

## FITOREMEDIASI LIMBAH BUDIDAYA IKAN LELE (*Clarias sp.*) DENGAN KANGKUNG (*Ipomoea aquatica*) DAN PAKCOY (*Brassica rapa chinensis*) DALAM SISTEM RESIRKULASI

### PHYTOREMEDIATION OF CATFISH (*Clarias sp.*) FARMING WASTE WITH WATER SPINACH (*Ipomoea aquatica*) AND PAKCHOY (*Brassica rapa chinensis*) IN RECIRCULATION SYSTEMS

Hefni Effendi<sup>1)\*</sup>, Bagus Amalrullah Utomo<sup>1)</sup>, Giri Maruto Darmawangsa<sup>2)</sup>, Rebo Elfida Karo-Karo<sup>3)</sup>

(Diterima tanggal 05-02-2016; Disetujui tanggal 15-02-2016)

#### ABSTRAK

Budidaya ikan lele (*Clarias sp.*) menghasilkan limbah organik yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Penelitian bertujuan menganalisis kemampuan kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) sebagai agen fitoremediator limbah dalam sistem resirkulasi. Penelitian dilakukan dalam laboratorium menggunakan rancangan acak lengkap *in time* dengan tiga perlakuan, tiga ulangan, selama 35 hari pengamatan. Secara umum parameter kualitas air yang diamati (suhu, pH, oksigen terlarut, amonia total, amonia bebas, ammonium, nitrat, dan ortofosfat) menunjang bagi kehidupan ikan lele, kangkung, dan pakcoy. Suhu air selama pengamatan (27-30 °C) berpengaruh terhadap pertumbuhan pakcoy, dimana pakcoy merupakan tanaman introduksi dari subtropis yang bersuhu dingin (18-22 °C). Persentasi penurunan ammonium pada perlakuan kangkung (78,42%) dan pakcoy (52,16%). Penyerapan ammonium secara langsung melalui akar sebagai pupuk alami pada kangkung lebih optimal bila dibandingkan dengan pakcoy. Persentase penurunan amonia bebas menunjukkan perbedaan pada perlakuan kontrol, kangkung, dan pakcoy berturut-turut adalah 89,16%, 93,62%, dan 96,62%. Perlakuan kangkung lebih efektif dalam meningkatkan tingkat kelangsungan hidup dan laju konversi pakan ikan lele.

**Kata kunci:** fitoremediasi, ikan lele (*Clarias sp.*), kangkung (*Ipomoea aquatica*), limbah, pakcoy (*Brassica rapa chinensis*)

#### ABSTRACT

*Catfish (*Clarias sp.*) culture produces organic waste that can cause a decrease in water quality of the culture media. The study aimed to analyze the ability of water spinach (*Ipomoea aquatica*) and pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) as agents for waste phytoremediation in the recirculation system. The study was conducted in the laboratory using a completely randomized design in time with three treatments, three replications, during the 35 days of observation. The observed water quality parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, total ammonia, free ammonia, ammonium, nitrate and orthophosphate) support for the life of catfish, water spinach, and pakcoy. The water temperature during the observation (27-30 °C) affected pakcoy growth, where pakcoy is a subtropical plant of cold temperature (18-22 °C). Percentage decrease of ammonium in water spinach treatment (78.42%) and pakcoy treatment (52.16%). Ammonium absorption directly through the roots as a natural fertilizer in water spinach is more optimal when compared with pakcoy. The percentage decrease of free ammonia indicated difference in the control, water spinach, and pakcoy namely 89.16%, 93.62% and 96.62%, respectively. Water spinach treatment was more effective in improving the survival rate and feed conversion rate of catfish .*

---

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH), IPB

<sup>2)</sup> Program Diploma Aquaculture, IPB

<sup>3)</sup>Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan,Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

## PENDAHULUAN

Ikan lele (*Clarias* sp.) merupakan salah satu jenis ikan yang memiliki nilai ekonomis, mudah dipelihara dan dapat tumbuh dengan cepat. Potensi tersebut mendorong minat masyarakat untuk meningkatkan produksi melalui budidaya secara intensif [1]. Kegiatan budidaya menghasilkan limbah padat dan limbah cair yang berasal dari feses dan sisa pakan ikan [2]. Akumulasi limbah tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang berpengaruh terhadap proses fisiologis, tingkah laku, pertumbuhan, dan mortalitas ikan [3]. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan terhadap kualitas air media pemeliharaan ikan.

Pengelolaan kualitas air secara konvensional dapat dilakukan dengan pergantian air budidaya secara berkala, namun kurang efektif karena membutuhkan air yang cukup banyak dan biaya yang mahal [4]. Salah satu upaya pengelolaan untuk meningkatkan kualitas air dan mengoptimalkan pemanfaatan air budidaya adalah dengan fitoremediasi secara resirkulasi [5]. Air limbah budidaya yang mengandung bahan organik akan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrien untuk pertumbuhan [6]. Prinsip sistem resirkulasi adalah penggunaan kembali air yang telah dikeluarkan dari kegiatan budidaya [7]. Keuntungan sistem resirkulasi, yaitu dapat meminimalisir penggunaan air, *buffer* pH, dan mereduksi bahan organik seperti amonia, nitrit, dan *buffer* pH [8].

Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk menurunkan, mengekstrak atau menghilangkan senyawa organik dan anorganik dari limbah [9]. Keunggulan fitoremediasi dibandingkan dengan teknologi pengolahan limbah lain adalah proses secara

alami, biaya lebih rendah, reduksi bahan organik secara permanen, terjadi hubungan sinergi antara tanaman, organisme, dan lingkungan serta tidak memerlukan teknologi tinggi [10]. Tanaman air yang sering digunakan sebagai fitoremediator limbah adalah selada air (*Lactuca sativa* L), enceng gondok (*Eichornia crassipes*), kayu apu (*Pistia stratiotes*), kiambang (*Salvinia molesta*), dan lain-lain.

