

# FITOREMEDIASI AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN METODE *BIOLOGY IRIGATION SYSTEM* *Waste Water Fitoremediation with Biology Irigation System Method*

Arif Dwi Santoso dan Akira Lusia  
Pusat Teknologi Lingkungan (PTL)  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)  
Gedung 820 Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314  
Email: arif.dwi@bppt.go.id

Diterima: 26 Mei 2014; Diperiksa: 2 Juni 2014; Revisi: 16 Juni 2014; Disetujui: 25 Juni 2014

## Abstract

The method of waste water pollution management using aquatic plants agent has a lot to be a reference by researchers and environmental experts as an alternative method for the treatment of domestic and industrial waste due to more efficient and environmentally friendly. Phyto-Remediation method known to utilize cause the ability of plants to absorb nutrients or water pollutants. The research method applied is to compare the absorption of nutrients from several growth of aquatic plants between Talas (*Colocasia esculenta*) and Iris Kuning (*Neomerica longifolia*) in a container trial race ways which flowed domestic waste with a system of subsurface flow (SSF). The study states that the physical growth of both plants Talas (*C.esculenta*) and Iris Kuning (*Neomerica longifolia*) in the tub with water flowing river stream media better than that flowing groundwater. At the beginning of growth, the development of *C. esculenta* leads to growth in (magnification and propagation of roots, leaves dilation). Carbon and phosphate nutrient composition in shoots and leaf tissue has a high concentration in river water treatment basin which is approximately 35.2% and 1.6%, while in the root tissues; the concentration is not significantly different. The rate of absorption of nutrients carbon, phosphate and nitrogen in the ground water media respectively is 25.75; 0.73 and 0.012 mg / day. While the treatment of river water was 70.55; 1.14 and 0.023 mg / day. While the iris kuning, carbon and phosphate nutrient composition in shoots and leaf tissue has a high concentration in the water treatment basin of the river which is about 71.3% and 0.76%. The rate of absorption of nutrients carbon, phosphate and nitrogen in the ground water media respectively is 39.96; 0.478 and 0.0128 mg / day. While the treatment of river water is 78.95; 1.129 and 0.0247 mg / day.

**Keywords:** biology irrigation, aquatic plant, nutrients uptake, domestic waste

## Abstrak

Metode pengendalian pencemaran air limbah dengan menggunakan agen tanaman air telah banyak menjadi rujukan oleh para peneliti dan ahli lingkungan sebagai metode alternatif untuk pengolahan limbah domestik dan industri yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Metode yang dikenal dengan fitoremediasi ini memanfaatkan kemampuan tanaman air dalam menyerap nutrisi atau polutan untuk kebutuhan pertumbuhannya. Studi pengendalian pencemaran dengan menggunakan tanaman air ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan beberapa tanaman air dalam menyerap nutrisi/air limbah domestik dengan sistem *biology irrigation*. Metode penelitian yang diterapkan adalah membandingkan penyerapan nutrisi dari beberapa pertumbuhan tanaman air Talas (*Colocasia esculenta*) dan Iris Kuning (*Neomerica longifolia*) dalam suatu wadah percobaan *race ways* yang dialiri limbah domestik dengan sistem *subsurface flow* (SSF). Hasil penelitian menyatakan bahwa pertumbuhan fisik tanaman talas *C.esculenta* dan tanaman iris kuning (*Neomerica longifolia*) pada bak media dengan dialiri air sungai lebih baik daripada yang dialiri air tanah. Pada awal pertumbuhan, perkembangan tanaman talas *C. esculenta* mengarah pertumbuhan ke dalam (perbesaran dan perbanyakkan akar, pelebaran daun). Komposisi nutrisi karbon dan fosfat pada jaringan tunas dan daun memiliki konsentrasi yang tinggi pada bak perlakuan air sungai yakni sekitar 35,2% dan 1,6%, sementara pada jaringan akar, konsentrasinya tidak berbeda nyata. Laju penyerapan nutrisi karbon, fosfat dan nitrogen pada media air tanah masing-masing adalah 25,75; 0,73 dan 0,012 mg/hari. Sementara pada perlakuan air sungai adalah 70,55; 1,14 dan 0,023 mg/hari. Sementara pada tanaman iris, komposisi nutrisi karbon dan fosfat pada jaringan tunas dan daun memiliki konsentrasi yang tinggi pada bak perlakuan air sungai yakni sekitar 71,3% dan 0,76%. Laju penyerapan nutrisi karbon, fosfat dan nitrogen pada media air tanah masing-masing adalah 39,96; 0,478 dan 0,0128 mg/hari. Sementara pada perlakuan air sungai adalah 78,95; 1,129 dan 0,0247 mg/hari

