



Jurnal Sains Akuakultur Tropis

Departemen Akuakultur

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan - Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

Telp. (024) 7474698, Fax.: (024) 7474698

Email: sainsakuakulturtropis@gmail.com, sainsakuakulturtropis@undip.ac.id

Performa Kualitas Air, Pertumbuhan, dan Kelulushidupan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Sistem Akuaponik dengan Jenis Tanaman yang Berbeda

*Water Quality Performance, Growth, and Survival Rate of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) on Aquaponics by Variant Plant*

Bella Manik Hapsari, Johannes Hutabarat*), Dicky Harwanto

Departemen Akuakultur

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698

ABSTRAK

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menjadi salah satu jenis ikan yang cukup ekonomis untuk pasar. Potensi pasar menjadi alasan pembudidaya meningkatkan produksi dengan budidaya intensif. Budidaya intensif berbanding lurus dengan limbah budidaya dari feses ikan. Limbah yang terakumulasi bersifat toksik dan dapat menurunkan kualitas air budidaya. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan limbah budidaya. Pengelolaan limbah budidaya dapat dilakukan melalui penerapan sistem resirkulasi dengan filter biologi berupa tanaman/disebut sistem akuaponik. Pemilihan kategori jenis tanaman tergantung pada lama waktu sistem akuaponik akan dijalankan. Penelitian ini dilaksanakan dalam waktu yang cukup singkat yaitu 30 hari masa pemeliharaan. Solusi untuk periode penelitian yang singkat tersebut adalah pemilihan biofilter tanaman yang bersifat *low nutrient demand* dengan daya serap, akumulasi, dan olah yang tinggi terhadap limbah budidaya, contohnya: pakchoi (*Brassica rapa*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*), dan caisim (*Brassica juncea*). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis tanaman yang berbeda dan jenis tanaman yang paling efektif dalam penelitian ini untuk menjaga performa kualitas air, pertumbuhan, dan kelulushidupan ikan nila. Ikan uji yang digunakan memiliki panjang awal 9-11 cm dan rata-rata bobot awal $15,56 \pm 0,34$ gram sejumlah 360 ekor untuk 12 wadah pemeliharaan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL), dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu tanpa sistem akuaponik (A), sistem akuaponik menggunakan tanaman pakchoi (B), sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C), sistem akuaponik menggunakan tanaman caisim (D). Data yang dikumpulkan meliputi kualitas air ikan, laju pertumbuhan relatif/RGR ikan, rasio konversi pakan/FCR ikan, pertumbuhan tanaman, dan kelulushidupan/SR ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air, RGR, FCR, dan SR ikan nila perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C) mencapai nilai tertinggi yaitu VTR amonia $94,97 \pm 6,21$; $101,46 \pm 11,78$; $107,36 \pm 12,05$ g/m³/hari, RGR $1,23 \pm 0,05\%$ /hari, FCR $1,63 \pm 0,09$, dan SR $83,33 \pm 3,34\%$.

Kata Kunci : Kualitas air, pertumbuhan, kelulushidupan, ikan nila, akuaponik.

ABSTRACT

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is one of the economically affordable fish and leading national program commodities to be cultivated for both domestic and export markets. Thus market potential adequates the reason to intensify production through intensive aquaculture. However, an intensive aquaculture system is directly affecting the enhancement of wastewater to feces under fish physiology activities. Therefore, carried out of wastewater during the maintenance process was optimally needed. Thus wastewater maintenance could be done by applying recirculating aquaculture system/RAS. Bio-filter of plants could be used as a filter to RAS, then called Aquaponics. Variant plant selection was depended on the time depth of aquaponics would be run. This study was conducted in a relatively short period, 30 days. The alternative solves for those short periods of time was choosing

low nutrient demand plants as the bio-filter. Pakchoi (*Brassica rapa*), water spinach (*Ipomoea aquatica*), and caisim (*Brassica juncea*) were categorized as a low nutrient demand and included to leafy green crops. The present study was conducted to assess the effect of by variant plant on aquaponics and find out the most effective plant in this study against water quality performance, growth, and survival of Nile tilapia. Nile tilapia with mean initial weight of $15,56 \pm 0,34$ grams and length 9-11 cm were stocked in 85 liters aquarium and assigned to triplicate of 30 fishes in a completely randomized design in four treatments. Fishes were fed three times a day. This study used an experimental method with a completely randomized design (CRD), with 4 treatments and 3 replications. The treatments were without aquaponics system (A), aquaponics by using pakchoi (*B. rapa*) (B), aquaponics by using water spinach (*I. aquatica*) (C), and aquaponics by using caisim (*B. juncea*) (D). The observed data are water quality, relative growth rate/RGR, feed conversion ratio/FCR, plant growth, and survival rate/SR. The results showed that the aquaponic system by using water spinach (C) had influenced and turned out the highest result to VTR of ammonia at $94,97 \pm 6,21$; $101,46 \pm 11,78$; $107,36 \pm 12,05$ g/m³/day, relative growth rate/RGR at $1,23 \pm 0,05\%$ /day, feed conversion ratio/FCR at $1,63 \pm 0,09$, and survival rate/SR of Nile tilapia at $83,33 \pm 3,34\%$.

Keywords: Water quality, growth, survival rate, Nile tilapia, aquaponics.

PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menjadi salah satu jenis ikan yang cukup ekonomis. Selain itu, ikan nila turut menjadi salah satu komoditas unggul dalam program nasional. Program nasional tersebut berkaitan dengan pembudidayaan dan pengembangan ikan nila dalam pasar lokal maupun ekspor (Siantara et al., 2017). *Food and Agriculture Organization/FAO of the United Nations* (2017), melaporkan bahwa permintaan impor ikan nila oleh negara anggota Uni Eropa mampu dipenuhi negara Indonesia dengan nilai ekspor sebesar US \$6,20 per kg. Potensi pasar yang dimiliki ikan nila menjadi alasan pembudidaya meningkatkan produksi ikan nila dengan budidaya intensif. Budidaya intensif tersebut berbanding lurus dengan limbah air budidaya yang berasal dari feses hasil kegiatan fisiologi ikan. Limbah yang terakumulasi dapat mengganggu kualitas air budidaya. Kualitas air budidaya yang tidak optimal akan berpengaruh pada pertumbuhan ikan nila. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan media budidaya secara optimal selama proses pemeliharaan.

Pengelolaan air sebagai media budidaya dapat dilakukan melalui penerapan sistem resirkulasi. Filter yang digunakan dapat berupa tanaman sebagai biofilter/filter biologi (Setijaningsih dan Suryaningrum, 2015). Penggunaan biofilter tanaman dalam sistem resirkulasi dapat dikategorikan sebagai sistem akuaponik. Sistem akuaponik akan mengintegrasikan sistem akuakultur dan sistem hidroponik ke dalam satu sirkulasi air yang sama (Setijaningsih dan Chairulwan, 2015). Sistem hidroponik akan berperan sebagai biofilter melalui tanaman yang digunakan. Tanaman tersebut diharapkan mampu menjaga kualitas air budidaya sehingga ikan yang dibudidayakan mampu tumbuh optimal (Nugroho et al., 2012; Anjani et al., 2017).

