

SISTEM RESIRKULASI AQUAPONIK UNTUK PENGENDALIAN KELEBIHAN NUTRIEN DI PERAIRAN: Laju Serap dan Penyisihan Nutrien oleh Beberapa Jenis Sayuran

Nofdianto dan Hasan Fauzi

Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

E-mail: nofdianto@limnologi.lipi.go.id

Diterima: 18 Juni 2015, Disetujui: 19 November 2015

ABSTRAK

Uji coba tentang "potensi aquaponik untuk pengendalian kelebihan nutrisi di perairan permukaan: Laju uptake dan presentase penurunan konsentrasi nutrisi beberapa jenis sayuran pada sistem aquaponik" telah dilakukan di Pusat Penelitian Limnologi LIPI. Percobaan dilakukan menggunakan sebuah bak fiberglass dengan volume sekitar 1 m³ sebagai wadah pemeliharaan ikan Nila Merah (± 30 ekor, berat rata-rata 50 gram), dan delapan buah pipa PVC 4 inchi dengan panjang 2 meter. Pipa disusun secara horizontal pada bagian sisi atas bak ikan yang digunakan sebagai wadah penanaman empat jenis sayuran (Bayam Putih, PokChoy, Sawi Bakso dan Kangkung). Laju uptake dan persentase penurunan konsentrasi nutrisi jenis Bayam Putih rata-rata lebih tinggi, yaitu sekitar 0.303mg.L⁻¹.hari⁻¹ dan 68.51% untuk TN; 0.086mg.L⁻¹.hari⁻¹ dan 53.92% untuk TP dan 0.065mg.L⁻¹.hari⁻¹ dan 46.45% untuk PO₄. Sementara, laju uptake dan persentase penurunan nutrisi terendah ditemukan pada jenis Sawi Bakso yaitu sekitar 0.047 mg.L⁻¹.hari⁻¹ dan 35.98% untuk P-PO₄.

Kata Kunci: Penimbunan nutrisi, aquaponik, uptake nutrisi, bayam putih, pok choy, kangkung, sawi bakso.

ABSTRACT

The trial of the "Potential of aquaponics to control excess nutrients in surface waters: The rate of uptake and the percentage reduction in nutrient concentrations of several types of vegetables in an aquaponics system" has been carried out at the Research Center for Limnology LIPI. Experiments were conducted using a fiberglass bath with a volume of about 1 m³ as container pisciculture Red Tilapia (± 30 individuals, average weight 50 grams), and eight pieces of 4-inch PVC pipe with a length of 2 meters. Pipes arranged horizontally on the top side of the fish bath and used as a container planting four species of vegetables (Spinach White, PokChoy, Mustard Greens and Kangkung). The rate of uptake and the percentage reduction in nutrient concentrations were highest on the white spinach species is 0.303mg.L⁻¹.day⁻¹ and 68.51% for TN; 0.086mg.L⁻¹.day⁻¹ and 53.92% for TP and 0.065mg.L⁻¹.day⁻¹ and 46.45% for P-PO₄. Whereas, the rate of uptake and percentage reduction in nutrient concentration were lowest on the mustard greens species is 0.194 mg.L⁻¹.day⁻¹ and 35.98% for P-PO₄.

Keywords: Accumulation of nutrient, aquaponic, nutrient uptake, spinach white, pok choy, kangkung, mustard greens.

PENDAHULUAN

Sampai saat ini pengolahan air limbah terutama yang dikelola secara konvensional masih menimbulkan dampak kerusakan seperti penipisan oksigen dan eutrofikasi di perairan. Akhirnya solusi dengan cara ini selalu dipertanyakan dan terus menjadi pusat pembahasan para peneliti terutama tentang daur ulang nutrisi. Di alam, keberadaan nitrogen umumnya dalam bentuk terikat dan melalui proses denitrifikasi sebagian terlepas ke atmosfer berupa gas, fosfor biasanya terakumulasi di sedimen dan pemanfaatan ketersediaan nutrisi secara alami ini bukan lagi dianggap sebagai sumber nutrisi utama di beberapa negara. Pentingnya daur ulang fosfor yang dianggap sebagai sumber daya terbatas dan beberapa metode untuk mengekstrak fosfor dari sedimen telah dibahas secara mendalam. Meskipun nitrogen bukan merupakan sumber daya yang terbatas, namun proses fiksasi nitrogen sangat mahal dan sehingga daur ulang nitrogen tetap menjadi hal menarik (Norström, 2005).

Di Indonesia, kualitas fisik-kimia dan biologi ekosistem perairan umumnya telah mengalami penurunan oleh berbagai kegiatan manusia terutama kegiatan pemeliharaan ikan di keramba jaring apung (KJA). Sebagai contoh di danau Toba aktivitas keramba jaring apung rata-rata memasukkan Pokan sebesar 200 ton setiap hari tanpa ada upaya pengelolaan lingkungan dan upaya pemantauan lingkungan secara rutin (Panjaitan, 2009), di waduk Gajah Mungkur beban pencemaran berasal dari aktivitas eksogenus (dari luar perairan) terutama TSS mencapai 891.71 ton per tahun dan yang berasal dari aktivitas indigenous (KJA) terutama nitrogen dan fosfor mencapai 81.963 dan 28.501 ton per tahun (Pujiastuti *et al.*, 2013).