**Kata kunci:** irigasi, tanaman air, penyerapan nutrisi, limbah domestik

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk Indonesia yang tinggi berkorelasi pada peningkatan produksi limbah rumah tangga yang dihasilkan. Limbah rumah tangga sering dibuang ke perairan dan sungai-sungai sehingga dapat mengganggu ekosistem yang ada di perairan tersebut. Dampak dari pembuangan limbah ke sungai adalah pencemaran perairan, yang ditandai dengan menurunnya kualitas air sungai tersebut. Berdasarkan hasil uji kualitas air terhadap Sungai Cikapundung berdasarkan pengambilan sampel dengan metode Storet terhadap 100 titik pada tahun 2007 diketahui bahwa Cikapundung termasuk dalam kategori kualitas terburuk (nilai Storet < 100), dimana parameter oksigen terlarut/ *dissolved oxygen* (DO), *biologically oxygen demand* (BOD), *chemically oxygen demand* (COD), ammonia, sulfida dan total Coli menunjukkan nilai di atas baku mutu yang telah ditetapkan [1].

Masalah lain yang ditimbulkan oleh limbah rumah tangga adalah limbah rumah tangga umumnya berupa bahan organik dan an-organik atau bahan-bahan lain yang berbahaya bagi lingkungan. Bila bahan-bahan tersebut terakumulasi dalam suatu perairan, maka keberadaan bahan tersebut dapat menyebabkan penyuburan (*eutrofikasi*) perairan sehingga berpotensi menjadi *blooming* alga tertentu. Kejadian *blooming* ini tentu akan mengganggu ekosistem perairan tersebut karena kesetimbangan oksigen terlarut menjadi terganggu, dan timbul senyawa beracun seperti H<sub>2</sub>S dan metana dari pembusukan biomassa alga paska periode *blooming* tersebut. Oleh sebab itu perlu dikembangkan metode untuk menanggulangi limbah rumah tangga yang ramah lingkungan serta murah dan mudah diterapkan di masyarakat.

Salah satu upaya untuk mengurangi limbah domestik yang ramah lingkungan adalah dengan membuat *biology irrigation* dengan memanfaatkan tanaman air yang tumbuh di perairan sungai tersebut. *Biology irrigation* adalah salah satu sistem pengenceran serta penyerapan bahan toksik yang terlarut dalam air secara biologi (menggunakan tanaman air) dengan melakukan air limbah sebagai irigasi. Pengaliran air limbah dilakukan dengan *system subsurface flow* (SSF). Dalam sistem ini aliran air limbah dilakukan di bawah *rooting* media (kerikil), sehingga permukaan air tetap terjaga di bawah ujung kerikil media. Perlakuan ini bertujuan untuk meminimalkan kemungkinan timbulnya bau, serangan vektor dan sampah lainnya yang terbawa dalam aliran [2]. Tanaman air yang dipilih dalam ujicoba penelitian ini (Gambar 1) adalah tanaman air, Talas (*Colocasia esculenta*), dan Iris Kuning (*Neomerica longifolia*).

Keunggulan dari tanaman-tanaman air tersebut adalah karena tanaman-tanaman ini memiliki laju pertumbuhan yang tinggi, bersifat kosmopolit sehingga dapat dibiakkan di semua kondisi media serta terbukti handal mampu menyerap polutan di

lingkungannya [3].



Talas/Kaladi  
(*Colocasia esculenta*)

Iris Kuning  
(*Neomerica longifolia*)

Gambar 1. Tanaman air yang digunakan dalam penelitian

## 2. BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang diterapkan adalah mengukur nutrisi yang diserap oleh tanaman uji dengan menumbuhkannya pada media rendah unsur hara dalam suatu wadah percobaan *race ways* yang dialiri air limbah domestik dengan sistem *sub-surface flow* (SSF) [2] [3].