Food and Agriculture Organization/FAO of the United Nations (2014), menjelaskan bahwa pemilihan jenis tanaman dalam sistem akuaponik berkaitan dengan kemampuan penyerapan limbah air budidaya oleh tanaman. Kemampuan tersebut melatarbelakangi tujuan penggunaan tanaman sebagai biofilter selama masa pemeliharaan ikan nila. Jenis tanaman yang digunakan dalam sistem akuaponik terbagi menjadi dua kategori, yaitu: *leafy green crops* dan *vegetable crops*. Pemilihan kategori jenis tanaman tergantung pada lama waktu sistem akuaponik akan dijalankan. Hal ini terkait dengan efektivitas pengolahan limbah oleh masing-masing tanaman. Kondisi ini terkait dengan pengelompokan pemilihan tanaman untuk sistem akuaponik menjadi tiga kelompok, yaitu: *low nutrient demand*, *medium nutrient demand*, dan *high nutrient demand*. *Leafy green crops* merupakan contoh tanaman dengan *low nutrient demand*.

Penelitian sistem akuaponik menggunakan leafy green crops, dengan jenis tanaman yang berbeda, pernah dilakukan oleh Nazlia dan Zulfiadi (2018). Penelitian tersebut menggunakan benih lele (*Clarias* sp.) dengan bobot awal 0,35 gram, selama 42 hari, dan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) serta tanaman caisim (*Brassica juncea*). Hasil penelitian menunjukkan nilai RGR yang lebih tinggi pada perlakuan sistem akuaponik, yaitu $13,40 \pm 0,17\%$ /hari. Sedangkan nilai RGR pada perlakuan tanpa sistem akuaponik yaitu $9,50 \pm 0,14\%$ /hari. Contoh penelitian di atas menggunakan ikan lele sebagai kultivar budidaya yang memiliki potensi pasar yang terjamin. Oleh karena itu, pemilihan ikan nila sebagai kultivar budidaya dapat dipertimbangkan berdasarkan potensi pasar yang dimiliki oleh ikan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis tanaman yang berbeda dan mengetahui jenis tanaman yang paling efektif dalam penelitian ini untuk menjaga performa kualitas air, pertumbuhan, dan kelulushidupan ikan nila. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2019 – Mei 2019 di Balai Benih Ikan Air Tawar/BBIAT Kebowan, Jawa Tengah.

MATERI DAN METODE

Ikan yang digunakan pada penelitian ini yaitu ikan nila dengan panjang awal 9-11 cm dan rata-rata bobot awal $15,56 \pm 0,34$ gram sejumlah 360 ekor untuk 12 wadah pemeliharaan. Ikan yang akan digunakan terlebih dahulu diaklimatisasi kemudian diseleksi sesuai kriteria panjang dan bobot yang diinginkan. Wadah pemeliharaan ikan yang digunakan yaitu akuarium dengan volume 128 liter yang diisi 85 liter air. Kanal/wadah pemeliharaan tanaman yang digunakan yaitu pipa plastik diameter 4 inch sepanjang 90 cm. Filter fisika yang digunakan pada penelitian ini yaitu kerikil dan spons. Sistem akuaponik yang digunakan adalah kombinasi dari *Nutrient Film Technique/NFT* dan *Deep Water Culture/DWC*, di mana aliran air dalam kanal mengisi $\frac{3}{4}$ volume kanal itu sendiri. Tanaman yang digunakan yaitu pakchoi (*Brassica rapa*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan caisim (*Brassica juncea*), ditanam pada media *rockwool* dengan panjang awal tanaman 10-15 cm.

Persiapan benih dan media tanaman

Studi yang dilakukan oleh Zalukhu *et al.* (2016), menerapkan persiapan benih tanaman yang dilakukan dengan terlebih dahulu menyemaikan bibit pada media *rockwool*. Sebelum bibit disemaikan, *rockwool* dipotong-potong berbentuk kubus dengan ukuran ± 2 cm kemudian *rockwool* dibasahi atau direndam dengan air kemudian dibuat lubang-lubang kecil tempat bibit tanaman selanjutnya setiap lubang diisi biji benih tanaman. Setelah lubang terisi, *rockwool* dibiarkan hingga benih tersebut tumbuh dengan baik dan dilakukan penyiraman setiap hari. Benih yang digunakan adalah benih dengan daun yang tidak cacat, terbuka dengan sempurna dan tinggi minimal 4 cm dan mempunyai jumlah daun >3 helai. Setiap bibit kemudian dipindahkan ke dalam *netpot*.

Persiapan wadah

Persiapan wadah dimulai dari pencucian peralatan yang akan digunakan seperti akuarium, kanal, pipa, dan kran air dengan detergen lalu dibilas dengan air bersih lalu dikeringkan di bawah sinar matahari. Masing-masing wadah pemeliharaan diletakkan dengan posisi sesuai dengan desain penelitian. Setelah alat dipersiapkan, pengaturan sistem akuaponik dapat dilakukan pada masing-masing akuarium.

Persiapan sistem akuaponik

Persiapan sistem akuaponik diawali dengan memotong pipa plastik diameter 4 inch sepanjang 90 cm, lalu dilubangi dengan diameter masing-masing lubang sepanjang 7 cm, sebanyak 5 lubang. Pipa ini diatur untuk digunakan sebagai kanal. Selain 5 lubang tersebut, pada sisi bawah pipa di ujung kanan/kiri juga dibuat lubang dengan diameter 1 cm berfungsi sebagai *outlet* kanal menuju akuarium. Selanjutnya yaitu persiapan gelas plastik yang dilubangi menduplikasi *netpot* pada bagian samping secara vertikal, melingkar serta bagian bawah sebagai penyangga akar agar akar mengapung tepat di atas aliran air sehingga tetap terjaga kelembabannya. Tahap selanjutnya yaitu pemasangan kran air pada masing-masing pipa plastic diameter $\frac{1}{2}$ inch yang telah dipotong sepanjang 60 cm untuk kemudian dipasang pada tiap pompa air. Kanal yang sudah rampung kemudian disusun di atas masing-masing akuarium dengan kemiringan mengikuti desain tiap akuarium yang digunakan. Persiapan selanjutnya yaitu pemasangan rangkaian listrik yang akan digunakan untuk menjalankan pompa air pada tiap sistem akuaponik. Sistem akuaponik yang digunakan pada penelitian ini merupakan fusi dari NFT dan DWC, di mana aliran air pada kanal tidak setipis aliran air NFT dan air pada kanal mengalir/tidak mengalami *stagnant* seperti pada DWC.