Beberapa hasil penelitian telah dilaporkan bahwa, selain limbah perikanan, air limbah rumah tangga, pertanian, industri pengolahan makanan dan pakan umumnya berupa bahan organik yang mengandung sebagian besar unsur nutrisi penting bagi pertumbuhan tanaman makrovegetasi (Ayaz & Saygin, 1996). Pada mulanya sistem

pengolahan air limbah ini menggunakan tanaman seperti Gulma Itik (Culley & Epps, 1973), Eceng Gondok (Gopal, 1987) untuk jenis tanaman rawa, Alang-Alang dan Teki-Tekian (Kadlec & Knight, 1996) untuk jenis tanaman lahan sedikit basah. Namun, menurut Abe & Ozaki, (1998); Ikeda & Tan, (1998) dan Drizo *et al.*, (2000) Studi yang dilakukan untuk menghilangkan total fosfor (TP) dan total nitrogen (TN) menunjukkan rentang yang sangat luas berdasarkan tingkat efektivitas pengolahannya. Meskipun jenis-jenis yang digunakan tersebut di atas dapat meningkatkan keanekaragaman hayati, namun memiliki keterbatasan nilai tambah, karena rata-rata jenis tumbuhan tersebut tidak bisa dimanfaatkan lebih lanjut oleh manusia selain fungsi purifikasi.

Pengolahan air limbah dengan keterbatasan lahan semestinya membutuhkan penyesuaian dan inovasi. Menurut Usyus & Bykowski (1999) mengatakan bahwa air limbah organik dari budidaya perikanan dapat diolah dengan cara yang berbeda baik secara mekanik, kimia ataupun biologi. Sementara Prayong Keeratiurai (2013) menyatakan bahwa hidroponik adalah alternatif lain yang bisa menyelesaikan masalah tersebut dan teknologi baru untuk merevolusi sistem budidaya. Karena itu akan membantu meningkatkan produktivitas, mengurangi penggunaan pupuk kimia, dan dapat ditanam di mana saja.

Integrasi hidroponik dengan perikanan budidaya sering disebut aquaponik dan sistem ini sudah menjadi pusat perhatian para peneliti sebagai sistem produksi pangan bio-terintegrasi. Aquaponik berfungsi sebagai model produksi pangan yang berkelanjutan dengan mengikuti prinsip-prinsip tertentu: Produk limbah dari sistem biologis kesatu (ikan) berfungsi sebagai unsur hara untuk yang sistem biologis kedua (tanaman pangan). Integrasi ikan dan tanaman hasil polikultur yang meningkatkan keragaman dan hasil beberapa produk serta air yang dihasilkan dapat digunakan kembali melalui filtrasi biologi dan resirkulasi. Produksi pangan lokal menyediakan akses ke makanan sehat dan meningkatkan ekonomi lokal.

Pada akuakultur sistem resirkulasi, amonia diekskresikan oleh ikan teroksidasi menjadi nitrat melalui nitrifikasi pada biofilter. Meskipun nitrat tidak beracun seperti amonia atau nitrit, akumulasinya yang berlebihan tetap tidak diharapkan. Denitrifikasi oleh bakteri anaerob merupakan metode umum digunakan untuk menghilangkan nitrat, tetapi proses secara kompleks membutuhkan kondisi anaerob dan penambahan sumber karbon untuk sistem. Meningkatkan laju resirkulasi air merupakan metode lain yang memungkinkan, tetapi metode ini biasanya meningkatkan aliran limbah, dan membutuhkan tambahan energi jika resirkulasi air membutuhkan pemanasan atau pendinginan. Menggunakan tanaman air atau aquaponik adalah metode ketiga menyerap nitrat dan fosfat dari sistem budidaya. Tanaman air tidak membutuhkan banyak energi untuk denitrifikasi, dan mereka tumbuh dengan baik di bawah suhu air dan kondisi cahaya yang tepat. hidroponik menggunakan sayuran atau tanaman lainnya yang berharga tidak hanya dapat menggantikan denitrifikasi, namun juga memberikan tambahan sumber pendapatan bagi petani ikan.

Fokus dari penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja pengolahan air limbah budidaya perikanan melalui *uptake* nutrisi oleh beberapa jenis tanaman sayur dengan sistem resirkulasi aquaponik. Laju *uptake* dan persentase pengurangan konsentrasi nutrisi oleh empat tanaman sayuran akan dijadikan sebagai bahan kajian potensi sistem ini dalam pengendalian kelebihan nutrisi di perairan, selain kaitannya dengan kualitas air dan permasalahan lainnya yang mungkin terjadi.