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*). Kangkung dapat memanfaatkan nutrien seperti nitrogen dan fosfor untuk pertumbuhan [11]. Penelitian menggunakan kangkung sebagai agen fitoremediator limbah diantaranya telah dilakukan oleh Effendi *et al.* [11], Lestari [12], dan Indah *et al.* [13]. Selain kangkung, pakcoy juga merupakan tanaman yang dapat menyerap bahan organik berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Andreeilee *et al.* [14]. Menurut Wibowo dan Asriyanti [15], pakcoy merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan dan tahan terhadap kadar air tinggi dan tidak bergantung pada musim. Selain dapat digunakan sebagai agen fitoremediator limbah, kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) memiliki nilai ekonomi, yaitu juga dapat dipanen dan dikonsumsi.

## BAHAN DAN METODE

### Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan pada penelitian adalah rancangan acak lengkap *in time* (RAL *in time*). Perlakuan yang digunakan ada tiga, yaitu kontrol, kangkung (*Ipomoea aquatica*), dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) dengan masing-masing tiga kali ulangan. Pengamatan enam kali dengan selang waktu satu minggu selama 35 hari.

Akuarium pemeliharaan ikan lele berukuran 80 cm x 40 cm x 30 cm sebanyak tiga unit setiap perlakuan. Setiap akuarium dilengkapi dengan talang air berukuran 100 cm x 15 cm. Talang air digunakan untuk menanam kangkung dan pakcoy serta mengalirkan air ke tandon berupa drum berdiameter 60 cm. Cara kerja sistem resirkulasi pada penelitian sebagai berikut. Air limbah dari akuarium pemeliharaan ikan dialirkan secara gravitasi melalui pipa ke talang air yang telah ditanami kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*). Air yang telah diolah dialirkan kembali ke akuarium menggunakan pompa dan seterusnya (Gambar 1).

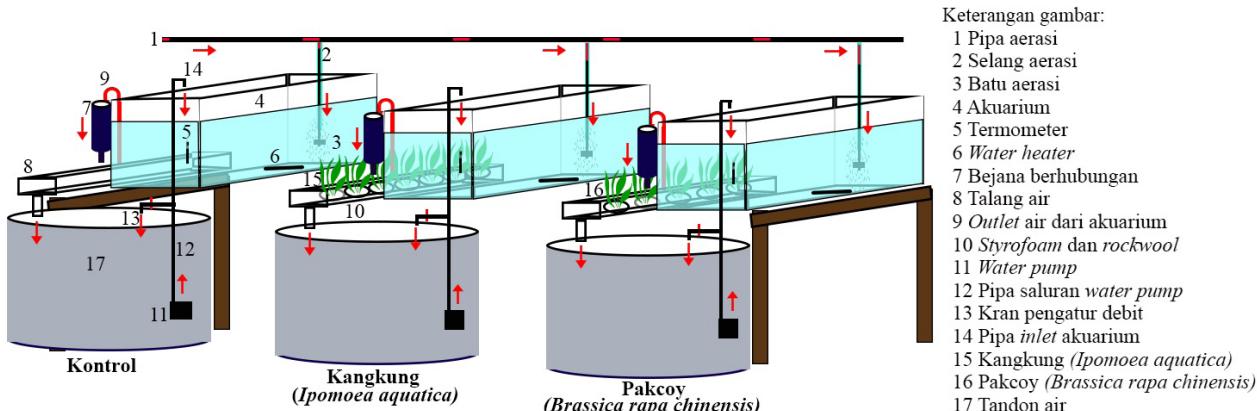
Ikan lele (*Clarias sp.*) yang digunakan dalam penelitian berasal dari petani di Cibereum dan diaklimatisasi selama satu minggu di akuarium (Lampiran 4). Sebanyak 220 ekor diberikan pada setiap akuarium untuk setiap perlakuan dengan ukuran 4–5 cm (Lampiran 4). Penyemaian kangkung dan pakcoy dilakukan selama satu minggu pada media arang sekam. Tanaman ditanam di talang air menggunakan media *rockwool* dengan bantuan *styrofoam* agar daun tanaman

tidak terendam air (Lampiran 3). Kangkung ditanam sebanyak 16 rumpun (delapan pot) per perlakuan dengan jarak tanam 10 cm [16]. Pakcoy ditanam lima rumpun (lima pot) per perlakuan dengan jarak tanam 20 cm [17]. Tanaman diberi nutrisi Murashige dan Skoog (MS) sebanyak satu ml per tanaman per hari. Komposisi nutrisi disajikan pada Lampiran 5. Pemberian nutrisi tersebut diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan kangkung dan pakcoy.

### Analisis Data

Pengukuran kualitas air dilakukan pada awal sebelum perlakuan dan diukur seminggu sekali selama pemeliharaan. Parameter kualitas air yang diamati adalah suhu (*thermometer*), pH (pH meter), DO (modifikasi Winkler), nitrat (*brucine*), amonia total (*phenate*), dan ortofosfat (*molibdate*) [18].

Nilai ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pada penelitian ini diperoleh dari nilai amonia total (TAN) dikurangi amonia bebas ( $\text{NH}_3$ ). Ammonia bebas ditentukan dengan formula berikut, ammonia ( $\text{NH}_3$ ) = TAN/[1+antilog (pKa-pH)] [19]. Nilai pKa didasarkan pada temperatur 5–30 °C dan pH.