Aklimatisasi

Aklimatisasi lingkungan dilakukan selama 3-7 hari untuk membuat ikan nila terbiasa dengan kondisi media pemeliharaan dan pakan yang diberikan. Proses aklimatisasi dilakukan dengan memasukkan ikan ke dalam wadah pemeliharaan dan dibiarkan dahulu selama satu hari tidak diberi pakan. Pemberian pakan dilakukan hari selanjutnya sampai hari ke-3 dan dilanjutkan dengan proses seleksi yang disesuaikan kebutuhan penelitian.

Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan. Komposisi keempat perlakuan, yaitu:

Perlakuan A = Tanpa sistem akuaponik/kontrol

Perlakuan B = Sistem akuaponik menggunakan tanaman pakchoi

Perlakuan C = Sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air

Perlakuan D = Sistem akuaponik menggunakan tanaman caisim

Dasar penggunaan tanaman pakchoi, kangkung air, dan caisim yaitu adaptasi dari penelitian Effendi *et al.* (2015), yang menggunakan tanaman kangkung dan pakchoi. Fitoremediasi terbaik dihasilkan oleh filter menggunakan tanaman kangkung. Penelitian lain yang menunjang yaitu penelitian yang dilakukan oleh Samsundari dan Ganjar (2013) menggunakan tanaman air selada (*Lactuca sativa*) dan sawi (*Brassica juncea*). Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa kedua tanaman tersebut memberi pengaruh pada kualitas media budidaya. Penyusunan perlakuan diawali dengan perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) sebagai kontrol, sistem akuaponik menggunakan tanaman pakchoi (B), sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C), dan

sistem akuaponik menggunakan tanaman caisim (D).

Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan meliputi data kualitas air (suhu, DO, pH air, dan amonia) ikan nila, laju pertumbuhan relatif/RGR, rasio konversi pakan/FCR, pertumbuhan tanaman, dan kelulushidupan/SR.

1. Kualitas air

Variabel yang diukur adalah suhu, DO, pH air, dan amonia. Kualitas air pada parameter suhu diukur setiap hari pada pukul 08.00 WIB dan 16.00 WIB menggunakan termometer. Sedangkan untuk parameter pH dan DO diukur setiap satu minggu sekali menggunakan pH *paper* dan WQC. Pengukuran pertama variabel amonia dilakukan pada satu minggu setelah sistem berjalan dan pengukuran selanjutnya pada tengah serta akhir masa pemeliharaan. Periode pengambilan data kualitas air pada penelitian ini serupa dengan studi yang dilakukan oleh Anjani *et al.*, (2017).

2. Volumetric TAN removal/VTR

Nilai VTR digunakan sebagai indikator guna mengevaluasi kinerja filter selama masa pemeliharaan. Pengukuran VTR amonia pada penelitian ini dilakukan dalam 3 periode yaitu pada awal, tengah, dan akhir masa pemeliharaan. Variabel ini diukur melalui pengujian pada laboratorium dengan air sampel dari masing-masing perlakuan serta ulangan dari *inlet* menuju *outlet* kanal. Kir (2009); Kumar *et al.* (2010); dan Harwanto *et al.* (2011), dalam studinya menggunakan rumus VTR sebagai berikut:

$$VTR \text{ (g/m}^3\text{/hari)} = 1.44 \times (TAN_{in} - TAN_{out}) \times Q \times V^{-1}$$

Dimana:

Q = laju aliran melalui filter (m³/hari)

KC = faktor konversi satuan 1,44

TAN_{in} = konsentrasi total amonia inlet (mg/l)

TAN_{out} = konsentrasi total amonia outlet (mg/l)

V = volume kanal (m³)

3. Laju pertumbuhan relatif/RGR

Nilai RGR dihitung berdasarkan pertambahan ukuran bobot ikan nila selama 30 hari masa pemeliharaan. Bobot ikan diukur pada minggu pertama setelah sistem berjalan sebagai data awal bobot dan minggu terakhir masa pemeliharaan sebagai data akhir bobot. Nilai RGR pada ikan nila dalam penelitian ini dihitung menggunakan rumus yang juga digunakan pada studi Zonneveld *et al.* (1991), Fontaine *et al.* (1997), dan Pinandoyo *et al.* (2019), yaitu:

$$RGR = \frac{Wt - Wo}{Wo \times t} \times 100\%$$

Dimana:

RGR = *Relative growth rate* (%/hari)

Wo = Bobot rata-rata ikan pada saat awal (g)

Wt = Bobot rata-rata ikan pada saat akhir (g)

t = Lama perlakuan (hari)

4. Rasio konversi pakan/FCR

Pakan diberikan secara *ad satiation* untuk masing-masing perlakuan dan ulangan. Nilai FCR pada ikan nila dalam penelitian ini dihitung menggunakan rumus yang juga digunakan pada studi Agustin *et al.* (2014), Rachmawati dan Istiyanto (2014), dan Rozi *et al.* (2018), yaitu:

$$FCR = \frac{F}{(Wt + D) - W0}$$

Dimana:

FCR = *Feed conversion ratio*

F = Jumlah pakan yang termakan selama masa pemeliharaan (g)

W_t = Biomassa ikan uji akhir masa penelitian (g)

D = Jumlah bobot ikan uji yang mati (g)

W₀ = Biomassa ikan uji pada awal pemeliharaan (g)

5. Pertumbuhan tanaman

Pertumbuhan tanaman diukur pada variabel panjang mutlak dengan rumus yang digunakan pada studi Nugroho *et al.*, (2012) dan Rini *et al.* (2018), yaitu:

$$L = Lt - Lo$$

Dimana:

L = Panjang mutlak (cm)

L_t = Panjang tanaman pada akhir masa penelitian (cm)

L_0 = Panjang tanaman pada awal pemeliharaan (cm)

6. Kelulushidupan/SR

Nilai SR pada ikan nila dalam penelitian ini dihitung menggunakan rumus yang dituliskan Effendie (1997) pada bukunya, yaitu:

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Dimana:

SR = Survival rate (%)

N_t = Jumlah ikan yang hidup pada akhir pemeliharaan (ekor)

N_0 = Jumlah ikan yang hidup pada awal pemeliharaan (ekor)

Analisis Data

Analisis data statistik yang dilakukan meliputi nilai VTR, RGR, FCR, dan SR yang didapatkan, kemudian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) selang kepercayaan 95% untuk melihat pengaruh perlakuan. Sebelum dianalisis sidik ragamnya, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas, uji homogenitas, dan uji additivitas. Analisis data dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel 2013*. Uji normalitas, uji homogenitas, dan uji additivitas dilakukan untuk memastikan data menyebar secara normal, homogen, dan bersifat aditif. Data dianalisis ragam (uji F) pada taraf kepercayaan 95%. Apabila dalam analisis ragam diperoleh beda nyata ($P < 0,05$), maka dilakukan uji wilayah ganda Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Data kualitas air dan pertumbuhan dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan nilai kelayakan kualitas air pada budidaya ikan nila.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

