

PERUBAHAN AMMONIA (NH₃-N), NITRIT (NO₂-N) DAN NITRAT (NO₃-N) PADA MEDIA PEMELIHARAAN IKAN NILA MERAH (*Oreochromis sp.*) DI DALAM SISTEM RESIRKULASI

Changes of Ammonia, Nitrite and Nitrate at Recirculation System of Red Tilapia (*Oreochromis sp.*) Rearing

D. Djokosetiyanto, A. Sunarma dan Widanarni

Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680

ABSTRACT

High rearing density of fish in an intensive culture system require high amount of feed which may result in the accumulation of organic materials in the water to a higher level. The accumulation of organic materials can be toxic for fish, generate mineralization of nutrient from organic materials and cause high oxygen expenditure. Recirculation system is an aquaculture system which aimed to maintain water quality at an appropriate level for fish to survive and grow. The ammonia concentration in recirculation system with biofilter tended to decrease sharply while there was only a slightly decrease in that without biofilter. Conversion efficacy of ammonia nitrogen (NH₃-N) and nitrite nitrogen (NO₂-N) of biofilter compiled with aeration system was 46.20% and 30.68%, while in an unaerated system was 39.31% and 8.53%, respectively. The use of aquatic plant was found to be an effective way to reduce nitrate nitrogen (NO₃-N). A higher conversion efficacy of nitrate (50.15%) in the tank containing aquatic plant was observed by using aeration before biofilter.

Keywords: ammonia, nitrite, nitrate, recirculation system, red tilapia, *Oreochromis sp.*

ABSTRAK

Padat penebaran tinggi pada sistem budidaya intensif menuntut tingginya jumlah pakan yang diberikan kepada ikan sehingga mengakibatkan penumpukan bahan organik dalam wadah. Akumulasi bahan organik akan menyebabkan terjadinya pembentukan senyawa-senyawa yang beracun bagi ikan, mineralisasi nutrisi dari bahan organik dan penyerapan oksigen yang tinggi. Untuk mempertahankan kualitas air sehingga tetap layak bagi ikan, digunakan sistem resirkulasi dalam proses pemeliharannya. Kecenderungan penurunan konsentrasi ammonia terlihat tajam pada filter biologis pada unit yang menggunakan filter biologis, sedangkan tanpa filter biologis hanya terjadi penurunan konsentrasi ammonia yang kecil sehingga efektifitas pengubahannya menjadi kecil. Efektivitas perubahan ammonia (NH₃-N) pada filter biologis pada unit tanpa perlakuan aerasi hanya sebesar 39,31% dengan efektifitas perubahan nitrit (NO₂-N) sebesar 8,53%. Sedangkan pada unit yang menggunakan proses aerasi sebelum filter biologis, efektifitas perubahan ammonia dan nitrit masing-masing mencapai 46,20% dan 30,68%. Penggunaan tanaman akuatik efektif untuk menurunkan konsentrasi nitrat (NO₃-N). Efektivitas perubahan nitrat pada wadah tanaman akuatik tertinggi sebesar 50,15% dicapai oleh unit yang menggunakan sistem aerasi sebelum filter biologis.

Kata kunci: ammonia, nitrit, nitrat, resirkulasi, nila merah, *Oreochromis sp.*

PENDAHULUAN

Persaingan penggunaan lahan dan air antara akuakultur dengan bidang produksi lainnya menuntut efisiensi pemanfaatan kedua sumber daya tersebut. Untuk itu, proses produksi akuakultur harus dilakukan dengan sistem intensif, yaitu dengan padat penebaran tinggi dan penggunaan air yang

minimal (Suresh dan Lin, 1992). Padat penebaran tinggi menuntut tingginya jumlah pakan yang diberikan kepada ikan sehingga mengakibatkan penumpukan bahan organik dalam wadah baik dari sisa metabolisme ikan maupun sisa pakan yang terbuang. Akumulasi bahan organik akan menyebabkan terjadinya pembentukan senyawa-senyawa yang beracun bagi ikan, mineralisasi nutrisi

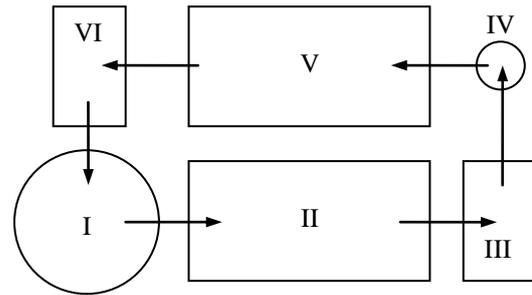
dari bahan organik dan penyerapan oksigen yang tinggi (Hopkins *et al.*, 1994) sehingga mempercepat penurunan kualitas air. Mineralisasi bahan organik nitrogen yang terdiri atas protein dan asam amino akan menghasilkan nitrogen anorganik, yaitu ammonia (NH₃), nitrit (NO₂) dan nitrat (NO₃) (Spotte, 1992).