**Gambar 1.** Rancangan akuarium resirkulasi akuarium kontrol, kangkung (*Ipomoea aquatica*), dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*)

Suhu (°C)	15	20	24	25	26	27	28	29	30	31	32
pKa	9,56	9,40	9,27	9,24	9,21	9,18	9,15	9,12	9,09	9,06	9,03

Perubahan kualitas air karena perlakukan ditentukan dengan persamaan berikut % perubahan =  $[(a-b)/a] \times 100\%$ , a adalah konsentrasi kualitas air pada waktu  $t_0$ , b adalah konsentrasi kualitas air pada akhir penelitian. Panjang dan bobot ikan diukur satu minggu sekali sebanyak 30% dari populasi ikan di akuarium. Panjang ikan diukur dari ujung ekor hingga ujung kepala menggunakan penggaris, disamping itu bobot diukur menggunakan timbangan digital.

Tingkat kelangsungan hidup (SR%), rasion konversi makanan (FCR), pertambahan berat (gr), pertambahan panjang (cm) dan laju pertumbuhan spesifik (%) ditentukan dengan persamaan berikut: (1) SR % =  $(N_t / N_0) \times 100$  [20]; (2) FCR =  $\sum F / (B_t + D - B_0)$  [21]; (3) Wa =  $W_t - W_0$ ; (4) La =  $L_t - L_0$ ; (5) SGR % =  $100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$  [22], dimana  $N_t$ ,  $N_0$ , F,  $B_t$ , D,  $B_0$ ,  $W_t$ ,  $W_0$ ,  $L_t$ ,  $L_0$ , t adalah berturut-turut jumlah ikan pada akhir penelitian, jumlah ikan diawal penelitian, jumlah pakan yang diberikan, berat akhir ikan, berat awal ikan, panjang akhir, panjang awal, berat basah awal, berat basah akhir, dan jumlah hari penelitian.

Peningkatan biomassa tanaman air diindikasikan oleh *doubling time*, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menggandakan biomassa. *Doubling time* dapat dihitung dengan pendekatan pertumbuhan relatif yang ditentukan dengan rumus berikut  $RGR = (\ln X_t - \ln X_0) / t$ , dimana  $X_t$  dan  $X_0$  adalah berat akhir dan berat awal pada waktu t (hari) [23].

## Hasil dan Pembahasan

### Suhu (°C)

Suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap proses fitoremediasi, pertumbuhan ikan dan tanaman serta proses dekomposisi bahan organik. Suhu air selama pengamatan relatif konstan, yaitu berkisar 27-30 °C.

Menurut Boyd dan Lichtkoppler [24], suhu optimum untuk pertumbuhan ikan adalah 25-32 °C. Ikan merupakan hewan berdarah dingin sehingga suhu tubuh ikan akan berubah sesuai dengan suhu lingkungan.

Perubahan suhu tersebut mempengaruhi metabolisme, fisiologi, dan pertumbuhan ikan [25]. Suhu optimum untuk pertumbuhan kangkung berkisar 25-30 °C [13]. Sebaliknya pakcoy tidak dapat tumbuh dengan baik pada kisaran tersebut. Hal ini karena pakcoy merupakan tanaman introduksi dari subtropis yang bersuhu dingin. Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan pakcoy adalah 18-22 °C [26].

### pH (Derajat Keasaman)

Nilai pH menggambarkan ion hidrogen dalam suatu perairan. Nilai pH air selama pengamatan berkisar antara 6-8. Ikan dan biota lain di air dapat tumbuh dengan baik pada pH 6-9 [27]. Sebaliknya tanaman dapat tumbuh dengan baik pada pH 5,5-7 karena proses penyerapan unsur hara dari air dapat berlangsung dengan baik [12]. Berdasarkan pengamatan diduga pertumbuhan tanaman lambat karena pH lingkungan lebih tinggi dari pH optimum untuk pertumbuhan tanaman.

Selain berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan dan tanaman, pH juga mempengaruhi proses dekomposisi bahan organik di air. Menurut Tarre dan Green [28], proses dekomposisi bahan organik akan berlangsung baik pada pH 7-8 karena bakteri nitrifikasi sebagai dekomposer dapat tumbuh dengan baik.

### Oksigen Terlarut (DO)

Proses penyerapan bahan organik oleh tanaman terjadi melalui akar. Akar tanaman membutuhkan oksigen yang cukup untuk respirasi sehingga penyerapan unsur hara dapat optimal [29]. Konsentrasi oksigen yang baik untuk respirasi akar tanaman adalah 2,5 mg L<sup>-1</sup>, pada konsentrasi oksigen dibawah 0,16 mg L<sup>-1</sup> akan menyebabkan akar dan daun tanaman layu [5].

Selama pengamatan, konsentrasi oksigen terlarut mengalami penurunan. Konsentrasi oksigen rata-rata perlakuan kontrol, kangkung dan pakcoy berkisar 2.95 mg L<sup>-1</sup>, 3.19 mg L<sup>-1</sup> dan 2.75 mg L<sup>-1</sup>. Berdasarkan pengamatan konsentrasi oksigen masih dalam rentang cukup untuk pertumbuhan tanaman dan ikan. Konsentrasi oksigen terlarut optimum untuk pertumbuhan ikan lele adalah >3 mg L<sup>-1</sup> [30,

5, 31]. Ikan lele masih mampu hidup pada konsentrasi oksigen <3 mg L<sup>-1</sup> karena memiliki alat pernafasan tambahan untuk mengambil oksigen dari udara [32].

### Amonia total (NH<sub>3</sub>-N)

Amonia merupakan hasil katabolisme protein dan dekomposisi bahan organik seperti sisa pakan, feses, dan plankton yang mati oleh bakteri pengurai [33]. Hasil pengukuran amonia selama penelitian disajikan pada **Tabel 1**.