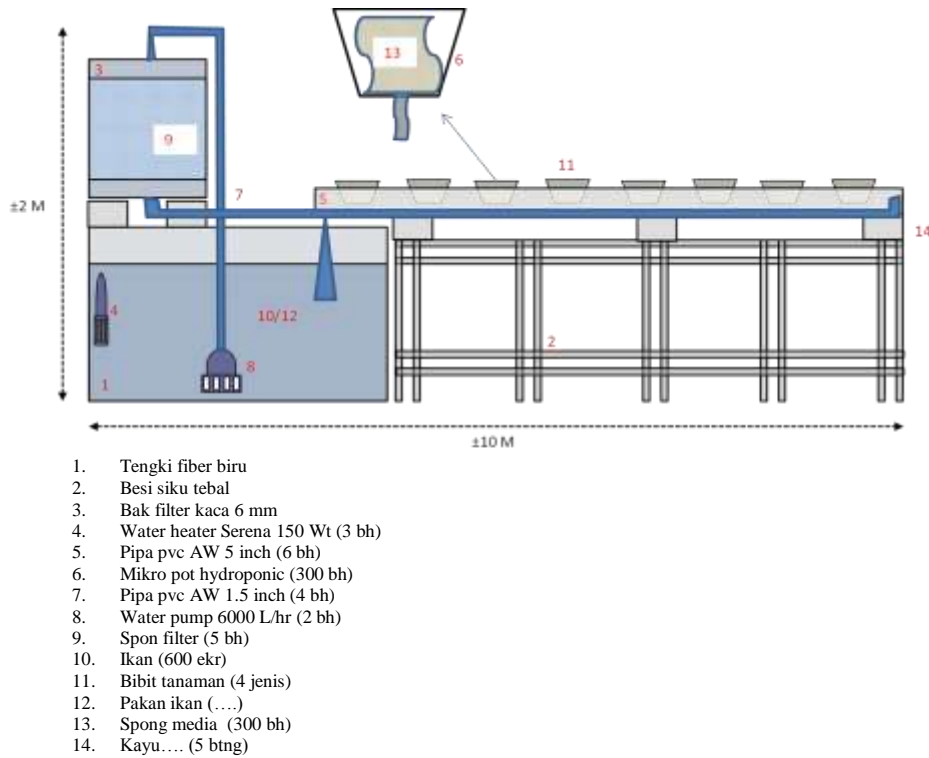
METODE

Percobaan dilakukan dengan menggunakan satu buah bak *fiberglass*

berukuran sekitar 1 m³ sebagai tempat pemeliharaan ikan Nila Merah (*Oreochromis sp.*) yaitu ±30 ekor dengan berat rata-rata 50 gram. Delapan buah pipa paralon PVC 4 inchi dengan panjang 2 meter disusun secara horizontal pada bagian sisi atas bak ikan dan digunakan sebagai wadah penanaman empat jenis sayuran yaitu; Bayam Putih (BP) atau *Amarantus lividus*, PokChoy (PC) atau *Brassica rapa* subsp. *Chinensis*, Sawi Bakso (SB) atau *Brassica rapa* sp dan Kangkung (KK) atau *Ipomoea aquatica*. Media air dan nutrisi yang berasal dari bak ikan dialirkan dengan sebuah pompa submersible 1500 L.Jam⁻¹ ke bak penyaringan dan pengendapan selanjutnya dialirkan ke pipa paralon sebagai media tumbuh bagi sayur-sayuran. Teknik budidaya aquaponik yang digunakan pada percobaan ini termasuk metode *Nutrien Flow Technique*.

Persiapan Tanam

Empat jenis bibit sayuran diperoleh dari toko bahan pertanian disemai secara langsung sebanyak satu biji di setiap *net pot* yang telah ditempatkan *rockpool* sebagai media tanam. Sekitar 3 hari, saat kecambah mulai tumbuh secara baik, dipilih tanaman yg dianggap paling baik untuk ditempatkan pada pipa. Setiap jenis tanaman ditanam pada dua buah pipa paralon PVC yaitu masing-masing sebanyak 18 pot. *Net pot* yang berdiameter sekitar lima centimeter ini sebelumnya dipasang sumbu yang terbuat dari serat halus flannel langsung tercelup pada air yang ada pada pipa paralon, sehingga pada saat pertumbuhan awal suplay air ke kecambah masih tetap terjaga. Sementara itu, bibit ikan Nila Merah sebanyak 30 ekor ditimbang untuk mengetahui berat awal rata-rata ikan dan selanjutnya dimasukkan ke dalam bak yang sudah dipersiapkan. Ikan diberi Pokan pelet mengapung ± 3 % per bobot ikan sebanyak 3 kali sehari.