Pada kondisi jumlah air yang terbatas, penurunan kualitas air sangat membahayakan bagi kelangsungan hidup ikan. Untuk mempertahankan kualitas air sehingga tetap layak bagi ikan, digunakan sistem resirkulasi dalam proses pemeliharannya. Air buangan dari proses pemeliharaan akan dapat digunakan kembali setelah melalui beberapa perlakuan termasuk pengendapan, penyaringan mekanis dan biologis serta purifikasi bakteriologis (Tanjung, 1994). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kandungan amonia, nitrit dan nitrat dalam media pemeliharaan ikan nila menggunakan sistem resirkulasi.

BAHAN DAN METODE

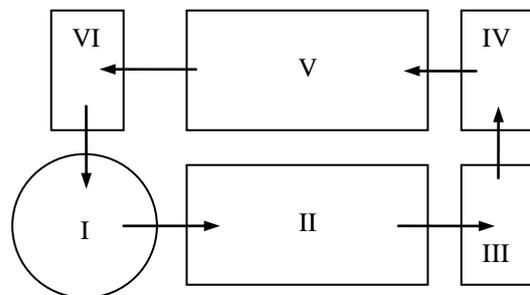
Penelitian diawali dengan tahap persiapan yang meliputi penyediaan dan penempatan wadah perlakuan dan stabilitas air. Stabilitas air dilakukan untuk mendapatkan keseimbangan debit air pada setiap wadah. Pada kondisi seimbang, debit air yang dicapai oleh sistem resirkulasi dalam penelitian ini adalah sebesar 15 liter/menit. Sistem yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 3 unit dengan model masing-masing yang berbeda (Gambar 1-3).

Wadah pemeliharaan, pengendapan, dan aerasi berupa fiberglass dengan volume efektif masing-masing 1,00 m³, 1,25m³, 1,01 m³. Pada wadah pengendapan dilengkapi dengan 50 lembar lamella fiberglass yang dipasang tegak lurus terhadap permukaan bak untuk memperlambat aliran air sehingga padatan terlarut dalam air dapat mengendap. Filter biologis terbuat dari pipa PVC diameter 12 inchi setinggi 1,92 m yang didalamnya terdapat potongan paralon (0,5 inchi) sebagai substrat bakteri. Volume efektif wadah tanaman akuatik yang juga terbuat dari fiberglass adalah 0,36m³.



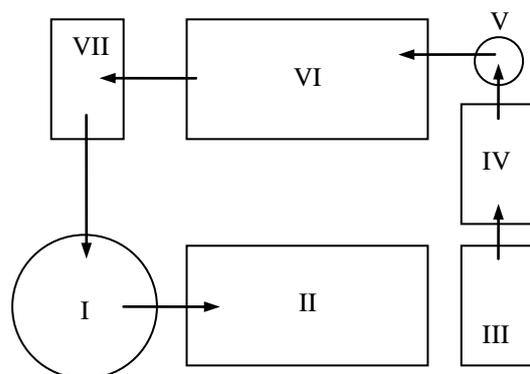
Keterangan;
 I : Pemeliharaan ikan IV : Biofiltrasi
 II : Pengendapan V : Tanaman akuatik
 III : Penampungan 1 VI : Penampungan 2
 → : Aliran air

Gambar 1. Skema sistem resirkulasi unit I



Keterangan;
 I : Pemeliharaan ikan IV : Penampungan 1
 II : Pengendapan V : Tanaman akuatik
 III : Aerasi VI : Penampungan 2
 → : Aliran air

Gambar 2. Skema sistem resirkulasi unit II



Keterangan;
 I : Pemeliharaan ikan V : Tanaman akuatik
 II : Pengendapan VI : Biofiltrasi
 III : Aerasi VII : Penampungan 2
 IV : Penampungan 1 → : Aliran air

Gambar 3. Skema sistem resirkulasi unit III

Jenis tanaman akuatik yang digunakan adalah kangkung (*Ipomoea sp.*). Sedangkan volume wadah penampungan berupa fiberglass berbeda untuk setiap unitnya. Volume wadah penampungan unit I sebesar $0,12 \text{ m}^3$, dan $0,20 \text{ m}^3$ untuk unit II dan III.