### 2.1 Waktu, Tempat dan Wadah

Kajian ini dilaksanakan selama 63 hari dari tanggal 5 Juli sampai dengan tanggal 6 September 2012 di bantaran Sungai Cikapundung, tepatnya di bawah lintasan jalan layang Tol Surapati Bandung. Wadah kajian terbuat dari 2 bak beton, yang masing-masing berukuran 10 x 0,5 x 0,5 meter kubik, dengan desain seperti ada pada Gambar 2. Bak 1 dan 2 ditanami dengan tanaman yang sama, yakni tanaman Talas (*Colocasia esculenta*), dan Iris Kuning (*Neomerica longifolia*). Bak yang pertama dialiri dengan air Sungai Cikapundung yang sebelumnya dipompa ke tandon air 500 liter, sedangkan Bak ke-2 dialiri dengan air sumur yang sebelumnya juga telah ditampung di tandon air 500 liter.

### 2.2 Pengambilan Contoh

Selama kajian, pengambilan contoh dilakukan 3 minggu sekali yakni tanggal 6 Juli (t-0); 26 Juli (t-1), 16 Agustus (t-2) dan 6 September 2012 (t-4). Data-data tersebut meliputi data fisik yang terdiri dari panjang total, berat kering total (akar, batang dan daun), dan data penyerapan nutrisi yang meliputi total karbon, total nitrogen dan fosfor. Keseluruhan data diolah dan dianalisis di laboratorium Balai Teknologi Lingkungan (BTL) Puspiptek Serpong.

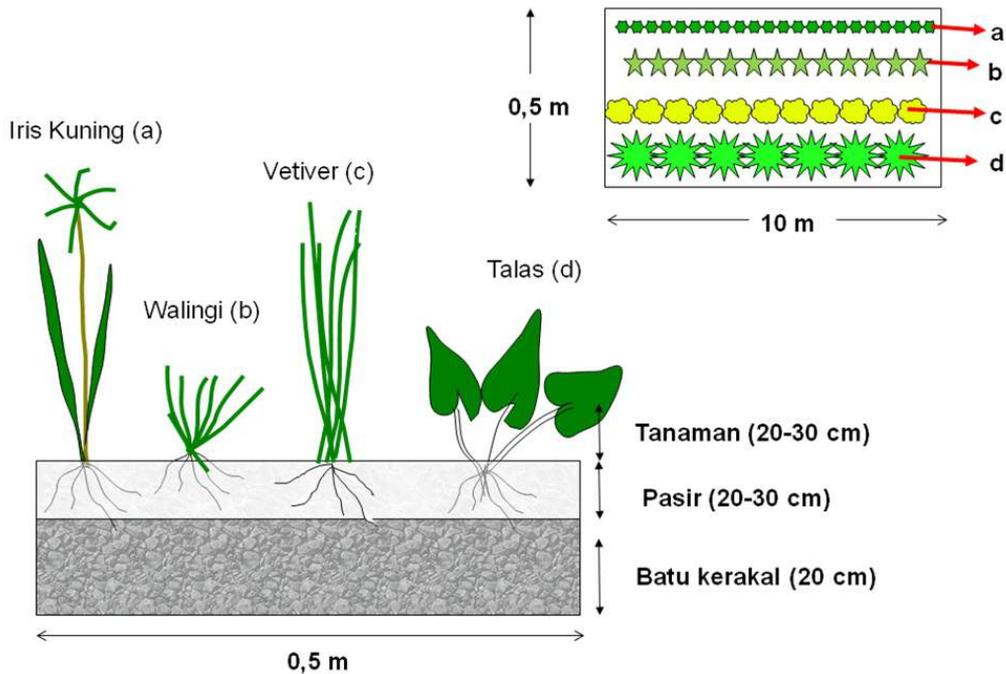
Untuk mengetahui kemampuan masing-masing tanaman dalam menyerap nutrisi maka dilakukan perbandingan berat nutrisi yang terkandung oleh masing-masing tanaman uji pada awal dan akhir kajian. Perbedaan antara berat biomassa (nitrogen, fosfor dan karbon) pada masing-masing tanaman di akhir dan awal kajian adalah berasal dari nutrisi terlarut (pencemar) di media yang digunakan yakni air tanah dan air Sungai Cikapundung. Untuk

mengetahui perbedaan berat biomasa tersebut digunakan formula:

$$\Delta = \frac{U_{63}}{U_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana  $U_{63}$ : berat unsur N, P dan C pada hari ke-63,  
 $U_1$  : berat unsur N, P dan C pada hari ke-1

Hasil perhitungan positif (+) menunjukkan bahwa pemeliharaan selama 63 hari tanaman mengalami pertumbuhan sehingga terjadi kenaikan/penambahan berat unsur kimia (N,P dan C). Sebaliknya hasil negatif (-) menunjukkan bahwa pemeliharaan selama 63 hari tanaman tidak mengalami pertumbuhan sehingga terjadi penurunan/pengurangan berat unsur kimia.