1. Kualitas air

Kualitas air yang menjadi variabel pada penelitian kali ini adalah suhu, DO, pH, dan amonia. Pengukuran dilakukan setiap hari untuk parameter suhu dan satu minggu sekali untuk parameter DO, dan pH. Pengukuran ketiga parameter tersebut dilakukan secara langsung di lokasi penelitian. Kisaran hasil pengukuran untuk ketiga parameter tersebut disajikan pada Tabel 1. sebagai berikut:

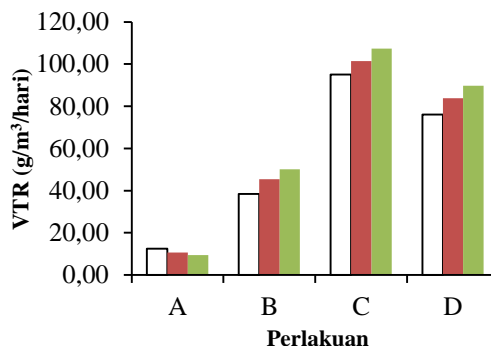
Tabel 1. Kualitas Air Media Budidaya Ikan Nila selama 30 Hari

Perlakuan	Suhu (°C)		DO (mg/l)	pH	Amonia (mg/l)	
	Pagi	Sore			Inlet	Outlet
A	24,5 - 26,0	26,0 - 27,5	4,07 - 5,87	7	1,487 - 1,503	1,483 - 1,495
B	24,5 - 26,5	26,0 - 27,5	5,11 - 5,96	7	0,483 - 0,511	0,452 - 0,491
C	24,5 - 25,0	26,0 - 28,0	5,24 - 5,99	7	0,513 - 0,569	0,450 - 0,513
D	24,5 - 26,0	25,5 - 28,1	5,13 - 6,01	7	0,463 - 0,506	0,413 - 0,464
Referensi	27,0 - 30,0*		4,4 - 7,5**	7 - 8***	<1,000****	

Keterangan: *El-Sayed dan Mamdough, (2008); **Prakoso dan Young, (2018); ***Reboucas *et al.*, (2016); ****DeLong *et al.*, (2009).

2. Volumetric TAN Removal/VTR amonia

Data untuk nilai VTR tersebut disajikan pada Gambar 1. sebagai berikut:



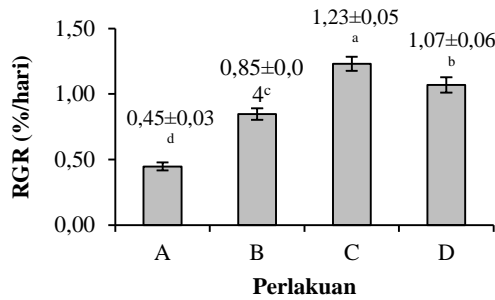
Gambar 1. Nilai VTR Amonia selama 30 Hari dalam 3x Uji

Keterangan:

□ Uji I	■ Uji II	■ Uji III		
A □ $12,39 \pm 5,31^d$	B □ $38,34 \pm 2,70^c$	C □ $94,97 \pm 6,21^a$	D □ $76,09 \pm 4,68^b$	
■ $10,62 \pm 3,54^d$	■ $45,42 \pm 4,45^c$	■ $101,46 \pm 11,78^a$	■ $83,76 \pm 5,69^b$	
■ $9,44 \pm 4,09^d$	■ $50,14 \pm 5,41^c$	■ $107,36 \pm 12,05^a$	■ $89,66 \pm 6,70^b$	

3. Laju pertumbuhan relatif/RGR

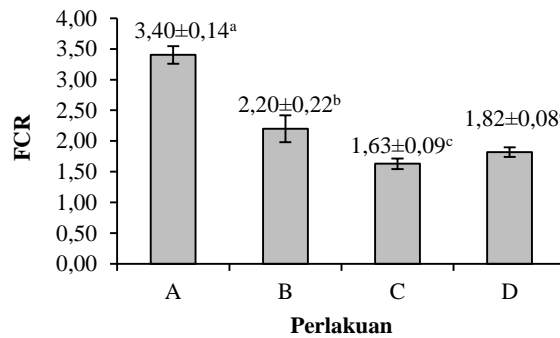
Nilai RGR ikan nila selama 30 hari masa penelitian tersaji pada Gambar 2. sebagai berikut:



Gambar 2. Laju Pertumbuhan Relatif/RGR Ikan Nila selama 30 Hari

4. Rasio konversi pakan/FCR

Nilai FCR ikan nila selama 30 hari masa penelitian tersaji pada Gambar 3. sebagai berikut:



Gambar 3. Rasio Konversi Pakan/FCR Ikan Nila selama 30 Hari

5. Pertumbuhan tanaman

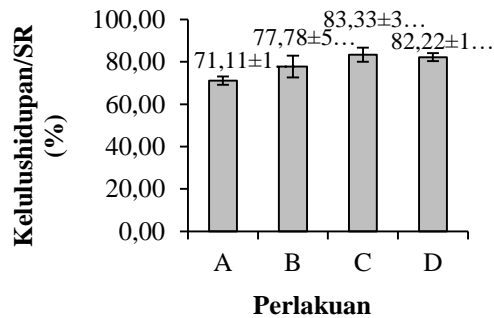
Data pertumbuhan panjang mutlak tanaman selama 30 hari masa penelitian tersaji pada Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Pertumbuhan Panjang Mutlak Tanaman selama 30 Hari

Ulangan	Perlakuan			
	A	B	C	D
1	0,00	12,50	24,88	16,00
2	0,00	12,63	26,75	16,50
3	0,00	11,75	27,63	17,40
Σx	0,00	36,88	79,26	49,90
Rerata±SD	0,00	12,29±0,48	26,42±1,40	16,63±0,71

6. Kelulushidupan/SR

Nilai SR ikan nila selama 30 hari masa penelitian tersaji pada Gambar 4. sebagai berikut:



Gambar 4. Kelulushidupan/SR Ikan Nila selama 30 Hari

PEMBAHASAN

1. Kualitas air

Pengukuran parameter suhu, DO, dan pH dilakukan secara langsung di lokasi penelitian, sedangkan pengukuran ammonia dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Hasil yang didapatkan kemudian disajikan menggunakan nilai kisaran pada Tabel 1. Suhu pada penelitian ini berkisar antara 24,5 – 28,5°C. Batas minimum suhu pada 24,5°C lebih rendah dibandingkan kisaran nilai suhu optimal untuk pertumbuhan ikan nila pada El-Sayed dan Mamdough (2008), yaitu 27,0 – 30,0°C; yang mana berdasarkan hasil studi Mizanur *et al.* (2014), suhu yang lebih rendah dan lebih tinggi dari suhu air optimum memengaruhi pertumbuhan, kelulushidupan dan efisiensi pakan ikan nila secara signifikan. Pengaruh tersebut berkaitan dengan metabolisme ikan nila sebagai respon dari fluktuasi suhu dengan peningkatan aktivitas enzim jaringan. Aktivitas tersebut memberi pengaruh pada tingkat kelulushidupan ikan nila di mana tingkat kelulushidupannya akan lebih rendah apabila pemeliharaan dilakukan pada kisaran nilai suhu kurang/lebih dari suhu optimal yang dibutuhkan ikan nila. Sedangkan untuk variabel DO didapatkan nilai 4,07 mg/l, nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan batas minimum DO yang optimal bagi pertumbuhan ikan nila menurut referensi yang digunakan pada penelitian ini. Filter pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) hanya mengandalkan kemampuan filter fisik sehingga produk buangan yang terlarut dalam media budidaya tidak tersaring dan masuk kembali pada wadah pemeliharaan. Media budidaya tersebut kembali digunakan yang mana aktivitas fisiologi ikan akan terus berjalan dan berdampak pada akumulasi produk buangan terlarut yang semakin jenuh. Kondisi tersebut memengaruhi rendahnya nilai DO pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) dibandingkan dengan ketiga perlakuan lain (B, C, D). Sedangkan untuk nilai pH didapatkan nilai 7 pada keseluruhan perlakuan serta ulangan dan sesuai dengan referensi yang digunakan pada penelitian ini.

2. Volumetric TAN Removal/VTR amonia

Nilai VTR amonia tertinggi pada penelitian ini didapatkan pada perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C). Nilai tersebut berbeda nyata dengan ketiga perlakuan lain (A, B, D). Hasil tersebut sesuai dengan beberapa studi yang dilakukan mengenai fitoremediasi oleh tanaman kangkung air. Kemampuan fitoremediasi diduga terkait dengan morfologi tanaman kangkung di mana tanaman kangkung memiliki batang berongga yang panjang dan bercabang sehingga penyimpanan produk buangan terlarut yang telah diserap oleh akar dapat tertampung secara maksimal dibandingkan dengan kedua perlakuan lain (B, D) dengan morfologi tanaman yang berbeda (Hu *et al.* 2008; Vimal *et al.* 2015; Chanu dan Abhik, 2016). Produk buangan terlarut tersebut kemudian dialokasikan oleh akar menuju batang dan daun guna memenuhi kebutuhan fotosintesis dan pertumbuhan bunga pada tanaman kangkung air (Jampeetong *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2014).

Nilai amonia pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) menjadi nilai amonia tertinggi yang diduga berkaitan dengan kemampuan filter fisik (Nelson dan John, 2007). Tidak adanya filtrasi lanjutan pada perlakuan tersebut berdampak pada penumpukan produk buangan terlarut. Selain itu, tidak adanya tambahan filter yang digunakan juga memengaruhi luas permukaan yang tersedia untuk menjadi *host* bakteri nitrifikasi (Hu *et al.* 2015; Zou *et al.* 2016; Wongkiew *et al.*, 2017). Nilai selanjutnya terdapat pada perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C). Nilai yang didapat pada perlakuan tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan nilai amonia pada dua perlakuan lain (B, D) yang juga menggunakan sistem akuaponik. Hasil tersebut diduga berkaitan dengan

kemampuan sistem akuaponik tanaman kangkung air untuk meningkatkan nilai VTR amonia guna menyediakan media budidaya yang optimal bagi ikan nila, sehingga berpengaruh pada jumlah individu hidup selama masa pemeliharaan, di mana nilai SR pada perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C) lebih tinggi dibandingkan dengan kedua perlakuan lain (B, D). Studi Effendie *et al.* (2015), menghasilkan reduksi amonia mencapai 84,6% pada tanaman kangkung dengan perbedaan persentase SR sebesar 5%. Hasil tersebut mendukung hasil penelitian ini bahwa kangkung air mampu menyediakan lingkungan media budidaya yang optimal melalui kemampuan fitoremediasi yang dimiliki. Jumlah individu tersebut selanjutnya memengaruhi total konsumsi pakan menjadi lebih tinggi yang secara langsung meningkatkan produk buangan hasil metabolisme tubuh dan berdampak pada peningkatan nilai amonia.

3. Laju pertumbuhan relatif/RGR

Nilai RGR perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C) yang menjadi nilai tertinggi berbanding lurus dengan hasil variabel lain seperti VTR amonia, FCR, dan SR ikan uji. Nilai VTR amonia pada perlakuan yang menggunakan sistem akuaponik (B, C, D) mendapat hasil yang lebih tinggi dibanding nilai VTR amonia pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A). Pengelolaan media budidaya dalam penelitian ini diatur berbeda; hanya filter mekanik pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) dan kombinasi filter mekanik + biologi pada tiga perlakuan lainnya (B, C, D). Hal ini diduga memengaruhi efisiensi filter perlakuan tanpa sistem akuaponik (A), berkaitan dengan susunan optimal sistem akuaponik yang mencakup wadah pemeliharaan ikan, filter mekanik, biofilter, dan sistem akuaponik (Rakocy, 1999; Harmon, 2005). Penambahan biofilter pada ketiga perlakuan (B, C, D) mengaktifkan proses nitrifikasi, yaitu pemanfaatan bakteri nitrifikasi autotrof untuk mengoksidasi ammonium (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-) yang kemudian diubah menjadi nitrat (NO_3^-) (Harmon, 2005; Ebeling *et al.*, 2006; Wongkiew *et al.*, 2017).

Nilai VTR amonia yang lebih tinggi pada ketiga perlakuan yang menggunakan sistem akuaponik (B, C, D) diduga memengaruhi kondisi lingkungan media budidaya, yang mana reduksi TAN dalam jumlah yang lebih besar diduga mampu menghasilkan lingkungan media budidaya pada kondisi yang lebih maksimal untuk pertumbuhan ikan uji. Variabel lain yang diduga turut memengaruhi hasil RGR paling rendah pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) adalah rendahnya nilai DO pada perlakuan ini. Tingkat pencernaan pakan pada ikan uji mengalami penurunan seiring dengan turunnya nafsu makan pada kondisi DO yang rendah (Wang *et al.*, 2009; Tran-Duy *et al.*, 2012; Abdel-Tawwab *et al.*, 2014; Makori *et al.*, 2017; Nyanti *et al.*, 2018). Ikan dapat berhenti mengonsumsi pakan selama berada dalam kondisi hipoksia, diduga karena pencernaan pakan sangat membutuhkan energi (Dam dan Pauly, 1995; Tran-Duy 2008; Tran-Duy 2012; Abdel-Tawwab *et al.*, 2014). Pada kondisi hipoksia, ikan akan memanfaatkan beberapa mekanisme fisiologi sekaligus untuk mengimbangi penurunan penyerapan oksigen (Lomholt dan Johansen, 1979; Soivio *et al.*, 1980). Studi tersebut mendukung hasil RGR perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) menjadi nilai terendah, sebab diduga lebih banyak energi dari pakan dimanfaatkan ikan uji untuk beradaptasi dengan lingkungan media budidaya dibanding untuk pertumbuhan.