Volume total air yang digunakan masing-masing unit adalah sebesar $3,01 \text{ m}^3$ (unit I), $3,86 \text{ m}^3$ (unit II) dan $4,02 \text{ m}^3$ (unit III). Penambahan air baru dilakukan untuk menjaga stabilitas volume air dalam sistem yang hilang akibat penguapan, penyerapan oleh tanaman dan pengambilan sampel. Secara biologis, stabilisasi air dimaksudkan untuk merangsang pertumbuhan bakteri pada filter biologis.

Tahap pemeliharaan dilakukan setelah stabilisasi air tercapai dan memenuhi syarat penebaran ikan. Ikan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan nila merah (*Oreochromis sp.*) dengan bobot awal rata-rata $86,6 \text{ gram/ekor}$ dan kepadatan 20 ekg/m^3 . Selama 4 minggu pemeliharaan, pemberian pakan dilakukan 4 kali/hari sebanyak $1,5 - 2\%$ bobot biomassa/hari.

Pengamatan kualitas air selama pemeliharaan ikan terdiri dari oksigen terlarut, suhu, ammonia, nitrit dan nitrat. efektivitas pembebanan (RE) masing-masing perlakuan dan sistem secara keseluruhan berdasarkan dugaan laju pembebanan (LR) dan laju pengubahan (RR) air buangan (Suresh dan Lin, 1992). Titik pengambilan sampel antara lain;

- A. Wadah pemeliharaan ikan
- B. Outlet wadah pengendapan
- C. Outlet wadah aerasi
- D. Outlet filter biologis
- E. Outlet wadah tanaman akuatik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas pengubahan

Bahan organik dan anorganik pada sistem resirkulasi terutama berasal dari metabolisme ikan dan sisa pakan yang tidak termakan. Akibat aliran air yang tertutup pada sistem resirkulasi bahan organik dan anorganik cenderung terakumulasi pada sistem sehingga menyebabkan terjadinya pembentukan senyawa-senyawa beracun bagi

ikan, mineralisasi nutrisi dan penyerapan oksigen yang tinggi. Mineralisasi bahan organik nitrogen yang terdiri dari protein dan asam amino akan menghasilkan nitrogen anorganik yaitu ammonia, nitrit dan nitrat (Spotte, 1992). Penelitian Suresh dan Lin (1992) menunjukkan bahwa lebih dari 80% nitrogen yang dikonsumsi ikan dibuang kembali ke perairan dalam bentuk limbah padat dan cair. Spotte (1992) menyatakan lebih dari 50% buangan nitrogen dari ikan berupa ammonia.

Pengubahan bentuk nitrogen anorganik yang berbahaya bagi ikan (ammonia dan nitrit) menjadi bentuk yang tidak berbahaya (nitrat) pada sistem resirkulasi terutama terjadi pada filter biologis. Untuk mengurangi beban bahan organik, terutama yang tersuspensi yang akan masuk ke filter biologis, dipergunakan bak pengendapan. Pada keadaan aerob, ammonia mineral dari proses mineralisasi bahan organik tersebut akan diubah menjadi bentuk nitrit dan nitrat.

Pada unit I, oksigen mencukupi untuk pengubahan ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Tetapi tidak terjadi pemanfaatan nitrat oleh organisme perairan (misalnya fitoplankton) sehingga terjadi peningkatan nitrat. Sedangkan pada unit II, oksigen yang tersedia dalam wadah pengendapan mencukupi untuk pengubahan ammonia menjadi nitrit tetapi relatif kurang untuk pengubahan nitrit menjadi nitrat sehingga terjadi peningkatan nitrit. Pada unit III, terjadi kekurangan oksigen sehingga terjadi peningkatan ammonia dan nitrit. Akibat kekurangan oksigen tersebut diduga terjadi pengubahan kembali nitrat menjadi nitrit. Menurut Kawai *et al.* (1965) dalam Spotte (1970) proses nitrifikasi lebih efisien pada kondisi tegangan oksigen tinggi, namun pengubahan ammonia dan nitrit masih berlangsung meskipun pada kondisi tegangan oksigen rendah.