Gambar 2. Desain bak percobaan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Laju Pertumbuhan

Perbandingan data pertumbuhan fisik tanaman talas (*C. esculenta*) dan tanaman Iris Kuning (*Neomerica longifolia*) yang berupa rasio perbandingan berat basah dan berat kering antara tunas dan akar serta rasio perbandingan panjang tunas dan panjang akar pada bak media air sungai dan air tanah disajikan pada Tabel 1 dan 2 di bawah ini.

Tabel 1. Data perbandingan rasio pertumbuhan antara tunas dan akar tanaman talas (*C. esculenta*) pada bak air sungai dan air tanah

Parameter/Air Media	Air Sungai	Air Tanah
pH	6,87	7,15
N total (mg/L)	2,4	1,06
P total (mg/L)	0,4	0,47
C organik (mg/L)	5,03	<0,1
Rasio Berat Basah	4,011 ± 0,109	3,069 ± 0,371
Rasio Berat Kering	3,402 ± 2,051	3,102 ± 1,231
Rasio Panjang	4,630 ± 0,106	3,418 ± 0,121

Tabel 2. Data perbandingan rasio pertumbuhan antara tunas dan akar tanaman Iris Kuning (*Neomerica longifolia*) pada bak air sungai dan air tanah

Parameter/Air Media	Air Sungai	Air Tanah
pH	6,87	7,15
N total (mg/L)	2,4	1,06
P total (mg/L)	0,4	0,47
C organik (mg/L)	5,03	<0,1
Rasio Berat Basah	4,071 ± 0,309	3,269 ± 0,978
Rasio Berat Kering	3,302 ± 2,051	3,202 ± 2,771
Rasio Panjang	4,330 ± 0,606	3,328 ± 0,121

Proses penyerapan nutrisi khususnya nitrogen pada tanaman dapat terjadi dengan 2 cara, pertama penyerapan N oleh akar tanaman dan penyerapan N oleh mikro-organisme melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Kedua proses tersebut dipengaruhi oleh kondisi media dan faktor kimia fisika seperti pH dan konsentrasi oksigen terlarut [4]. Pada penelitian penyerapan nitrogen tergolong baik, hal ini dimungkinkan karena pH air yang dialirkan ke dalam bak percobaan relatif

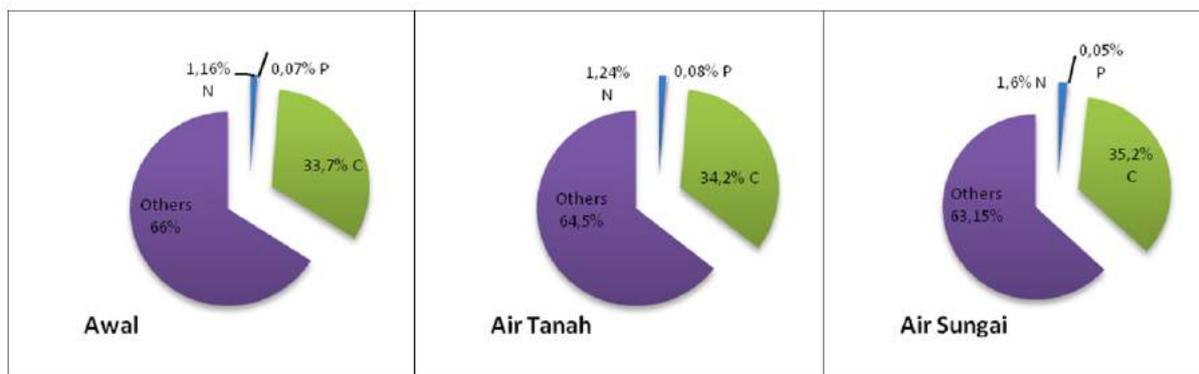
optimal, sehingga oksigen terlarut dimungkinkan juga mencukupi untuk keperluan proses removal nutrien.