Nitrogen di air terdiri atas beberapa bentuk diantaranya amonia total, nitrogen bebas, ammonium, nitrit, dan nitrat. Amonia yang ada di air merupakan amonia total yang terdiri atas NH<sub>3</sub> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> [6]. Kesetimbangan amonia bebas dan ammonium dipengaruhi oleh suhu dan pH. Amonia bebas (NH<sub>3</sub>) tidak terionisasi dan bersifat toksik terhadap biota akuatik, sedangkan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dapat digunakan langsung oleh tumbuhan sebagai sumber nutrien [34]. Toksisitas amonia bebas meningkat dengan menurunnya oksigen dan peningkatan suhu dan pH. Pada pH 7, sebagian besar amonia total akan terionisasi menjadi ammonium dan pada pH >8,75, 30% amonia total akan

Tabel 1. Nilai amonia total setiap pengamatan pada perlakuan kontrol, kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*).

Hari ke-	Amonia Total (mg L <sup>-1</sup> )		
	Kontrol <sup>a</sup>	Kangkung <sup>a</sup>	Pakcoy <sup>a</sup>
0 <sup>a</sup>	3,09	2,84	3,94
7 <sup>d</sup>	0,26	0,09	0,10
14 <sup>d</sup>	0,44	0,09	0,06
21 <sup>bc</sup>	0,51	0,86	1,62
28 <sup>b</sup>	2,13	1,18	0,99
35 <sup>cd</sup>	0,45	0,32	0,32
Rata-rata ± SD	1,15±1,17	0,90±1,05	1,17±1,48

Huruf *superscript* yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan hasil berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan)

berubah menjadi amonia bebas yang lebih toksik [35].

Reduksi amonia melalui proses nitrifikasi terjadi dengan bantuan bakteri *Nitrobacter*. Nitrifikasi merupakan proses oksidasi amonia menjadi amonium, nitrit, dan nitrat yang berlangsung pada kondisi aerob [36, 37]. Proses nitrifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya substrat dan oksigen terlarut, bahan organik, suhu, pH, alkalinitas, salinitas, dan turbulensi [36, 33]. Nitrifikasi akan berjalan dengan baik pada oksigen terlarut  $>1 \text{ mg L}^{-1}$ , suhu 25-35 °C dan pH 7,5-8,6, karena pada kisaran tersebut bakteri nitrifikasi dapat tumbuh dengan baik [36, 33]. Selama pengamatan, oksigen terlarut berkisar antara 1,31-5,21 mg L<sup>-1</sup>, suhu 27-30 °C dan pH 6-8, sehingga proses nitrifikasi dapat berjalan dengan baik.

Selama pengamatan, konsentrasi amonia total berfluktuasi. Persentase penurunan amonia pada perlakuan kontrol, kangkung, dan pakcoy adalah 78,89%, 72,81% dan 67,91%. Hasil uji statistik menunjukkan penurunan amonia total tidak berbeda nyata antar perlakuan ( $p>0,05$ ) tetapi berbeda nyata antar waktu pengamatan ( $p<0,05$ ).

**Tabel 2.** Nilai amonia setiap pengamatan pada perlakuan kontrol, kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*)

Hari ke-	Amonia (NH <sub>3</sub> -N)		
	Kontrol	Kangkung	Pakcoy
0	0,1793	0,1651	0,2934
7	0,0194	0,0105	0,0093
24	0,0040	0,0008	0,0005
21	0,0013	0,0060	0,0057
28	0,0090	0,0119	0,0052
35	0,0012	0,0034	0,0030
Rata-rata±SD	0,0357±0,0707	0,0330±0,0649	0,0528±0,1179

Huruf *superscript* yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan hasil berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan)

### Amonia bebas (NH<sub>3</sub>)

Amonia bebas merupakan bentuk nitrogen yang tidak terionisasi dan toksik terhadap organisme akuatik [34]. Selama pengamatan, konsentrasi amonia berfluktuasi. Penurunan konsentrasi tertinggi terjadi pada hari ke-7. Hasil pengukuran amonia bebas disajikan dalam **Tabel 2**.

Persentase penurunan amonia bebas pada perlakuan kontrol, kangkung, dan pakcoy adalah 89,16%, 93,62% dan 96,62%. Konsentrasi amonia optimum untuk pertumbuhan ikan lele adalah  $<0,025 \text{ mg L}^{-1}$  [25].

Konsentrasi amonia  $>0,3 \text{ mg L}^{-1}$  akan menyebabkan stres, nafsu makan menurun, dan kematian ikan [38]. Berdasarkan uji statistik tanaman kangkung dan pakcoy sebagai fitoremediator tidak memberikan pengaruh yang berbeda ( $p>0,05$ ), namun waktu pengamatan memberikan pengaruh berbeda ( $p<0,05$ ) terhadap penurunan amonia.

### Amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Amonium merupakan bentuk nitrogen yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan dan alga. Amonium dalam jumlah

besar di air tidak menyebabkan toksik bagi organisme akuatik. Selama pengamatan, konsentrasi amonium mengalami penurunan. Persentase penurunan amonium pada perlakuan kontrol, kangkung, dan pakcoy adalah 70,01%, 78,42%, dan 52,16%.