Efektivitas pengubahan ammonia tertinggi terjadi pada filter biologis unit I dan III, sedangkan pengubahan nitrit terjadi pada filter biologis unit III. Suplai oksigen dari wadah aerasi diduga mencukupi untuk proses nitrifikasi pada filter biologis sehingga ammonia dapat diubah menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat. Pada filter biologis,

nitrifikasi berjalan dengan baik karena adanya bakteri pada substrat filter biologis. Substrat mutlak diperlukan sebagai tempat penempel bakteri sehingga bisa memanfaatkan ammonia dan nitrit sebagai bahan makanannya yang menghasilkan produk akhir berupa nitrat. Efektivitas perubahan ammonia pada wadah ini mencapai 39,310% pada unit I dan 46,199% pada unit III.

Penurunan konsentrasi nitrat terjadi pada wadah tanaman akuatik akibat pemanfaatan nitrat oleh tanaman akuatik berupa kangkung (*Ipomoes sp.*) sebagai sumber unsur hara untuk pertumbuhannya sehingga mencegah terjadinya akumulasi nitrat pada sistem. Tanpa adanya

pemanfaatan nitrat baik oleh tanaman air maupun bakteri akan terjadi akumulasi nitrat pada sistem resirkulasi (Hiyama *et al.*, 1988; Lukman, 1994). Pada wadah tanaman akuatik juga terjadi perubahan ammonia dan nitrit oleh bakteri yang diduga terdapat pada akar tanaman akuatik yang digunakan.

Kecenderungan penurunan konsentrasi ammonia terlihat tajam pada filter biologis pada unit I dan III, sedangkan pada unit II (tanpa filter biologis) hanya terjadi penurunan konsentrasi ammonia yang kecil sehingga efektivitas pengubahannya menjadi kecil (Gambar 4). Dengan demikian dapat diduga bahwa keberadaan filter biologis pada sistem resirkulasi mutlak diperlukan.

Tabel 1. Hasil pengukuran laju pembebanan (LR), laju perubahan (RR) dan efektivitas perubahan (RE) ammonia (NH₃-N) masing-masing unit sistem resirkulasi

Unit	Parameter	Satuan	Titik Pengambilan Contoh					Sistem
			A	B	C	D	E	
I	LR	mg/menit	1,009	0,758	-	0,544	0,566	-
	RR	mg/menit	-	0,251	-	0,214	-0,023	0,443
	RE	%	-	33,168	-	39,310	-3,974	43,866
II	LR	mg/menit	2,389	2,201	2,04	-	0,288	-
	RR	mg/menit	-	0,187	0,154	-	-0,240	0,101
	RE	%	-	8,518	7,509	-	-10,492	4,239
III	LR	mg/menit	0,919	0,949	0,938	0,641	0,634	-
	RR	mg/menit	-	-0,034	0,011	0,296	0,008	0,285
	RE	%	-	-3,162	1,200	46,199	1,183	31,020

Tabel 2. Hasil pengukuran laju pembebanan (LR), laju perubahan (RR) dan efektivitas perubahan (RE) nitrit (NO₂-N) masing-masing unit sistem resirkulasi

Unit	Parameter	Satuan	Titik Pengambilan Contoh					Sistem
			A	B	C	D	E	
I	LR	mg/menit	9,163	8,547	-	7,875	6,405	-
	RR	mg/menit	-	0,616	-	0,672	1,471	2,758
	RE	%	-	7210	-	8,527	22,960	30,102
II	LR	mg/menit	21,590	22,002	22.342	-	21,879	-
	RR	mg/menit	-	-0,412	-0.340	-	0,463	-0,289
	RE	%	-	-1.874	-1.522	-	2,117	-1,339
III	LR	mg/menit	6,019	8.138	8.498	6,503	6,630	-
	RR	mg/menit	-	-2.119	-0.360	1,995	-0,127	-0,611
	RE	%	-	-26.037	-4.237	30,681	-1,923	-10,156

Tabel 3. Hasil pengukuran laju pembebanan (LR), laju pengubahan (RR) dan efektivitas pengubahan (RE) nitrat (NO₃-N) masing-masing unit sistem resirkulasi

Unit	Parameter	Satuan	Titik Pengambilan Contoh					Sistem
			A	B	C	D	E	
I	LR	mg/menit	21,841	21,981	-	22,708	23,065	-
	RR	mg/menit	-	-0,140	-	-0,727	-0,357	-1,224
	RE	%	-	-0,638	-	-3,200	-1,548	-5,604
II	LR	mg/menit	18,284	16,290	19,397	-	17,982	-
	RR	mg/menit	-	1,993	-3,107	-	1,415	0,302
	RE	%	-	12,236	-6,017	-	7,870	1,650
III	LR	mg/menit	21,799	21,705	23,385	21,960	14,625	-
	RR	mg/menit	-	0,094	-1,680	1,425	7,335	7,174
	RE	%	-	0,432	-7184	6,489	50,154	32,909