Gambar 1. Disain aquaponik

Pengukuran Laju Tumbuh

Pengukuran pertumbuhan dan kualitas air dilakukan setelah tiga minggu atau rata-rata tanaman sudah mengeluarkan sekitar 3 hingga 4 lembar daun. Pengukuran dilakukan setiap minggu selama 6 minggu atau sampai tanaman sudah layak dipanen. Pada pengukuran laju tumbuh ini dipilih 6 tanaman dari 18 tanaman yang tersedia setiap jenisnya. Pengukuran total bobot basah per tanaman dilakukan dengan cara menimbang seluruh tanaman berikut pot yang sebelum ditiriskan dengan menggunakan timbangan digital 0.01 gram. Nilai bobot basah sesungguhnya diperoleh dengan mengurangi bobot total dengan berat masing-masing potnya.

Pengukuran Laju Uptake Nutrien

Uptake nutrien atau penyerapan nutrien oleh tanaman dilakukan dengan cara mengukur konsentrasi nutrien dalam hal ini TN, TP, N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂, P-PO₄ pada waktu tinggal 2, 4, 6 hari (tanggal 1, 3, 5 dan 7). Sampel air diambil secara hati-hati dengan menggunakan shiring 50 ml sebanyak 200 ml untuk menghindari pengadukan, sampel dimasukkan kedalam botol plastic 250 ml dan disimpan dalam

lemari pendingin sebelum dilakukan analisa nutrien. Pengukuran laju *uptake* nutrien dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada fase tumbuh eksponensial dan menjelang fase eksponensial berakhir atau awal fase stasioner. Berhubung terdapat empat jenis tanaman yang berbeda pada percobaan ini maka kedua fase pengukuran ini lebih cenderung pada batas fase eksponensial saja. Formulasi dalam menetapkan laju *uptake* dan persentase penurunan konsentrasi nutrien digunakan persamaan-persamaan di bawah ini:

$$\text{Laju Uptake Rata-rata} = \left(\frac{C_0 - C_1}{t_1} + \frac{C_1 - C_2}{t_2} + \frac{C_2 - C_3}{t_3} \right) * \frac{1}{3}$$

Keterangan:

- C₀ = konsentrasi awal
- C₁,...C₃ = konsentrasi ke t₁,...t₃
- t₀ = waktu awal
- t₁,...t₃ = waktu ke1,...3

$$\% \text{ of Uptake} = \frac{C_t - C_0}{C_0} * 100\%$$

$$\text{Evap} = \sum \text{Evap} * \left(\frac{1}{t(d)} \right)$$

Keterangan:

∑ Evap = Jumlah evaporasi (ml)

$t(d)$ = jumlah hari
 $V_1, \dots, V_n = V_a - (Evap * t_0), \dots, V_a - (Evap * t_n)$

Keterangan:
 V_1, \dots, V_n = volume air waktu t_1, \dots, t_n
 V_a = Volume air awal

$$K_0, \dots, K_n = \frac{V_a}{V_1}, \dots, \frac{V_a}{V_n}$$

Keterangan:
 K_0, \dots, K_n = konstanta penguapan waktu t_0, \dots, t_n

$$C(t) \text{ def.} = \frac{c}{K_1}, \dots, \frac{c}{K_4}$$

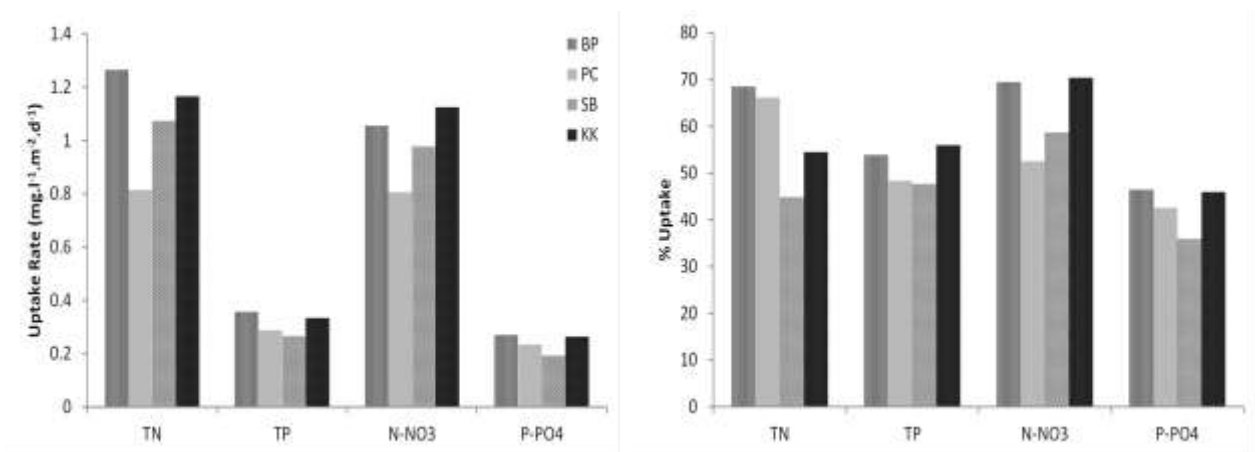
Keterangan:
 $C(t) \text{ def.}$ = konsentrasi definitive pada setiap pengukuran