Optimalnya proses penyerapan nutrien oleh tanaman air ditunjukkan dengan perkembangan vegetatif dan generatif tanaman yang dapat diukur dari kadar berat biomas dan pertumbuhan sel-selnya. Analisis dari data berat basah, berat kering dan pertambahan panjang tanaman menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman talas (*C. esculenta*) di bak yang dialiri air sungai lebih baik. Optimalnya pertumbuhan talas pada bak air sungai dimungkinkan karena suplay nitrogen dan senyawa karbon lebih banyak. Pemenuhan nutrien utama ini sangat menunjang pertumbuhan tanaman, apalagi suplai nutrien tersebut berasal dari limbah domestik, [5] menyatakan bahwa tanaman air yang dialiri limbah organik dari domestik (yang

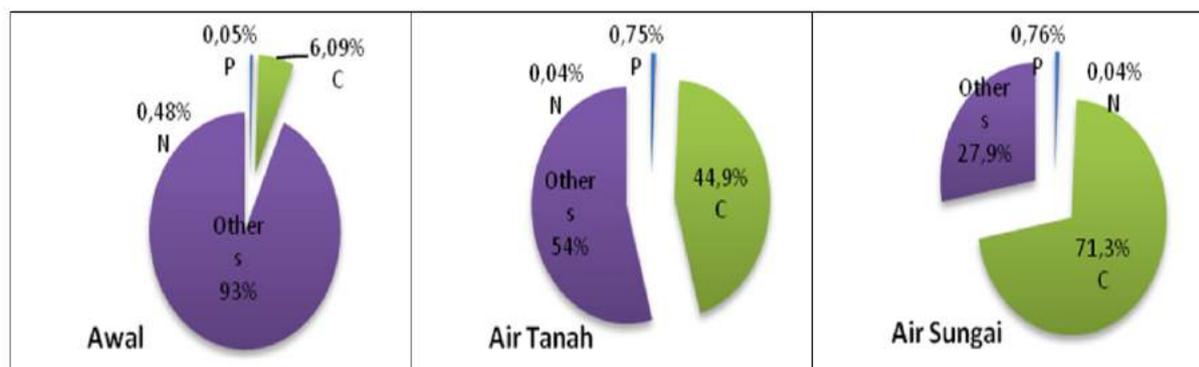
komposisinya sekitar 50-70%  $NH_4$ ) meningkatkan penyerapan N dan C pada tanaman berfamily Araceae termasuk talas. [4] menyatakan bahwa perpaduan antara kondisi pH dan  $O_2$  yang optimum dan kandungan N yang tinggi merupakan kondisi yang baik untuk penyerapan nutrien pada media limbah organik.

### 3.2 Kemampuan Penyerapan Nutrien

Hasil pengamatan komposisi penyerapan nutrien (C,N,P) pada jaringan daun pada tanaman talas *C. esculenta* (Gambar 3) dan tanaman iris kuning *N. longifolia* (Gambar 4). Pada gambar paling kiri (awal) menunjukkan komposisi nutrien pada jaringan tanaman pada saat sebelum perlakuan, sedangkan gambar tengah dan kiri menunjukkan komposisi nutrien pada jaringan tanaman yang dialiri air tanah dan air sungai.



Gambar 3. Perbandingan dinamika nutrien pada tunas & daun tanaman talas *C. esculenta* pada perlakuan media yang dialiri air tanah (tengah) dan air sungai (kanan)



Gambar 4. Perbandingan dinamika nutrien pada tunas & daun tanaman *Neomerica longifolia* pada perlakuan media yang dialiri air tanah (tengah) dan air sungai (kanan)

Komposisi nutrien karbon dan nitrogen pada jaringan tunas dan daun *C. esculenta* tercatat memiliki konsentrasi yang tinggi pada bak perlakuan air sungai yakni sekitar 35,2% dan 1,6%. Hal ini dikarenakan suplay nutrien karbon dan nitrogen pada air sungai cukup tinggi untuk dapat memenuhi kebutuhan tanaman. Tingginya penyerapan didukung pula kondisi lingkungan yang optimal menjadikan proses penyerapan

nutrien karbon dan nitrogen berjalan optimal [6] [7].