Amonium merupakan bentuk nitrogen yang dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman melalui proses fitoremediasi [39, 40]. Amonium diserap oleh tanaman melalui akar sebagai pupuk alami untuk pertumbuhan [41], sehingga tidak bersifat toksik bagi organisme akuatik. Penurunan konsentrasi amonium pada pengamatan mengindikasikan tanaman dan alga memanfaatkan amonium yang terbentuk di air. Berdasarkan uji statistik tanaman kangkung dan pakcoy sebagai fitoremediator tidak memberikan pengaruh yang berbeda ( $p>0,05$ ), namun waktu pengamatan memberikan pengaruh berbeda ( $p<0,05$ ) terhadap penurunan amonium.

### Nitrat (N-NO<sub>3</sub>)

Nitrat merupakan bentuk utama dari senyawa nitrogen di perairan dan merupakan nutrien bagi pertumbuhan tanaman dan alga di air. Nitrat berasal dari oksidasi amonia menjadi

nitrit dan nitrat oleh bakteri *Nitrobacter* [34]. Hasil pengukuran nitrat selama penelitian disajikan pada **Tabel 3**. Konsentrasi nitrat selama pengamatan masih optimum untuk pertumbuhan ikan lele. Menurut Bhatnagar *et al.* [25], ikan lele dapat tumbuh dengan baik pada konsentrasi nitrat  $<20 \text{ mg L}^{-1}$ .

Konsentrasi nitrat cenderung meningkat dari setiap pengamatan dan tertinggi pada perlakuan kangkung. Persentase peningkatan konsentrasi nitrat pada perlakuan kontrol, kangkung, dan pakcoy adalah 7,14%, 11,63%, dan 7,14%. Konsentrasi nitrat cenderung meningkat dari setiap pengamatan. Menurut Effendi *et al.* [11] tanaman dapat mereduksi amonium lebih cepat dibandingkan nitrat. Peningkatan konsentrasi nitrat selama pengamatan mengindikasikan terjadi proses nitrifikasi amonia oleh bakteri. Namun nitrat yang dihasilkan tidak dimanfaatkan seluruhnya oleh tanaman sehingga terjadi akumulasi di air.

Berdasarkan uji statistik menunjukkan perlakuan kontrol, kangkung dan pakcoy serta perbedaan waktu pengamatan tidak berpengaruh nyata ( $p>0,05$ ) terhadap peningkatan nitrat .

**Tabel 3.** Nilai nitrat setiap pengamatan pada perlakuan kontrol, kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*).

Hari ke-	Nitrat ( $\text{mg L}^{-1}$ )		
	Kontrol <sup>a</sup>	Kangkung <sup>a</sup>	Pakcoy <sup>a</sup>
0 <sup>a</sup>	2,50	2,63	3,03
7 <sup>a</sup>	4,70	3,40	3,27
14 <sup>a</sup>	3,23	3,80	3,43
21 <sup>a</sup>	3,47	4,10	3,77
28 <sup>a</sup>	3,73	4,30	3,50
35 <sup>a</sup>	4,00	4,80	3,73
Rata-rata±SD	3,61±0,74	3,84±0,76	3,46±0,28

Huruf *superscript* yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan hasil berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan)

### Ortofosfat (P-PO<sub>4</sub>)

Ortofosfat merupakan senyawa anorganik terlarut yang dimanfaatkan oleh tumbuhan dan ikan sebagai senyawa esensial untuk pertumbuhan [34]. Hasil pengukuran ortofosfat selama penelitian disajikan pada **Tabel 4.** Konsentrasi ortofosfat cenderung berfluktuasi setiap pengamatan. Konsentrasi ortofosfat yang optimum untuk pertumbuhan ikan lele berkisar 0,05–0,07 mg L<sup>-1</sup> [25]. Pakan ikan mengandung nitrogen dan fosfor, namun tidak semua dikonversi oleh ikan untuk pertumbuhan [38]. Menurut Crab *et al.* [36], sebanyak 75% kandungan N dan P pakan diekskresikan dan terakumulasi di dasar.

Konsentrasi ortofosfat selama pengamatan cenderung berfluktuasi. Konsentrasi optimum untuk pertumbuhan ikan lele berkisar 0,05–0,07 mg L<sup>-1</sup> [25]. Fosfor di air berasal dari sisanya pakan dan ekskresi ikan [36]. Orthoposfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) merupakan bentuk anorganik dari fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan mikroorganisme [38, 11]. Orthofosfat merupakan senyawa anorganik yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh kangkung dan pakcoy untuk pertumbuhan. Konsentrasi ortofosfat dipengaruhi oleh suhu dan pH.

Konsentrasi orthofosfat akan meningkat dengan peningkatan suhu dan penurunan pH [34]. Pemanfaatan kangkung dan pakcoy sebagai fitoremediator serta perbedaan waktu pengamatan memberikan pengaruh nyata ( $p<0,05$ ) terhadap penurunan orthofosfat di air. Persentase penurunan konsentrasi orthofosfat pada perlakuan kontrol, kangkung dan pakcoy adalah 60,46%, 57,02%, dan 28,16%.

### Panjang, Bobot, dan Pertumbuhan Tingkat Kelangsungan Hidup dan Laju Konversi pakan Ikan Lele (*Clarias* sp.)

Bobot rata-rata untuk semua perlakuan berkisar antara 1.45-1.56 gr dan bobot akhir rata-rata berkisar antara 8.10-8.65gr (**Tabel 5**). Panjang rata-rata semua perlakuan berkisar antara 5.29-5.45 cm dan panjang rata-rata berkisar antara 9.73-10.03 cm. Laju konversi pakan ikan lele (*Clarias* sp.) perlakuan kangkung lebih baik dari perlakuan kontrol dan pakcoy. Hal ini sesuai dengan pertumbuhan bobot mutlak dan panjang mutlak ikan pada perlakuan kontrol lebih tinggi dari perlakuan kangkung dan pakcoy (**Tabel 5**). Pertumbuhan bobot mutlak dan panjang mutlak ikan lele tidak berbeda ( $p>0,05$ ) antar perlakuan dan pengamatan.