Pada saat pengukuran laju *uptake* nutrisi, dilakukan pemantauan kualitas air seperti pH, DO, Turbiditas dan Konduktivitas dengan menggunakan instrument digital *Lutron*. Data mentah yang diperoleh diolah dengan menggunakan aplikasi excel baik untuk tampilan berupa grafik garis, analisis perbedaan Anova, maupun formulasi penghitungan secara kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil percobaan laju *uptake* beberapa jenis tanaman sayur terhadap limbah nutrisi yang berasal dari budidaya ikan Nila Merah diperoleh hasil seperti pada Gambar 2.

Laju *uptake* dan persentase penurunan konsentrasi nutrisi jenis Bayam Putih rata-rata lebih tinggi, yaitu sekitar $0.303 \text{ mg.L}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan 68.51% untuk TN; $0.086 \text{ mg.L}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan 53.92% untuk TP dan $0.065 \text{ mg.L}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan 46.45% untuk PO_4 , meskipun laju *uptake* dan persentase penurunan konsentrasi nutrisi oleh jenis Kangkung mencapai $0.270 \text{ mg.L}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan 70.39% terutama untuk N-NO_3 . Sementara, laju *uptake* dan persentase penurunan nutrisi terendah ditemukan pada jenis Sawi Bakso yaitu sekitar $0.047 \text{ mg.L}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan 35.98% untuk P-PO_4 . Penelitian Ghaly *et al.*, (2005) melaporkan bahwa tanaman makrovegetasi mampu menurunkan konsentrasi secara signifikan semua polutan dalam air limbah. Total penurunan konsentrasi polutan pada percobaannya berupa padatan, COD, N-NO_3 , N-NO_2 , P-PO_4 dan kalium berkisar antara 54,7% sampai 91,0%.



Gambar 2. Grafik laju *penyerapan* dan persentase penurunan konsentrasi nutrisi masing-masing jenis tanaman.

Laju *uptake* dan persentase penurunan nutrisi ini secara kuantitatif menunjukkan bahwa makrovegetasi jenis sayur-sayuran digunakan pada sistem aquaponik memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bioremediasi dan pengendali kelebihan nutrisi di perairan. Namun, penurunan konsentrasi nutrisi (hasil sampingan dari budidaya ikan) oleh tanaman pada sistem aquaponik ini menurut beberapa literatur bukanlah semata disebabkan oleh *uptake* tanaman. Tanner *et al.*, (1999) melaporkan bahwa selain asimilasi tanaman, penurunan konsentrasi fosfor juga dipengaruhi oleh proses penyerapan, kompleksasi, pengendapan dan asimilasi bakteri. Keberadaan fosfor dalam berbagai bentuk menunjukkan bahwa proses perubahan bentuk juga akan mempengaruhi konsentrasi dan tingkat polutannya di perairan. TP disederhanakan menjadi ortofosfat ($P-PO_4$), fosfat asam-terhidrolisis, fosfat organik terlarut dan partikulat fosfor. Biasanya fosfat asam-terhidrolisis dapat diabaikan dalam limbah (Drizo *et al.*, 2000). Fosfor organik diubah oleh aktivitas bakteri menjadi fosfor mineral yang dapat diasimilasi oleh tanaman. Fosfor partikulat mungkin dihilangkan dengan penyaringan atau penyerapan pada sistem akar tanaman.

Hal yang sama juga terjadi pada *uptake* nitrogen di perairan, sumber nitrogen dalam bentuk amoniak akan dirombak oleh bakteri nitrifikasi menjadi nitrit dan dioksidasi menjadi $N-NO_3$ yang siap diserap oleh tanaman. Ditambahkan, bahwa mekanisme *removal* nitrogen di perairan ditentukan oleh 3 hal yaitu, aktifitas bakteri (Gersberg *et al.*, 1986), *uptake* tanaman (Breen, 1990; Rogers *et al.*, 1991) dan penguapan (Sanchez-Monedero *et al.*, 2001).