4. Rasio konversi pakan/FCR

Nilai FCR dengan angka 3,40 pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) menjadi nilai tertinggi pada penelitian ini. Berkaitan dengan hasil tersebut, tingginya nilai FCR yang didapat pada perlakuan ini (A) dapat dikaitkan dengan hasil RGR ikan uji, yang mana hubungan antara konsumsi pakan dan pertumbuhan adalah saling terkait (Tran-Duy *et al.*, 2012; Kaya dan Murat, 2015; Ali *et al.*, 2016; Daudpota *et al.*, 2016; Alemayehu dan Ababe, 2017). Sama halnya dengan faktor yang diduga memengaruhi nilai pertumbuhan, tingginya nilai FCR pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) diduga dipengaruhi kondisi lingkungan media budidayanya, ditilik dari data pengukuran DO dan nilai VTR amonia pada perlakuan ini.

Nilai FCR perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C) yaitu 1,63 menjadi nilai FCR terendah pada penelitian ini. Pendugaan terhadap faktor-faktor yang memengaruhi didapatkannya nilai FCR pada angka tersebut masih sama dengan pembahasan nilai FCR dua perlakuan sebelumnya (A, B). Terkait dengan rasio pakan yang diberikan terhadap ikan uji berdasar pada dua nilai di atas, peninjauan selanjutnya dapat dilihat dari hasil VTR amonia, RGR, dan SR ikan uji, terkait nutrisi pada pakan yang dimanfaatkan ikan uji untuk pertumbuhan sel dan energi untuk asimilasi (pertumbuhan otot ikan), energi bebas untuk metabolisme dan kehilangan panas (Lekang, 2007; Wongkiew *et al.*, 2017). Pada nilai FCR yang sama, ikan uji dari dua perlakuan ini (C, D) memiliki nilai RGR yang berbeda dan nilai SR yang sama. Perbedaan nilai RGR ini diduga dipengaruhi oleh hasil VTR amonia terkait kondisi lingkungan media budidaya yang menerima efek dari VTR amonia tersebut, di mana pada perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C) reduksi TAN dicapai dalam jumlah yang lebih besar dibanding perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman caisim (D). Kondisi ini diduga memengaruhi perbedaan RGR kedua perlakuan tersebut (C, D), di mana pada kondisi lingkungan media budidaya yang berbeda, dengan FCR yang sama, ikan uji pada perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman caisim (D) diduga memanfaatkan protein dari pakan dalam jumlah yang lebih besar untuk beradaptasi dengan

lingkungan sehingga energi yang digunakan untuk pertumbuhan menjadi lebih sedikit (Guroy *et al.*, 2006; Subramanian 2013; Sun *et al.*, 2016; Folorunso *et al.*, 2017), dari perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C).

5. Pertumbuhan tanaman

Pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan berdasarkan tinggi tanaman (ujung akar sampai dengan ujung daun tertinggi). Pertumbuhan tertinggi pada penelitian ini dicapai oleh tanaman kangkung air dengan nilai 26,42 cm. Pertumbuhan selanjutnya dicapai oleh tanaman caisim dan pakchoi dengan masing-masing pertumbuhan sepanjang 16,63 cm dan 12,29 cm. Berkaitan dengan morfologi dari masing-masing tanaman yang digunakan, di mana kangkung air memiliki morfologi batang berongga, panjang, dan bercabang, sehingga memiliki lebih banyak ruang penyimpanan untuk nutrisi yang diserap oleh akar sebelum didistribusikan menuju daun dan dimanfaatkan untuk proses fotosintesis. Nutrien dalam jumlah yang lebih banyak akan dimanfaatkan secara optimal untuk proses pertumbuhan tanaman. Selain itu, tata letak sistem akuaponik pada penelitian ini tidak menempatkan seluruh kanal pada posisi terpapar sinar matahari. Perbedaan intensitas cahaya yang diterima masing-masing tanaman diduga turut memengaruhi pertumbuhan tanaman berkaitan dengan kegiatan fotosintesis yang membutuhkan cahaya matahari. Selain itu pada saat penelitian dilaksanakan, sering terjadi hujan sehingga intensitas cahaya matahari yang tidak mengekspos seluruh kanal semakin berkurang bagi kanal-kanal dengan posisi tidak terpapar sinar matahari. Ketersediaan nutrisi dalam produk buangan terlarut yang diserap oleh tanaman juga tergantung pada parameter lain, seperti: FCR dan SR, di mana SR berbanding lurus dengan total konsumsi pakan dan produk buangan yang dihasilkan. SR pada ketiga perlakuan (B, C, D) yang menggunakan sistem akuaponik ini tidak berbeda nyata akan tetapi nilai FCR memiliki perbedaan nyata, sehingga total konsumsi pakan dan produk buangan yang dihasilkan tetap berbeda yang mana pada penelitian kali ini nilai FCR terendah terdapat pada perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C).

6. Kelulushidupan/SR

Nilai SR tertinggi pada penelitian ini dicapai oleh tiga perlakuan (B, C, D) dengan masing-masing nilai 77,78%, 83,33%, dan 82,22%, sedangkan nilai terendah yaitu 71,11% terdapat pada perlakuan tanpa sistem akuaponik (A). Rendahnya nilai SR perlakuan A berbanding lurus dengan hasil variabel VTR amonia, RGR, dan FCR ikan uji pada perlakuan ini. Sama halnya dengan variabel yang diduga memengaruhi rendahnya nilai RGR dan tingginya FCR perlakuan ini (A), rendahnya VTR amonia perlakuan tanpa sistem akuaponik (A) diduga turut memengaruhi hasil variabel SR.

Ketiga perlakuan lainnya (B, C, D), memiliki nilai SR yang sama, dengan hasil variabel lain yang berbeda. Variabel VTR amonia dan RGR menunjukkan hasil tertinggi pada perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C), lalu perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman caisim (D), kemudian perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman pakchoi (B). Sedangkan nilai FCR justru sebaliknya, dengan nilai terendah ada pada perlakuan: sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C) dan tanaman caisim (D). Berkaitan dengan perbedaan hasil variabel di atas, didapatkannya nilai SR yang sama diduga berkaitan dengan kemampuan ikan uji dalam menoleransi kondisi lingkungan media budidaya ketiga perlakuan tersebut, didukung dengan perbedaan data kualitas air dari ketiga perlakuan (B, C, D). Setiadi *et al.* (2018), melaporkan hasil studinya bahwa pada kondisi media budidaya dengan kandungan DO dan TAN yang berbeda antar perlakuan, nilai SR dari masing-masing perlakuan tersebut adalah sama. Studi yang dilakukan oleh Nyanti *et al.* (2018), melaporkan bahwa ikan nila memiliki toleransi yang lebih tinggi dari ikan tenggadak terhadap kondisi lingkungan media budidaya, dibuktikan dari nilai SGR, FCR, dan SR di akhir studi. Pada suhu 24°C, di bawah rentang suhu optimal ikan nila 27,0 – 30,0°C (El-Sayed dan Mamdough, 2008), nilai SR, SGR, FCR ikan nila mencapai 88,3%; 3,67%/hari; 1,46, sedangkan ikan tenggadak yaitu 75%; 2,71%/hari; dan 2,51. dengan SGR 3,67%/hari. Kuantitas mortalitas yang lebih besar terjadi pada satu minggu awal setelah sistem berjalan. Kondisi ini diduga karena efisiensi filter belum optimal. Hal ini terkait dengan proses pertumbuhan bakteri nitrifikasi yang diduga belum cukup secara kuantitas untuk memberikan hasil reduksi TAN secara signifikan (FAO, 2015; Frincu dan Corina, 2016; Wielgosz *et al.*, 2017).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan jenis tanaman yang berbeda pada sistem budidaya akuaponik berbasis RAS memberi pengaruh terhadap performa kualitas air, pertumbuhan, dan kelulushidupan ikan nila (*Oreochromis niloticus*);
2. Performa kualitas air terbaik dengan nilai VTR amonia sebesar 94,97 g/m³/hari, 101,4 g/m³/hari, 107,36 g/m³/hari dihasilkan oleh perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C), diikuti RGR dengan nilai 1,23 %/hari, dan pertumbuhan tanaman sebesar 26,42 cm. Nilai FCR terbaik didapat pada