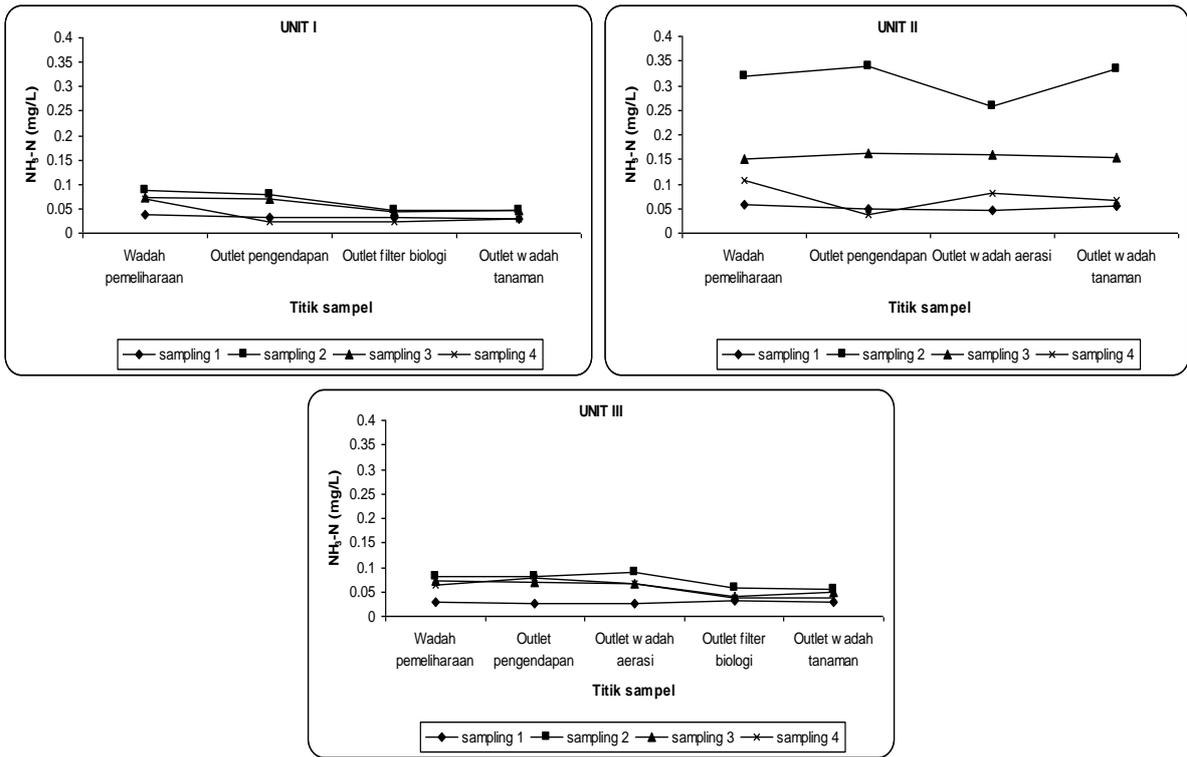
Selain itu, proses aerasi sebelum masuk filter biologis diduga berperan dalam peningkatan efektivitas filter biologis. Hal ini terlihat dari efektivitas filter biologis unit III yang menggunakan aerasi sebelum filter biologis relatif lebih besar dibandingkan dengan perlakuan yang sama pada unit I namun tanpa aerasi sebelumnya.

Peranan efektivitas kerja filter biologis dalam mengubah ammonia juga terlihat dari kecenderungan konsentrasi ammonia selama penelitian (Gambar 4). Pada unit II (tanpa filter biologis), akumulasi ammonia cenderung tinggi pada akhir penelitian. Tanpa pengubahan konsentrasi ammonia yang cukup besar pada perlakuan mengakibatkan ammonia yang keluar dari wadah pemeliharaan ikan tidak banyak mengalami penurunan sehingga masuk kembali ke wadah tersebut dengan konsentrasi yang tinggi. Sedangkan pada unit I dan III, perlakuan filter biologis dapat menurunkan konsentrasi ammonia pada sistem sehingga konsentrasi ammonia tetap berada pada kondisi yang aman bagi ikan dan tidak terjadi akumulasi ammonia yang berlebih.