Proses perombakan dan asimilasi nutrisi yang berlangsung pada sistem resirkulasi aquaponik diduga berkaitan dengan morfologi dan jenis tanaman yang digunakan. Setiap jenis tanaman tentu memiliki jumlah akar berbeda antara satu dengan yang lainnya. Tanaman dengan porsi akar lebih besar diasumsikan sebagai substrat bagi komunitas bakteri akan lebih tinggi, sehingga memberi peluang untuk proses asimilasi nutrisi melalui perombakan

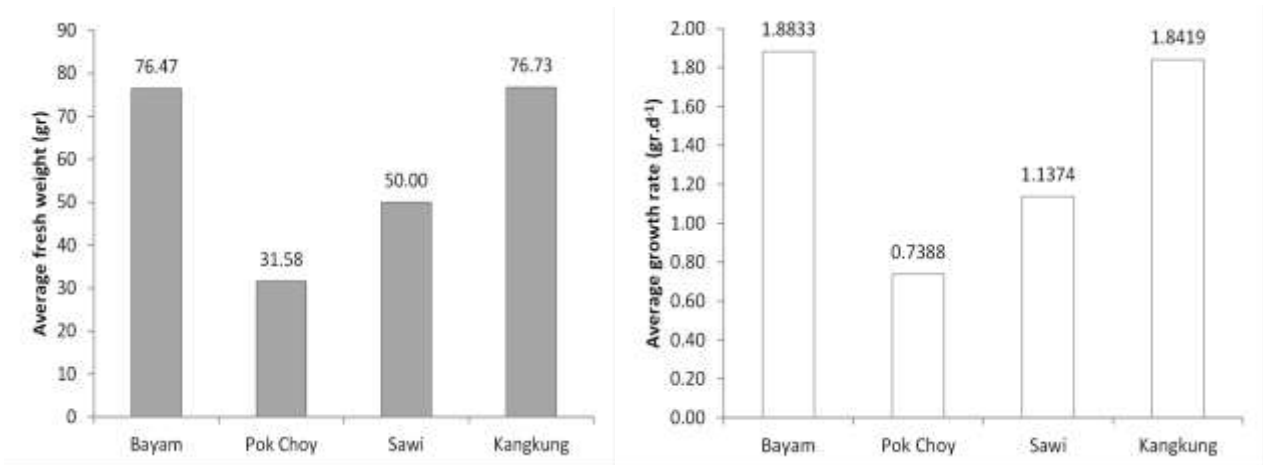
bakteri menjadi lebih tinggi pula (Farahbakhshazad & Morrison, 1997; Gopal, 1999).

Sebagai makronutrien esensial bagi pertumbuhan tanaman, unsur nitrogen dan fosfor terutama fosfor berperan sebagai faktor utama transfer energi dalam sel semetara nitrogen sebagai unsur penting dalam seluler protein. Paling sering kedua unsur ini berasimilasi sebagai ion anorganik sederhana (Forsberg, 1991). Pada tumbuhan tingkat tinggi asimilasi nitrogen dalam bentuk nitrat atau ammonia. Ion amonia teroksidasi oleh *Nitrosomonas* spp. menjadi nitrit. Amonia nitrogen mengasumsikan dua bentuk tergantung pada pH air. Pada pH lebih tinggi akan menggeser konsentrasi amonia menjadi nitrat ($N-NO_3$) yang kemudian diambil oleh tanaman untuk pertumbuhan (Timmons *et al.*, 2002). Fosfor diambil oleh akar tanaman sebagai fosfat, dan titik masuk utama terjadi selama pembentukan ATP. Setelah bergabung dalam ATP, kelompok fosfat dapat ditransfer dalam reaksi untuk membentuk berbagai senyawa yang terfosforilasi ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi (Taiz & Zeiger, 1991). Dalam tanaman yang sangat produktif, seperti tanaman lahan basah, jumlah nutrisi yang cukup dapat terikat dalam biomassa. Kapasitas penyerapan macrophytes adalah sekitar 20 kali lebih tinggi untuk nitrogen daripada fosfor (Brix, 1994).

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air (Tabel 1.), konsentrasi oksigen terlarut (DO) menunjukkan kondisi air kurang baik untuk mendukung kehidupan ikan budidaya, yaitu berkisar 2.77 hingga 3.6 $mg.L^{-1}$. Kondisi ini bisa dimaklumi karena pada saat pengukuran laju *uptake* nutrisi, air berada dalam keadaan diam dan relatif tidak ada aliran atau aerasi, sementara komunitas mikroba tetap berkembang pada setiap akar tanaman. Gray *et al.*, (1996) melaporkan bahwa, konsentrasi oksigen terlarut akan mempengaruhi populasi bakteri nitrifikasi. Meskipun tergolong rendah, proses nitrifikasi masih dapat berlangsung pada percobaan ini, hal ini dapat dilihat dari fluktuasi nitrogen pada grafik (Gambar 3.).