Komposisi nutrien karbon dan fosfat pada jaringan tunas dan daun *Neomerica longifolia* tercatat memiliki konsentrasi yang tinggi pada bak perlakuan air sungai yakni sekitar 71,3% dan 0,76%. Hal ini dikarenakan suplay nutrien karbon dan fosfat pada air sungai cukup tinggi untuk dapat memenuhi kebutuhan tanaman. Tingginya penyerapan didukung pula kondisi lingkungan

yang optimal menjadikan proses penyerapan nutrisi karbon dan fosfat berjalan optimal. Sementara pada jaringan akar, penyerapan unsur karbon, fosfat dan nitrogen tidak berbeda jauh. Hal ini dimungkinkan karena substrat pasir yang

digunakan memiliki diameter terlalu besar. Beberapa penelitian menyatakan bahwa substrat pasir yang baik untuk peningkatan penyerapan nutrisi berdiameter 0,8 – 2 mm [8].

Tabel 3. Dinamika, laju penyerapan dan rasio nutrisi C, N dan P oleh tanaman talas *C. esculenta* pada media air tanah dan air sungai

Perlakuan Input	Unsur	Input inisial (mg/L)	Kandungan awal (mg)	Konsentrasi Akhir (mg)	Delta (mg)	Laju Penyerapan (mg/day)	Rasio CNP
Air Tanah	C	0,1	2.819,56	1.222,82	1596,74	25,75	2146
	N	1,06	137,71	92,09	45,62	0,73	61,3
	P	0,47	6,64	5,85	0,782	0,012	1
Air Sungai	C	5,03	586,09	4960,4	4374,3	70,55	3067
	N	2,4	31,5	102,64	71,14	1,14	49
	P	0,4	1,82	3,3	0,23	0,023	1

Kondisi dinamika dan laju penyerapan nutrisi karbon, fosfat dan nitrogen pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 3. Pada perlakuan air tanah, laju penyerapan nutrisi karbon, nitrogen dan fosfat masing-masing adalah 25,75; 0,73 dan 0,012 mg/hari. Sementara pada perlakuan air sungai laju masing-masing nutrisi mengalami kenaikan yaitu 70,55; 1,14 dan 0,023 mg/hari. Dari lanjutan hasil perhitungan laju penyerapan masing-masing nutrisi tersebut, didapatkan hasil rasio penyerapan nutrisi karbon: fosfat: nitrogen sebesar 2.146: 61:1 pada bak air tanah dan 3.067: 49:1 pada air sungai.

Kondisi media tanah/pasir yang digunakan sebagai substrat tanaman air sangat mempengaruhi penyerapan nutrisi. Substrat dengan ukuran 0,8-2 mm sangat baik untuk pertumbuhan biofilm, kestabilan akar dan

konduktivitas hidrolik tanaman. [8] [9] yang menggunakan media pasir halus berukuran 0,8-2 mm pada tanaman iris menghasilkan penyerapan fosfat sebesar 68-71% dan sekitar 43.4-49.4% untuk total nitrogen.

Kondisi dinamika dan laju penyerapan nutrisi karbon, fosfat dan nitrogen pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 2. Pada perlakuan air tanah, laju penyerapan nutrisi karbon, fosfat dan nitrogen masing-masing adalah 39,96; 0,478 dan 0,0128 mg/hari. Sementara pada perlakuan air sungai laju masing-masing nutrisi mengalami kenaikan yaitu 78,95; 1,129 dan 0,0247 mg/hari. Dari lanjutan hasil perhitungan laju penyerapan masing-masing nutrisi tersebut, didapatkan hasil rasio penyerapan nutrisi karbon: fosfat: nitrogen sebesar 3.100: 37:1 pada bak air tanah dan 3.236: 24:1 pada air sungai.

Tabel 4. Dinamika, laju penyerapan dan rasio nutrisi C, N dan P oleh *Neomerica longifolia* pada media air tanah dan air sungai

Perlakuan Input	Unsur	Input inisial (mg/L)	Kandungan awal (mg)	Konsentrasi Akhir (mg)	Delta (mg)	Laju Penyerapan (mg/day)	Rasio CNP
Air Tanah	C	0,1	986,096	3554,23	2468,1	39,96	3100
	N	1,06	33,5	65,63	30,13	0,478	37
	P	0,47	1,814	2,626	0,812	0,0128	1
Air Sungai	C	5,03	986,096	5960,4	4974,3	78,95	3236
	N	2,4	33,5	104,64	71,14	1,129	24
	P	0,4	1,814	3,4	1,56	0,0247	1

## 4. KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

Pertumbuhan fisik tanaman talas *C. esculenta* dan tanaman iris kuning *Neomerica longifolia* yang diukur dari rasio perbandingan berat basah dan berat kering antara tunas dan akar serta rasio perbandingan panjang tunas dan panjang akar pada bak media dengan dialiri air sungai lebih baik daripada yang dialiri air tanah.