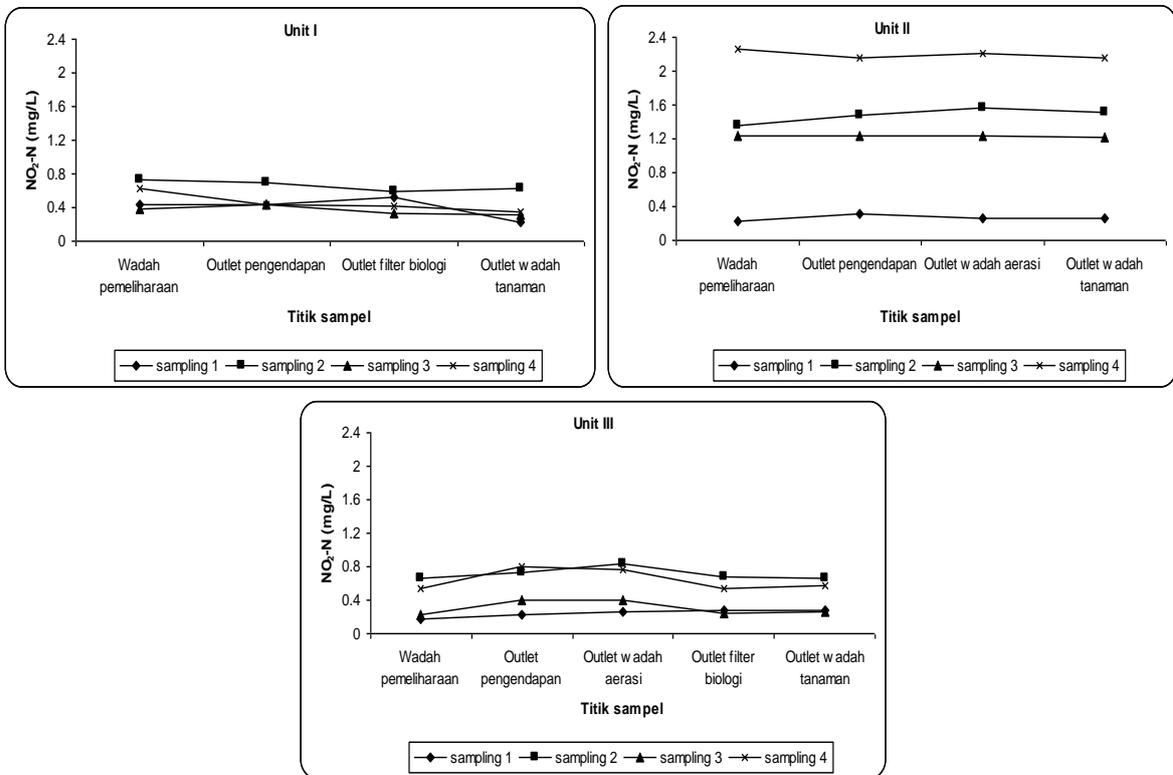
Konsentrasi nitrit (NO₂-N) yang keluar dari wadah pemeliharaan ikan pada Unit I relatif tidak mengalami penurunan pada tiap-tiap titik pengambilan contoh bahkan cenderung terakumulasi yang ditunjukkan

dengan nilai efektivitas pengubahan nitrit yang negatif. Pada Unit I, penurunan konsentrasi nitrit terjadi pada setiap titik pengambilan contoh. Pada wadah tanaman akuatik terjadi penurunan konsentrasi nitrit yang relatif besar. Hal ini diduga terjadi pengubahan nitrit oleh bakteri yang terkoloni pada akar tanaman menjadi nitrat. Kecenderungan konsentrasi nitrit pada sistem secara keseluruhan terlihat pada Gambar 5.

