah permukaan (Gambar 6 dan 7). Pada pengamatan minggu ke-6, nilai berat basah, berat kering, dan kadar klorofil total, baik untuk tanaman teratai maupun ganggeng, aliran permukaan dan aliran bawah permukaan menunjukkan nilai yang hampir sama (Gambar 8,9,dan10,). Berat basah tanaman teratai terus meningkat pada aliran permukaan, sedangkan pada aliran

bawah permukaan terjadi fluktuasi seperti halnya terjadi pada tanaman ganggeng. Hal ini menunjukkan adanya pertumbuhan dari tanaman teratai yang berarti tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungannya yang menerima aliran limbah.

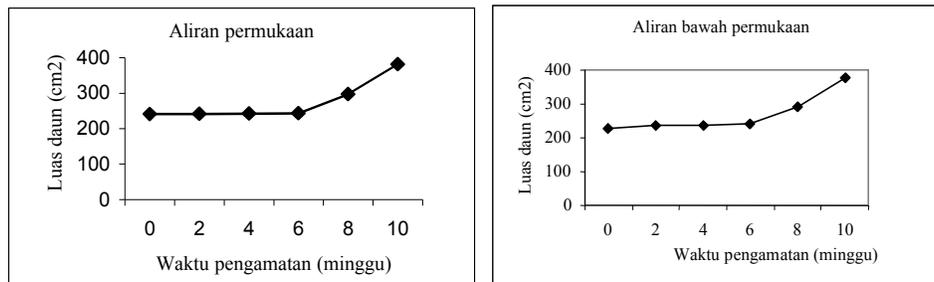
Komunitas tumbuhan air pada bagian litoral perairan danau di antaranya mempunyai peran penting sebagai penyaring nutrisi yang berasal dari ekosistem daratan (Denny, 1985 ; Ward, 1994). Berdasarkan pada sifat-sifat ini, maka penurunan konsentrasi TN dan TP pada kolam-kolam pengolahan dapat dikaitkan dengan faktor penyerapan unsur N dan P sebagai nutrisi oleh tanaman yang dicirikan oleh adanya pertumbuhan tanaman yang terus meningkat. Nitrat dan ammonium merupakan sumber utama nitrogen anorganik sedangkan $H_2PO_4^-$ merupakan sumber fosfat anorganik yang diserap oleh akar pada tumbuhan tinggi (Marschner, 1986). Kedua unsur tersebut merupakan unsur makro yang dibutuhkan oleh tanaman.



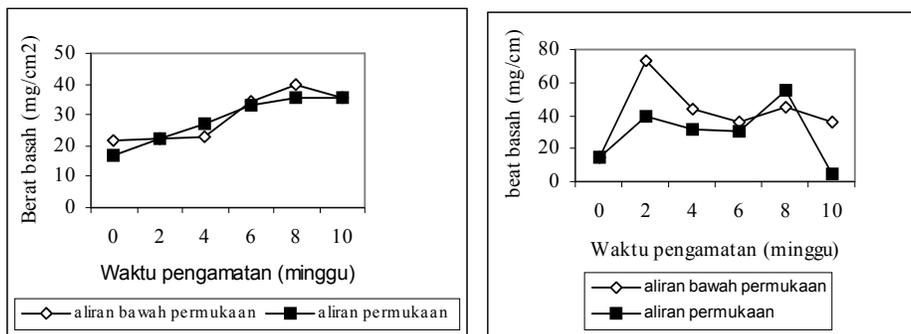
Gambar 5. Perubahan nilai pH pada aliran bawah permukaan dan aliran permukaan.



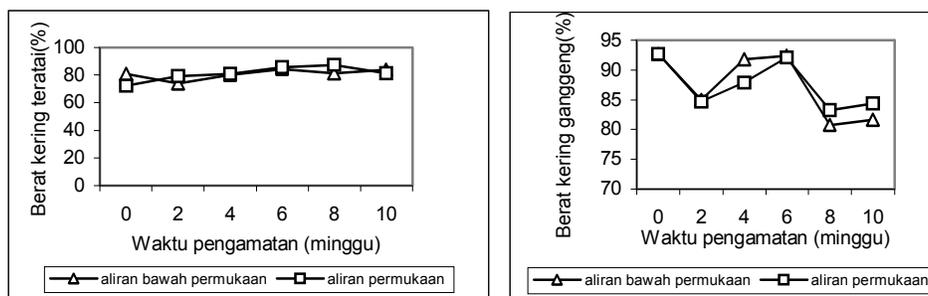
Gambar 6. Jumlah daun rata-rata tanaman teratai pada aliran bawah permukaan dan aliran permukaan.