**Tabel 4.** Nilai orthoposfat setiap pengamatan pada perlakuan kontrol, kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*).

Hari ke-	Orthoposfat (mg L <sup>-1</sup> )		
	Kontrol <sup>ab</sup>	Kangkung <sup>a</sup>	Pakcoy <sup>b</sup>
0 <sup>c</sup>	0,31	0,21	0,14
7 <sup>c</sup>	0,12	0,35	0,23
14 <sup>c</sup>	0,25	0,37	1,02
21 <sup>b</sup>	0,86	0,71	1,81
28 <sup>a</sup>	2,34	1,29	1,65
35 <sup>bc</sup>	0,71	0,55	1,19
Rata-rata ± SD	0,77±0,82	0,58±0,39	1,01±0,70

Huruf *superscript* yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan hasil berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan).

Parameter	Kontrol	Kangkung	Pakcoy
<b>a. Awal</b>			
Bobot rata-rata (gr±SD)	1.45±0.22	1.56±0.08	1.44±0.19
Panjang rata-rata (cm±SD)	5.34±0.20	5.45±0.15	5.29±0.18
<b>b. Akhir</b>			
Waktu pemeliharaan (hari)	35	35	35
Bobot rata-rata (gr±SD)	8.65±0.89	8.61±1.47	8.10±2.56
Panjang rata-rata (cm±SD)	10.03±0.32	9.86±0.73	9.73±1.00
Tingkat kelangsungan hidup (%)	89,85±9,77	94,24±1,84	89,85±12,87
Laju konversi pakan	0,85±0,06	0,82±0,02	1,08±0,49
<b>c. Pertumbuhan</b>			
Bobot mutlak (gr)	2,98±2,88 <sup>a</sup>	2,92±2,73 <sup>a</sup>	2,63±2,64 <sup>a</sup>
Panjang mutlak (cm)	2,20±2,89 <sup>a</sup>	2,09±1,82 <sup>a</sup>	2,06±1,79 <sup>a</sup>
SGR (%/hari)	4,42±2,26 <sup>a</sup>	4,09±2,23 <sup>a</sup>	3,81±2,05 <sup>a</sup>

**Tabel 5.**Panjang, Bobot, dan Pertumbuhan Tingkat Kelangsungan Hidup dan Laju Konversi pakan Ikan Lele (*Clarias sp.*).

Laju pertumbuhan spesifik (SGR) pada perlakuan kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kangkung dan pakcoy (**Tabel 5**). Laju pertumbuhan spesifik ikan berkisar antara 3.81-4.42, lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jimoh *et al.* [42] yaitu sebesar 2.59-2.70 %/hari dan penelitian yang dilakukan oleh Dasuki *et al.* [43] 3.14-3.33 %/hari. Laju pertumbuhan spesifik ikan lele tidak berbeda ( $p>0.05$ ) antar perlakuan dan pengamatan.

Tingkat kelangsungan hidup ikan lele dengan perlakuan kangkung sebagai fitoremediator lebih tinggi dari perlakuan pakcoy dan kontrol (**Tabel 5**). Tingkat kelangsungan hidup ikan pada pengamatan lebih rendah dari penelitian yang dilakukan oleh Dasuki *et al.* [43], yaitu 99.5-99.84%, namun lebih tinggi dari penelitian Jimoh *et al.* [42] yaitu 77.78-86.68%. Kelangsungan hidup ikan dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya kualitas air (oksigen terlarut, amonia, suhu, pH), pakan, umur ikan, lingkungan, dan kondisi kesehatan ikan [32, 44].

Korelasi parameter kualitas air dan pertumbuhan ikan disajikan pada **Tabel 6**. Oksigen terlarut berkorelasi erat ( $p<0,01$ ) dengan tingkat kelangsungan hidup ikan, bobot mutlak, dan panjang mutlak. Korelasi tersebut menunjukkan bahwa oksigen mempengaruhi laju konversi pakan, metabolisme, pertumbuhan, dan tingkat kelangsungan hidup ikan. Tingkat kelangsungan hidup ikan berkorelasi erat ( $p<0,01$ ) dengan pertumbuhan bobot mutlak dan panjang mutlak. Korelasi tersebut menunjukkan bahwa jumlah ikan di akuarium mempengaruhi pertumbuhan ikan. Hal ini diduga karena ada pengaruh dari persaingan makanan, sehingga mempengaruhi pertumbuhan ikan. Panjang mutlak memiliki korelasi erat ( $p<0,01$ ) dengan bobot mutlak ikan. Hal ini menunjukkan pertumbuhan panjang mutlak mempengaruhi pertumbuhan bobot mutlak ikan lele, seiring dengan pertambahan panjang maka bobot ikan juga bertambah

## Pertumbuhan Kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*)

Bobot awal kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*), yaitu 0.91 gr dan 0.19 gr. Tanaman kangkung dan pakcoy mengalami pertambahan bobot pada akhir pengamatan menjadi 6.46 gr dan 2.65 gr. Hal ini menunjukkan bahwa kangkung dan pakcoy dapat memanfaatkan limbah budidaya ikan untuk pertumbuhan. Laju pertumbuhan spesifik kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) dipengaruhi oleh nutrien di air. Laju pertumbuhan kangkung sebesar 0.06 gr/hari dan pakcoy sebesar 0.07 gr/hari. Laju pertumbuhan kangkung pada penelitian yang dilakukan oleh Jampeetong [45] adalah 0,025 gr/hari. Hal ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan kangkung pada penelitian lebih cepat. Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu intensitas cahaya matahari, suhu di daerah akar, suhu lingkungan, pH, konsentrasi nutrien, dan jenis tanaman [39, 46].