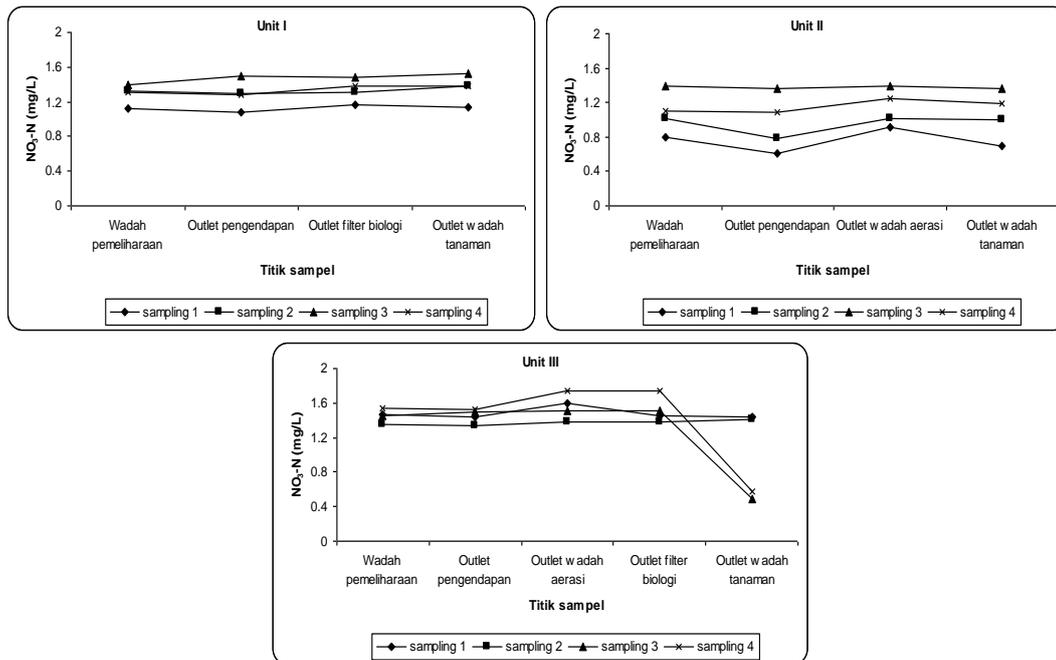
Pemanfaatan nitrat (NO₃-N) pada sistem diindikasikan dengan penurunan konsentrasi nitrat pada wadah tanaman akuatik akibat pemanfaatan nitrat tersebut oleh tanaman kangkung (*Ipomoea sp.*) (Gambar 6). Pada awal penelitian masih terjadi peningkatan nitrat setelah melewati tanaman akuatik. Hal ini diduga belum terjadi pemanfaatan nitrat secara optimal oleh kangkung akibat belum terbentuknya akar secara baik. Pemanfaatan nitrat baru terlihat jelas pada minggu terakhir penelitian ketika tanaman kangkung sudah tumbuh dengan baik. Pada unit II dan III, efektivitas pengubahan nitrat pada tanaman akuatik terlihat jelas. Sedangkan pada unit I, efektivitas bernilai negatif (terjadi peningkatan konsentrasi nitrat setelah melewati perlakuan), diduga akibat tingkat pengubahan nitrit oleh bakteri menjadi nitrat yang lebih tinggi dibanding pemanfaatan nitrat oleh tanaman kangkung.



Gambar 4. Kecenderungan konsentrasi ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada masing-masing unit



Gambar 5. Kecenderungan konsentrasi Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) pada masing-masing unit



Gambar 6. Kecenderungan konsentrasi nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) pada masing-masing unit

Pemeliharaan ikan

Produksi ikan yang dicapai pada pemeliharaan oleh tiga unit sistem resirkulasi yang digunakan tidak jauh berbeda. Selama 4 minggu dengan padat tebar awal 20 kg/m^3 (230 ekor, bobot rata-rata $86,6 \text{ gr/ekor}$), sistem Unit I dapat meningkatkan bobot biomassa hingga $22,26 \text{ kg/m}^3$, sedangkan Unit II dan III berturut-turut $23,4 \text{ kg/m}^3$ dan $24,61 \text{ kg/m}^3$. Padat penebaran tersebut juga mampu mempertahankan tingkat kelangsungan hidup ikan mencapai 95%.