perlakuan sistem akuaponik menggunakan kangkung air (C) dengan nilai 1,63. Sedangkan untuk presentase SR sebesar 83,33% dicapai oleh perlakuan sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung air (C).

Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Sebaiknya perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam skala yang lebih besar;
2. Sebaiknya perlu dilakukan penambahan frekuensi pengujian kualitas air sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih detail.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Balai Benih Ikan Kebowan, Jawa Tengah yang telah menyediakan tempat untuk melaksanakannya penelitian. ~~Orang tua yang telah memberikan dukungan secara finansial~~ dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Tawwab, M., A.E. Hagra, H.A.M. Elbaghdady, dan M.N. Monier. 2014. Dissolved Oxygen Level and Stocking Density Effects on Growth, Feed Utilization, Physiology, and Innate Immunity of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of Applied Aquaculture. 26: 340-355.
- Agustin, R., A.D Susanti, dan Yulisman. 2014. Konversi Pakan, Laju Pertumbuhan, Kelangsungan Hidup dan Populasi Bakteri Benih Ikan Gabus (*Channa striata*) yang Diberi Pakan dengan Penambahan Probiotik. Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia. 2(1): 55-66.
- Alemayehu, T.A. dan A. Getahun. 2017. Effect of Feeding Frequency on Growth Performance and Survival of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L. 1758) in a Cage Culture System in Lake Hora-Arsedi, Ethiopia. Journal of Aquaculture Research and Development. 8(4): 1-5.
- Ali, T.E.S., S. Matinez-Liorens, A.V. Monino, M.J. Cerda, dan A. Tomas-Vidal. 2016. Effects of Weekly Feeding Frequency and Previous ration Restriction on The Compensatory Growth and Body Composition of Nile Tilapia Fingerlings. Egyptian Journal of Aquatic Research. 42: 357-363.
- Anjani, P.T., R. Kusdarwati, dan Sudarno. 2017. Pengaruh Teknologi Akuaponik dengan Media Tanam Selada (*Lactuca sativa*) yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Belut (*Monopterus albus*). Journal of Aquaculture and Fish Health. 6(2): 67-73.
- Chanu, L.B. dan A. Gupta. 2016. Phytoremediation of Lead using *Ipomoea aquatica* Forsk. in Hydroponic Solution. Chemosphere. 156: 407-411.
- Dam, A.A.V. dan D. Pauly. 1995. Simulation of The Effects of Oxygen on Food Consumption and Growth of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Research. 26: 427-440.
- Daudpota, A.M., G. Abbas, I.B. Kalhor, S.S.A., Shah, H. Kalhor, M. Hafeez-ur-Rahman, dan A. Ghaffar. 2016. Effects of Feeding Frequency on Growth Performance, Feed Utilization and Body Composition of Juvenile Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) Reared in Low Salinity Water. Pakistan Journal of Zoology. 48(10): 171-177.
- Delong, D.P., T. M. Losordo, and J. E. Rakocy. 2009. Tank Culture of Tilapia. SRAC Publication 282: 1-8.
- Ebeling, J.M., M.B. Timmons, dan J.J. Bisogni. 2006. Engineering Analysis of the Stoichiometry of Photoautotrophic, Autotrophic, and Heterotrophic Removal of Ammonia-Nitrogen in Aquaculture Systems. Aquaculture. 257: 346-358.
- Effendi, H., B.A. Utomo, G.M. Darmawangsa, dan R.E. Karo-Karo. 2015. Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp.) dengan Kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) dalam Sistem Resirkulasi. Ecolab. 9(2): 47-104.
- Effendie, M.I. 1997. Biologi Perikanan. Cetakan Pertama. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- El-Sayed, A. dan M. Kawanna. 2008. Optimum Water Temperature Boosts The Growth Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fry Reared in a Recycling System. Aquaculture Research. 39: 670-672
- Folorunso, L.A., B.O. Emikpe, A.E. Falaye, A.B. Dauda, dan E.K. Ajani. 2017. Evaluating Feed Intake of Fishes in Aquaculture Nutrition Experiments with Due Consideration of Mortality and Fish Survival. Journal of Northeast Agricultural University. 24(2): 45-50.
- Fontaine, P., J.N. Gardeur, P. Kestemont, dan A. Georges. 1997. Influence of Feeding Level on Growth, Intraspecific Weight Variability and Sexual Growth Dimorphism of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. Reared in a Recirculation System. Aquaculture. 157(1-2): 1-9.
- Food and Agriculture Organization/FAO of the United Nations. 2014. Small-scale Aquaponic Food Production. Integrated Fish and Planting Farming. FAO Technical Paper 589.
- Food and Agriculture Organization/FAO of the United Nations. 2017. New Market for Tilapia. Globefish.