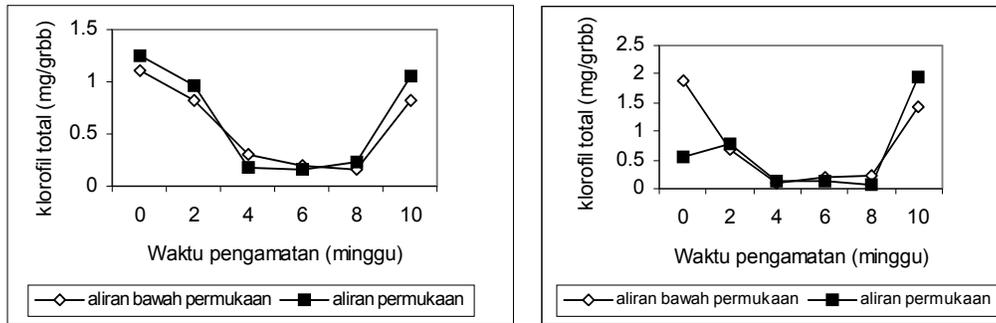
Gambar 7. Luas daun rata-rata tanaman teratai pada aliran bawah permukaan dan aliran permukaan.



Gambar 8. Berat basah tanaman teratai (kiri) dan ganggang (kanan) pada aliran bawah permukaan dan aliran permukaan.



Gambar 9. Berat kering rata-rata teratai dan ganggang (%) pada aliran permukaan dan bawah permukaan.



Gambar 10. Fluktuasi kandungan klorofil total tanaman teratai (kiri) dan ganggeng (kanan) pada aliran bawah permukaan dan aliran permukaan.

KESIMPULAN

Lahan basah buatan sistem aliran permukaan dan aliran bawah permukaan yang ditanami dengan teratai dan ganggeng mampu menurunkan kadar total nitrogen (TN) dan total fosfor (TP) air limbah pencucian dari laboratorium analisis kimia. Penurunan kadar TN lebih baik pada sistem aliran bawah permukaan (99,84 %, yaitu dari 8,193 ke 0,013 mg/L), sedangkan penurunan kadar TP lebih baik pada sistem aliran permukaan (100%, yaitu dari 4,861 ke 0 mg/L). Adanya kecenderungan peningkatan pertumbuhan dari tanaman teratai dan ganggeng pada kolam-kolam percobaan dan adanya kecenderungan penurunan kadar TN dan TP dari air limbah menunjukkan bahwa tanaman teratai dan ganggeng dapat digunakan sebagai media penyerapan unsur TN dan TP pada lahan basah buatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brix H., 1993, Waste water treatment in constructed wetlands : System design, removal processes and treatment performance, In ; *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, Gerald A.M. (Ed)., p: 9-22.
- Brix H., 1994, Function of macrophytes in constructed wetlands, *Wat. Sci. Tech.*, IAWQ, 29 (4) : 71-78.
- Cooper P.F., J.A. Hobson, & C. Findlater, 1990, The use of reed bed treatment systems in UK, *Wat. Sci. Tech.*, IAWPRC, 22 (3-4) : 57-64.
- Denny, Patrick, 1985, Wetland vegetation and associated plant life-form, In : *The Ecology and Management of African Wetland vegetation*, P. Denny (ed). DR W. Junk Publ. Dordrecht, p : 1 - 18.
- Epstein E., 1972, *Mineral Nutrition of Plant : Principles and Perspectives*, Wiley Int. Ed., 412 pp.
- Guntenspergen G.R., J.R. Keough, & J. Allen, 1993, Wetland systems and their response to management, In : *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, Gerald A.M. (Ed), p : 383 – 398.
- Marschner H., 1986, *Mineral Nutrition in Higher Plants*, Harcourt Brace Javanovich, Publ. Ac. Press, London, 674 pp.
- Mc Cutcheon Steven C., & Jerald L. Schnoor, 2003. *Phytoremediation, Transformation and Control of Contaminants*, Wiley-Interscience, A John Wiley & Sons, Inc. Pub., 987 pp.
- Meutia, A.A., 2000, Pengolahan air limbah laboratorium kimia di dalam aliran bawah dan aliran atas constructed wetland (CW), Laporan Teknik, Proyek Penelitian, Pengembangan dan Pendayagunaan Biota Darat

- Tahun 1999-2000, Pulitbang Biologi LIPI, Bogor, p : 30-37.
- Schierup H.H. and H. Brix, 1990, Danish experience with emergent hydrophyte treatment systems (EHTS) and prospects in the light of future requirements on outlet water quality, Wat. Sci. Tech., IAWPRC, 22(3-4) : 65-72.
- Sudgen A., 1984, Longman Illustrated Dictionary of Botany, Longman York Press, 192 pp.
- Ward, J.V., 1994, The structure and dynamics of lotic ecosystems, In : *Limnology Now*. R. Margalef (Ed)., Elsevier, Amsterdam, p : 195 –215.