Tabel 1. Hasil pengukuran kualitas air pada saat pengukuran laju *uptake* nutrien

Parameter WQC	Jenis Tanaman			
	Bayam Putih (BP)	Pak Choy (PC)	Sawi Bakso (SB)	Kangkung (KK)
Temperature (°C)	28.858±1.473	29.094±1.555	29.529±1.441	29.619±1.415
pH	7.477±0.108	7.776±0.092	7.799±0.154	7.819±0.089
DO (mg/L)	2.727±0.745	3.302±0.812	3.006±1.075	3.600±0.964
Turbidity (NTU)	1.445±1.318	0.906±0.794	0.977±0.781	0.686±0.682
Conductivity (mS)	0.293±0.014	0.317±0.017	0.311±0.017	0.296±0.008



Gambar 3. Grafik rata-rata bobot basah dan laju tumbuh tanaman selama percobaan

Secara umum fluktuasi suhu air pada percobaan ini mencerminkan kondisi suhu udara pada ruangan rumah kaca tempat dilakukan percobaan. *Water heater* digunakan untuk mengontrol suhu agar tidak terlalu rendah pada malam hari, namun efek ruang yang tertutup dengan atap *carbonite* menimbulkan suhu udara pada siang hari cukup tinggi.

pH merupakan salah satu parameter kunci dalam proses *removal* nitrogen. Princic *et al.*, (1998) menunjukkan bahwa pH optimal untuk konversi N-NH₄ menjadi nitrit adalah antara 5,8 dan 8,5 dan untuk nitrifikasi antara 6,5 dan 8,5. Sementara, menurut Tyson *et al.* (2007) pH optimum untuk bakteri nitrifikasi adalah antara 7,0-7,8. Di lahan basah, nilai pH adalah antara 6 dan 7 (Martin *et al.*, 1999; Filipi *et al.*, 1999). Dalam sistem aquaponik ini, pH relative konstan yaitu berkisar 7.48 hingga 7.82.

Rata-rata bobot basah di akhir percobaan untuk Bayam 76.47 gr, PokChoy 31.58 gr, Sawi 50.00 gr dan Kangkung 76.73

gr. Rata-rata laju tumbuh untuk Bayam 1.883 gr.hari⁻¹, PokChoy 0.739 gr.hari⁻¹, Sawi 1.137 gr.hari⁻¹ dan Kangkung 1.842 gr.hari⁻¹. Tingginya bobot basah dan laju tumbuh jenis Bayam dan Kangkung dibanding jenis PokChoy dan Sawi Bakso, diduga ada hubungannya dengan laju *uptake* nutrien kedua jenis tersebut pada percobaan ini. Secara morfologis bahwa tajuk akar jenis Bayam dan Kangkung ini juga terlihat lebih berkembang dibanding jenis PokChoy dan Sawi Bakso. Hal ini dapat diduga bahwa selain pertumbuhan dan biomasa yang besar laju *uptake* nutrien mungkin juga dipengaruhi oleh besarnya jumlah akar sebagai media berkembangnya bakteri perombak nutrien atau sering disebut bakteri nitrifikasi.

Data produksi yang diekspresikan secara total ataupun persatuan waktu untuk masing-masing jenis ini bisa digunakan sebagai refleksi besar jumlah nutrien yang diserap berkaitan dengan biomasa yang dihasilkan untuk setiap jenis. Laju tumbuh dalam gram per hari untuk masing-masing

tanaman menunjukkan perbedaan dan cenderung meningkat hingga akhir pengamatan kecuali jenis kangkung mulai tanggal 17 Desember mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh adanya seragan hama kutu putih yang mengakibatkan daun menjadi keriting dan pertumbuhan terganggu.

KESIMPULAN

Laju *uptake* dan persentase penurunan konsentrasi nutrien oleh makrovegetasi jenis Bayam Putih, Pok Choy, Sawi Bakso dan Kangkung pada sistem aquaponik secara kuantitatif memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bioremediasi dan pengendali kelebihan nutrien di perairan. Laju *uptake* dan persentase penurunan konsentrasi nutrien jenis Bayam Putih rata-rata lebih tinggi, yaitu sekitar $0.303\text{mg.L}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan 68.51% untuk TN; $0.086\text{mg.L}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan 53.92% untuk TP dan $0.065\text{mg.L}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan 46.45% untuk PO_4 . Untuk mengetahui efektifitas *uptake* tanaman makrovegetasi sayur-sayuran pada sistem aquaponik diperlukan penelitian lanjutan terutama berkaitan dengan pengaruh beban/loading limbah terhadap pertumbuhan dan akumulasi akar serta akumulasi bakteri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Anggaran DIPA Tahun 2012 Puslit Limnologi-LIPI, Cibinong. Ucapan Terima Kasih disampaikan kepada BaPok Hasan Fauzi, para Teknisi dan Analis yang telah membantu kelancaran kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abe, K., Ozaki, Y., 1998. Comparison of useful terrestrial and aquatic plant species for removal of nitrogen and phosphorus from domestic wastewater. *Soil Sci. Plant Nutr.* 44 (4), 599–607.

Ayaz, S.C., Saygin, O., 1996. Hydroponic tertiary treatment. *Water Res.* 5, 1295–1298.

Breen, P.F., 1990. A mass balance method for assessing the potential of artificial wetlands for wastewater treatment. *Water Res.* 24 (6), 689–697.

Brix, H., 1999. How “green” are aquaculture, constructed wetlands and conventional wastewater treatment sistem? *Water Sci. Technol.* 40 (3), 45–50.