## KESIMPULAN

Persentase penurunan amonia bebas menunjukkan perbedaan pada perlakuan kontrol, kangkung, dan pakcoy berturut-turut adalah 89,16%, 93,62%, dan 96,62%. Perlakuan kangkung efektif dalam meningkatkan tingkat kelangsungan hidup dan laju konversi pakan ikan lele.

## DAFTAR PUSTAKA

- (1) Ciptanto S. 2010. Top 10 ikan air tawar, panduan lengkap pembesaran secaraorganik di kolam airterpal, karamba, dan jala apung. Yogyakarta: Lly Publisher.
- (2) Viella S. 2003. Manual On Effluent Treatment in Aquaculture: Science and Practic. *Aquaetreat*.
- (3) Effendi H, Utomo BA, Darmawangsa GM, Hanafiah DA. 2015. wastewater treatment of freshwater crayfish (*cherax quadricarinatus*) culture with lettuce (*lactuca sativa*). *International Journal of Applied Environmental Sciences*. 10(1): 409-420.

**Tabel 6.** Korelasi parameter kualitas air dan pertumbuhan ikan lele (*Clarias* sp.)

	Suhu	pH	DO	Amonia	Amonium	Nitrat	Orthofosfat	SR	FCR	BM	PM	SGR
Suhu	1,000											
pH	-0,886*	1,000										
DO	-0,714	0,771	1,000									
Amonia	-0,771	0,543	0,600	1,000								
Amonium	-0,029	-0,371	0,086	0,371	1,000							
Nitrat	0,371	-0,371	-0,829*	-0,257	-0,371	1,000						
Orthofosfat	0,657	-0,771	-0,829*	-0,429	0,086	0,600	1,000					
SR	-0,714	0,771	1,000**	0,600	0,086	-0,829*	-0,829*	1,000				
FCR	0,143	0,029	-0,429	-0,029	-0,657	0,829*	0,257	-0,429	1,000			
BM	0,714	-0,771	-1,000**	-0,600	-0,086	0,829*	0,829*	-1,000**	0,429	1,000		
PM	0,714	-0,771	-1,000**	-0,600	-0,086	0,829*	0,829*	-1,000**	0,429	1,000**	1,000	
SGR	0,771	-0,771	-0,600	-0,543	0,086	0,257	0,886*	-0,600	0,029	0,600	0,600	1,000

\*\* korelasi signifikan pada 0,01; korelasi signifikan pada 0,05; SR: tingkat kelangsungan hidup; FCR: laju konversi pakan; BM: bobot mutlak; PM: panjang mutlak; SGR: laju pertumbuhan spesifik

- (4) Arief M, Puspitasari I, Kusdarwati R. 2010. Pengaruh pemberian beberapa bakteri terhadap kelangsungan hidup benih ikan lele dumbo (*Clarias* sp). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 2(2):193-198.
- (5) Sikawa DC, Yakupiyiyage A. 2010. The hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa* L) by using hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x *c.gariephinus*) pond water: potentials and constraints. *Agriculture Water Management*. 97:1317-1325.
- (6) Effendi H, Utomo BA, Darmawangsa GM. 2015. Phytoremediation of freshwater Crayfish (*Cherax quadricarinatus*) culture wastewater with spinach (*Ipomoea aquatica*) in aquaponic system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation International, Journal of the Bioflux Society*. 8(3): 421-430.
- (7) Yanong RPE. 2012. Fish health management consideration in recirculating aquaculture system – part 1:Introduction and general principles. Institute of food and agricultural sciences. University of Florida.
- (8) McGee M, Circha C. 2000. Principles of water recirculation and filtration in aquaculture. institute of food and agricultural sciences. University of Florida.
- (9) Hadiyanto, Christwardana M. 2012. Aplikasi fitoremediasi limbah jamu danPemanfaatannya untuk produksi protein. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 10(1):32-37.
- (10) Paz-Alberto AM, Sigua GC. 2013. Phytoremediation: a green technology to remove environmental pollutants. *American Journal of Climate Change*. 2:71-86.
- (11) Effendi H, Utomo BA, Darmawangsa GM, Sulaeman N. 2015. Combination of water spinach (*Ipomoea aquatica*) and bacteria for freshwater crayfish red claw (*Cherax quadricarinatus*) culture wastewater treatment in aquaponic system. *Journal of Advances Biology*. 6(3): 1072-1078.
- (12) Lestari W. 2013. Penggunaan *Ipomoea aquatica* Forsk. untuk fitoremediasi limbah rumah tangga. Semirata 2013 FMIPA Universitas Lampung. Lampung, Indonesia. Halaman 441–446.
- (13) Indah LS, Hendrarto B, Soedarsono P. 2014. Kemampuan eceng gondok(*Eichhornia* sp.), kangkung air (*Ipomoea* sp.), dan kayu apu (*Pistia* sp.) dalam menurunkan bahan organik limbah industri tahu (skala laboratorium). *Diponegoro Journal Of Maquares*. 3(1):1–6.
- (14) Andreeilee BF, Santoso M, Nugroho A. 2014. Pengaruh jenis kompos kotoran ternak dan waktu penyangan terhadap produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* sub. *chienensis*) organik. *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(3):190–197.
- (15) Wibowo S, Asriyanti AS. 2013. Aplikasi hidroponik NFT pada budidaya pakcoy (*Brassica rapa chinensis*). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 13(3):159-167.
- (16) Dibyantoro, A. L. (1996). Biologi ulat grayak *Spodoptera litura* F dan daya guna mikrobiota berguna dalam upaya pengendalian hama terpadu ulat grayak. Laporan Hasil Penelitian. Balitsa. Lembang.
- (17) [DPP] Directorate Plant Production. 2013. Chinese Cabbage (*Brassica rapa Lchinensis*). Departement Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of South Africa.