Physiologi pertumbuhan dan perkembangan tanaman talas *C. esculenta* dan iris kuning *Neomerica longifolia* pada awal pe-nanamannya mengarah pertumbuhan ke dalam (perbesaran dan perbanyakkan akar, pelebaran daun).

Komposisi nutrisi karbon dan fosfat pada jaringan tunas dan daun memiliki konsentrasi yang tinggi pada bak perlakuan air sungai yakni sekitar 35,2% dan 1,6% pada tanaman talas dan 71,3% dan 0,76% pada tanaman Iris. Sementara pada jaringan akar, konsentrasinya tidak berbeda nyata.

Laju penyerapan nutrisi karbon, fosfat dan nitrogen pada media air tanah masing-masing adalah 25,75; 0,73 dan 0,012 mg/hari. Sementara pada perlakuan air sungai adalah 70,55; 1,14 dan 0,023 mg/hari. Sedangkan pada tanaman iris kuning *Neomerica longifolia* adalah 39,96; 0,478 dan 0,0128 mg/hari. Sementara pada perlakuan air sungai adalah 78,95; 1,129 dan 0,0247 mg/hari.

### 4.2 Saran

Informasi komposisi konsentrasi secara detail seperti konsentrasi nitrogen ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ), fosfat/orthofosfat dalam suatu limbah yang akan digunakan sebagai perlakuan sangat diperlukan untuk menentukan pemilihan kandidat tanaman air yang akan digunakan, serta data mikro-nutrien, logam berat perlu ditambahkan untuk menambah kualitas analisis penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Wardhani, E., B. Machbub, M.R.Sururi dan Salahudin. 2010. Inventarisasi Beban Pencemar BOD Air Sungai Citarum di Wilayah Kabupaten Bandung. Prosiding Seminar Tjipto Utomo 2010, Institut Teknologi Nasional. Hal.: B1-1-B1-10.
2. Yang, L., Chang, H.T., Huang, M.N.L., 2001. Nutrient removal in gravel- and soil-based wetland microcosms with and without vegetation. *Ecol. Eng.* 18, 91–105.
3. Gupta, O.P., 1979. *Aquatic Weeds: Their Menace and Control. Today and Tomorrows Publishers, New Delhi.*
4. Ge, Y., Li, S.P., Niu, X.Y., Yue, C.L., Xu, Q.S., Chang, J., 2007. Sustainable growth and nutrient uptake of plants in a subtropical constructed wetland in southeast China. *Fresen. Environ. Bull.* 16, 1023–1029.
5. Zhang, F.C., Kang, S.Z., Li, F.S., Zhang, J.H., 2007. Growth and major nutrient concentrations in *Brassica campestris* supplied with different  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratios. *J. Integr. Plant Biol.* 49, 455–462.
6. Geller, G., 1996. Horizontal flow systems for wastewater treatment: long term scientific and practical experiences: recommendations. In: *Proc. 5th Internat. Conf. Wetland Systems for Water Pollution Control, Universitas fur Bodenkultur Wien, Austria, Chapter III/2.*
7. Sklarz, M, Gross, A, Yakirevich, A, & Soares, M. A 2009. Recirculating vertical Flow Constructed wetland for the Treatment of Domestic Wastewater. *Desalination* 246, 617-624
8. Z. Yousefi, Y., Mohseni-Bandpej, A., 2010. Nitrogen and phosphorus removal from wastewater by subsurface wetlands planted with *Iris pseudacorus*. *Ecological Engineering* 36 (2010) 777–782.
9. Molle, P, Prost-boucle, S, & Lienard, A., 2008. Potential for Total Nitrogen Removal by Combining Vertical Flow and horizontal Flow Constructed Wetlands: A Full-Scale Experiment Study. *Ecological Engineering* (2008)., 34, 23-29