Culley, D.D., Epps, E.P., 1973. Use of duckweeds for waste treatment and animal feed. *J. Water Poll. Cont. Fed.* 45, 337–347.

Drizo, A., Frost, C.A., Grace, J., Smith, K.A., 2000. Phosphate and ammonium distribution in a pilot-scale constructed wetland with horizontal subsurface flow using shale as a substrate. *Water Res.* 34 (9), 2483–2490.

Farahbakhshazad, N., Morrison, G.M., 1997. Ammonia removal processes for urine in an upflow macrophyte sistem. *Environ. Sci. Technol.* 31, 3314–3317.

Philippi, L.S., Rejane, H.R., Sererino, D.C., Sererino, P.H., 1999. Domestic effluent treatment through integrated sistem of septic tank and root zone. *Water Sci. Technol.* 40 (3), 125–131.

Forsberg, C., 1991. Eutrophication of the Baltic Sea. *The Baltic Sea Environment: 3*, Uppsala: The Baltic University Programme, Uppsala University.

Gersberg, R.M., Elkins, B.V., Lyon, S.R., Goldman, C.R., 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. *Water Res.* 20 (3), 363–367.

Ghaly, A.E., Kamal M. and Mahmoud N.S. 2005. Phytoremediation of aquaculture wastewater for water recycling and production of fish feed. *Environment International.* 31: 1-13.

Gopal, B., 1987. Water Hyacinth. *Aquatic Plant Studies 1*. Elsevier, Amsterdam, p. 471.

Gopal, B., 1999. Natural and constructed wetlands for wastewater treatment:

- potentials and problems. *Water Sci. Technol.* 40 (3), 25–35.
- Gray, K.R., Biddlestone, A.J., Thayanithy, K., Job, G.D., Bere, S.S.J., Edwards, J., Sun, G., Cooper, D.J., 1996. Use of reed bed treatment systems for the removal of BOD and ammoniacal-nitrogen from agricultural _dirty water. In: 5th Int. Conf. on Wetland Systems for Water Pollution Control, Vienna, Austria, 12, pp. 1–8.
- Ikeda, H., Tan, X., 1998. Urea as an organic nitrogen source for hydroponically grown tomatoes in comparison with inorganic nitrogen sources. *Soil Sci. Plant Nutr.* 44 (4), 609–615.
- Kadlec, R., Knight, R.L., 1996. Treatment wetlands. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Martin, C.D., Johnson, K.D., Moshiri, G.A., 1999. Performance of a constructed wetland leachate treatment sistem at the Chunchula landfill, Mobile county, Alabama. *Water Sci. Technol.* 40 (3), 67–74.
- Norström, A., 2005. A comparative study of six hydroponic wastewater treatment plants. *Vatten*, 61(2): 1- 9.
- Prayong Keeratiurai, 2013. Efficiency of wastewater treatment with hydroponics. *J. Agri. And Bio. Sci.*, 8 (12) 800-805
- Princic, A., Mahne, I., Megusar, F., Paul, E.A., Tiedje, J.M., 1998. Effects of the pH and oxygen and ammonium concentrations on the community structure of nitrifying bacteria from wastewater. *Appl. Environ. Microb.*, 3584–3590.
- Pujiastuti, P., Ismail, B., Pronoto. 2013. Kualitas dan beban pencemaran waduk Gajah Mungkur. *J. Ekosains.* 5 (1) 59-75
- Rogers, K.H., Breen, P.F., Chick, A.J., 1991. Nitrogen removal in experimental wetland treatment systems: Evidence for the role of aquatic plants. *Research J. WPCF.* 63 (7), 934–941.
- Sanchez-Monedero, M.A., Roig, A., Paredes, C., Bernal, M.P., 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers sistem and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresource Technol.* 78, 301–308.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 1991. Plant physiology, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood city, California, 219
- Tanner, C.C., Sukias, J.P.S., Upsdell, M.P., 1999. Substratum phosphorus accumulation during maturation of gravel-bed constructed wetland. *Water Sci. Technol.* 40 (3), 147–154.
- Timmons, M.B., J.M. Ebling, F.W. Wheaton, S.T. Summerfelt and B.J. Vinci, 2002. *Recirculating Aquaculture Sitems 2nd Edition.* Northern Regional Aquaculture Center Publication No. 01-002. Cayuga Aqua Ventures Ithaca, New York.
- Tyson, R.V., E.H. Simonne, M. Davis, E.M. Lamb, J.M. White and D.D. Treadwell. 2007. Effect of nutrien solution, nitrate-nitrogen concentration, and pH on nitrification rate in perlite medium. *Journal of Plant Nutrition*, 30:901-913.
- Usydus Z. and Bykowski P.J. 1999. Treatment of wastewater from the fish processing industry factories, *Bulletin of the Sea Fisheries Institute.* 1(146): 73.