- (18) [APHA] American Public Health Assosiation. 2012. Standard method for theexamination of water and waste water. Water Pollution Control Federation. Port City (US): APHA.
- (19) EPA [Enviromental Protection Agency]. 2013. Aquatic life ambient water quality criteria for ammonia – freshwater. Washington: EPA.
- (20) Effendie M. 2002. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.
- (21) Goddard S. 1996. Feed management in intensive aquaculture. Chapman and Hall.New York (US). P 194.
- (22) Affandi R, Tang UM. 2002. Fisiologi hewan Air. Pekanbaru: UNRI Press
- (23) Mitchell DS. 1974. Aquatic vegetation and its use and control. Paris(FR): UNESCO
- (24) Boyd CE, Lichtkoppler. 1979. Water quality management in pond fish culture. International center for aquaclture. *Agriculture Experimental Station*. USA.
- (25) Bhatnagar A, Devi P. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Sciences*. 3(6):1980-2009. ISSN:0976-4402.
- (26) Firmansyah F, Anggo TM, Akyas A. 2009. Pengaruh umur pindah tanam bibit dan populasi tanaman terhadap hasil dan kualitas sayuran pakcoy (*Brassica Compestris* L., Chinensis group) yang ditanam dalam naungan kasa di dataran medium. *Jurnal Agriculture*. 20(3):216-224.
- (27) Yusuf G. 2008. Bioremediasi limbah rumah tangga dengan sistem simulasi tanaman air. *Jurnal Bumi Lestari*. 8(2):136-144.
- (28) Tarre S, Green M. 2004. High rate nitrification at low ph in suspended and attached biomass reactor. *Applied and Environmental Microbiology* 70(11):6481-6487.
- (29) Ginting C, Rakian TC. 2008. Hidroponik: Pertanian masa depan untuk masyarakat perkotaan. *Warta-WPTEK*. 16:1-5.
- (30) Gross A, Boyd CE, dan Wood CW. 2000. Nitrogen transformations and balanced in channel catfish ponds. *Aquacultural Engineering*. 24:1-14.
- (31) Suminto SCP, Sudaryono A. 2014. Gambaran profil darah ikan lele dumbo(*Clarias gariepinus*) yang diberi pakan dengan kombinasi pakan buatan dan cacing tanah (*Lumbriculus rubellus*). *Journal of Aquaculture*.
- (32) Adewolu MA, Adeniji CA, Adejobi AB. 2008. Feed utilization, growth and survivalof *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings cultured under different photoperiods. *Aquaculture*. 283:64-67
- (33) Hargreaves JA. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*. 166:181-212.
- (34) Effendi H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Kanisius. Yogyakarta. 258 hal.
- (35) Wahyuningsih S, Effendi H, Wardiatno Y. 2015. Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation International, Journal of the Bioflux Society*. 8(4):491-499.
- (36) Crab R, Avnimelech Y, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete. 2007. Nitrogen removaltechniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*. 270:1-14.

- (37) Rijn JV, Tal Y, Schreier HJ. 2006. Denitrification in recirculation system: Theory and application. *Aquaculture Engineering*. 34:364-376.
- (38) Pitrianingsih C, Suminto, Sarjito. 2014. Pengaruh bakteri kandidat probiotik terhadap perubahan kandungan nutrien C, N, P dan K media kultur lele dumbo (*Clarias gariepinus*). *Journal of Aquaculture Management And Technology*. 3(4):247-256.
- (39) Buzby KM, Lian Shin L. 2014. Scaling aquaphonic systems: balancing plant uptake with fish output. *Aquaculture Engineering*. 63:39-44.
- (40) EPA [Environmental Protection Agency]. 2000. Introduction to phytoremediation. Washington: EPA.
- (41) Nugroho RA, Pembudi LT, Chilmawati D, Haditomo AHC. Aplikasi teknologi Aquaponik pada budidaya air tawar untuk optimalisasi kapasitas produksi. *Jurnal Saintek Perikanan*. 8(1): 46-51.
- (42) Jimoh WA, Fagbenro OA, Adeparusi EO. 2014. Response of African Catfish,
- (43) *Clarias gariepinus* (Burchell 1822), fingerlings fed diets containing differently timed wet-heat-treated sesame (*Sesamum indicum*) Seedmeal. *Agricultural Sciences*. 5:1159 – 1171.
- (44) Dasuki A, Auta J, Oniye SJ. 2013. Effect of stocking density on production of *Clarias gariepinus* (tuegels) in floating bamboo cages at Kubanni Reservoir, Zaria, Nigeria. *Bajopas*. 6(1):112 – 117.
- (45) Mufidah NBW, Rahardja BS, Satyantini WH. 2009. Pengayaan *Dapnia spp.* dengan vitematerhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*. 1(1):59-65.
- (46) Jampeetong A, Brix H, Kantawanichkul S. 2012. Effects of inorganic nitrogen forms on growth, morphology, nitrogen uptake capacity and nutrient allocation of four tropical aquatic macrophytes (*Salvinia cucullata*, *Ipomoea aquatica*, *Cyperus involucratus*, and *Vetiveria zizanioides*). *Aquatic Botany*. 97:10-16.
- (47) Nurkemalasari R, Sutisna M, Wradhani E. 2013. Fitoremediasi limbah cair dengan menggunakan tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). *Reka Lingkungan*. 1(2):1-12.