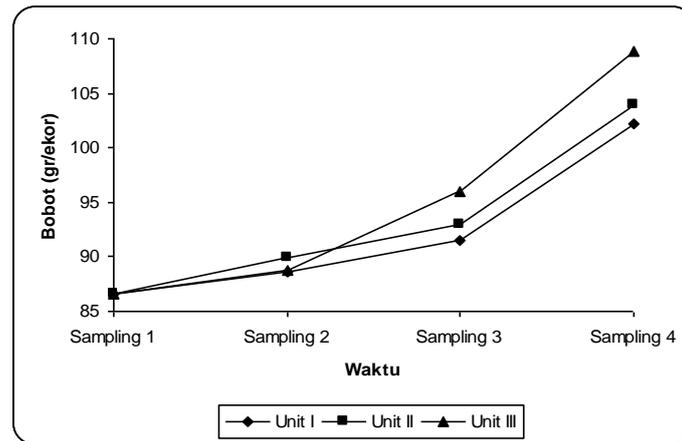
Laju pertumbuhan individu harian (α) pada masing-masing unit selama penelitian juga tidak berbeda jauh, yaitu $0,740 \text{ gr/ekor/hari}$ (Unit I), $0,829 \text{ gr/ekor/hari}$ (Unit II) dan $1,061 \text{ gr/ekor/hari}$ (Unit III). Tingkat kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan individu harian tersebut tercapai karena daya dukung sistem resirkulasi yang dirancang mampu memperbaiki kualitas air sistem sehingga lingkungan tetap terjaga dan layak untuk kehidupan ikan. Sedangkan perbedaan wadah perlakuan air antara Unit I, II dan III ternyata tidak berpengaruh terhadap produksi ikan yang dihasilkan oleh ketiga unit tersebut di akhir penelitian.

Kecenderungan menurunnya kualitas air diakhir penelitian terutama nitrit diduga akan membatasi daya dukung resirkulasi.

Sedangkan kecenderungan parameter kualitas air yang lain pada wadah pemeliharaan ikan berada pada kisaran layak bagi pertumbuhan ikan nila merah (Tabel 4.).

KESIMPULAN

- Perlakuan air pada sistem resirkulasi yang dirancang pada penelitian ini secara keseluruhan efektif untuk menurunkan tingkat konsentrasi ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$). Efektivitas pengubahan Ammonia pada sistem resirkulasi unit I, II dan III masing-masing sebesar 43,866%, 4,239% dan 31,020%.
- Filter biologis pada unit efektif untuk menurunkan konsentrasi ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$). Efektivitas pengubahan ammonia pada filter biologis unit I dan III masing-masing sebesar 39,310% dan 46,199%. Sedangkan efektivitas pengubahan nitrit pada filter biologis unit I dan III masing-masing sebesar 8,527% dan 30,681%.
- Penggunaan tanaman akuatik efektif untuk menurunkan konsentrasi nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) sistem. Efektivitas pengubahan nitrat pada wadah tanaman akuatik tertinggi dicapai pada unit III sebesar 50,154%.



Gambar 7. Pertumbuhan bobot rata-rata ikan nila merah (*Oreochromis sp.*) pada masing-masing unit sistem resirkulasi

Tabel 4. Kisaran kualitas air pada wadah budidaya selama penelitian

Parameter	Satuan	Unit		
		I	II	III
Suhu	°C	24 – 26	24 – 26	24 – 26
Oksigen terlarut	mg/L	3,73 – 7,56	3,37 – 7,57	4,15 – 5,71
pH	-	5,5 – 6,0	5,5 – 6,0	5,5 – 6,0
NH ₃ -N	mg/L NH ₃ -N	0,039 – 0,087	0,059 – 0,320	0,028 – 0,081
NO ₂ -N	mg/L NO ₂ -N	0,384 – 0,722	0,232 – 2,253	0,177 – 0,226
NO ₃ -N	mg/L NO ₃ -N	1,116 – 1,394	0,797 – 1,391	1,348 – 1,543

DAFTAR PUSTAKA

- Hopkins, J. S., P. A. Sandifer dan C. L. Browdy, 1994. Sludge Management in Intensive Pond Culture of Shrimp : Effect of Management Regime on Water Quality, Sludge Characteristic, Nitrogen Extinction and Shrimp Production. *Aquacultura Engineering*, 13 : 11 – 30.
- Lukman, 1994. Kajian Efektifitas Sistem Aliran tertutup sebagai Media Pemeliharaan Ikan Nila Merah (*Oreochromis sp.*). *Limnotek Perairan Darat Trpis di Indonesia*, 2 : 11 – 17.
- Spotte, S. 1970. *Fish and Invertebrate Culture : Water Management in Closed Systems*. Willey-Interscience Publication. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- Spotte S. 1992. *Captive Seawater Fishes : Science and Technology*. Willey-Interscience Publication. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- Suresh, A. V. Dan C. K. Lin. 1992. Effect of Stocking Density on Water Quality and Production of Red Tilapia in Recirculated Water System. *Aquacultura Engineering*, 11 : 1 – 22.
- Tanjung, L. R. 1994. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Kemampuan Inokulasi Biofilter Sistem Aliran Tertutup. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 2 : 5 – 10.