- Information and Analysis on World Fish Trade.
- Frincu, M. dan C. Dumitrache. 2016. Study Regarding Nitrification in Experimental Aquaponic System. *Journal of Young Scientist*. 4: 27-32.
- Gullian-Klanian, M. dan C. Aramburu-Adame. 2013. Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fingerlings in a Hyper-Intensive Recirculating Aquaculture System with Low Water Exchange. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 41(1): 150-162.
- Guroy, D., E. Deveciler, B.K. Guroy, dan A.A. Tekinay. 2006. Influence of Feeding Frequency on Feed Intake, Growth Performance and Nutrient Utilization in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Fed Pelleted or Extruded Diets. *Turkish Journal of Veteriner and Animal Sciences*. 30: 171-177.
- Harmon, T.S. 2005. The Role of "Aquaponics" in Recirculating Aquaculture Systems. *International Journal of Recirculating Aquaculture*. 6: 13-22.
- Harwanto, D., S.Y. Oh, H.S. Park and J.Y. Jo. 2011. Performance of Three Different Biofilter Media in Laboratory-Scale Recirculating Systems for Red Seabream *Pagrus major* Culture. *Fish Aquatic Science*. 14(4): 371-378.
- Hu, M.H., Y.S. Ao, X.E. Yang, dan T.Q. Li. 2008. Treating Eutrophic Water for Nutrient Reduction Using an Aquatic Macrophyte (*Ipomoea aquatica* Forsskal) in a Deep Flow Technique System. *Agricultural Water Management*. 95: 607-715.
- Hu, Z., J.W. Lee, K. Chandran, S. Kim, A.C. Brotto, dan S.K. Khanal. 2015. Effect of Plant Species on Nitrogen Recovery in Aquaponics. *Bioresources Technology*. 188: 92-98.
- Jampeetong, A., H. Brix, dan S. Kantawanichkul. 2012. Effects of Inorganic Nitrogen Forms on Growth, Morphology, Nitrogen Uptake Capacity and Nutrient Allocation of Four Tropical Aquatic Macrophytes (*Salvinia culcullata*, *Ipomoea aquatica*, *Cyperus involucratus* and *Vetiveria zizanoides*). *Aquatic Botany*. 97: 10-16.
- Kaya, G. K. dan M. Bilguven. 2015. The Effects of Feeding Frequency on Growth Performance and Proximate Composition of Young Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*. 29(1): 11-18.
- Kir, M. 2009. Nitrification Performance of a Submerged Biofilter in a Laboratory Scale Size of the Recirculating Shrimp System. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 9(1): 209-214.
- Kumar, V. J. R., V. Joseph, R. Philip dan I. S. B. Singh. 2010. Nitrification in Brackish Water Recirculating Aquaculture System Integrated with Activated Packed Bed Bioreactor. *Water Science and Technology*. 61(3): 797-805.
- Lekang, Odd-Ivar. 2007. *Aquaculture Engineering*. Black Publishing: United Kingdom.
- Lomholt, J.P. dan K. Johansen. 1979. Hypoxia Acclimation in Carp-How it Affects O₂ Uptake, Ventilation, and O₂ Extraction from Water. *Physiological Zoology*. 52(1): 38-49.
- Makori, A.J., P.O. Abuom, R. Kapiyo, D.N. Anyona, dan G.O. Dida. 2017. Effects of Water Physico-Chemicals Parameters on Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Growth in Earthen Ponds in Teso North Sub-County, Busia County. *Fisheries and Aquatic Sciences*. 20(30): 1-10.
- Mizanur, R.M., H. Yun, M. Moniruzzaman, F. Ferreira, K. Kim, dan S.C. Bai. 2014. Effects of Feeding Rate and Water Temperature on Growth and Body Composition of Juvenile Korean Rockfish, *Secastes schlegeli* (Hilgendorf 1880). *Asian Australas Journal Animal Sciences*. 27(5): 690-699.
- Nazlia, S. dan Zulfiadi. 2018. Pengaruh Tanaman Berbeda pada Sistem Akuaponik terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Lele (*Clarias* sp.). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 5(1): 14-18
- Nelson, R.L. dan J.S. Pade. 2007. Aquaponic Equipment the Clarifier. *Aquaponics Journal*. Issues: 47.
- Nugroho, R.A., L.T. Pambudi, D. Chilmawati, dan A.H.C Haditomo. 2012. Aplikasi Teknologi Aquaponic pada Budidaya Ikan Air Tawar untuk Optimalisasi Kapasitas Produksi. *Jurnal Saintek Perikanan*. 8(1): 46-51.
- Nyanti, L., C. Soo, N. Ahmad-Tarmizi, N. Abu-Rashid, T. Ling, S. Sim, J. Grinang, T. Ganyai, K. Lee. 2018. Effects of Water Temperature, Dissolved Oxygen and Total Suspended Solids on Juvenile *Barbonymus schawanefeldii* (Bleeker, 1854) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Bioflux*. 11(2): 394-406.
- Pinandoyo, J. Hutabarat, Darmanto, O.K. Radjasa, dan V.E. Herawati. 2019. Growth and Nutrient Value of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed with Lemna minor Meal Based on Different Fermentation Time. *AACL Bioflux*. 12(1): 191-200.
- Prakoso, V. A. dan Y. J. Chang. 2018. Pengaruh Hipoksia terhadap Konsumsi Oksigen pada Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 3(2): 165-171.
- Rachmawati, D. dan I. Samidjan. 2014. Penambahan Fitase dalam Pakan Buatan sebagai Upaya Peningkatan Kecernaan, Laju Pertumbuhan Spesifik dan Kelulushidupan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*).

- Jurnal Saintek Perikanan. 10(1): 48-55.
- Rakocy, J.E. 1999. Aquaculture Engineering: The Status of Aquaponic Part 1. Aquaculture. 25: 83-87.
- Reboucas, V. T., F.R.D.S Limas, D.D.H. Cavalcante, dan M.V.D.C.E. Sa. 2016. Reassessment of The Suitable Range of Water pH for Culture of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L. in Eutrophic Water. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 38(4): 361-368.
- Rini, D.S., H. Hasan, dan E. Prasetyo. 2018. Sistem Akuaponik dengan Jenis Tumbuhan yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Tengadak (*Barbonymus swanenfeldii*). Jurnal Ruaya. 6(2): 14-20.
- Rozi, A.T. Mukti, S.H. Samara, dan M.B. Santanumurti. 2018. Pengaruh Pemberian KITOSAN dalam Pakan terhadap Pertumbuhan, Sintasan, dan Efisiensi Pemanfaatan Pakan Nila (*Oreochromis niloticus*). Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada. 20(2): 103-111.
- Samsundari, S. dan G.A. Wirawan. 2013. Analisis Penerapan Biofilter dalam Sistem Resirkulasi terhadap Mutu Kualitas Air Budidaya Ikan Sidat (*Anguilla bicolor*). Jurnal Gamma. 8(2): 86-97.
- Setiadi, E., Y.R. Widyastuti, dan T.H. Prihadi. 2018. Water Quality, Survival, and Growth of red Tilapia, *Oreochromis niloticus* Cultured in Aquaponics System. SciFiMaS. E3S Web of Conferences 47, 02006. hal: 1-8.
- Setijaningsih, L. dan C. Umar. 2015. Pengaruh Lama Retensi Air terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Budidaya Sistem Akuaponik dengan Tanaman Kangkung (*Ipomoea reptans*). Berita Biologi. 14(3): 267-275.
- Setijaningsih, L. dan L.H. Suryaningrum. 2015. Pemanfaatan Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias batrachus*) untuk Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Sistem Resirkulasi. Berita Biologi. 14(3): 287-293.
- Siantara, A.P., L. Limantara, dan L. Dewi, dan E. Widawati. 2017. Analisis Kelayakan Budidaya Ikan Nila dengan Sistem Akuaponik dan Pakan Buatan di Dusun Ponggang, Jawa Barat. Jurnal Metris. 18: 29-36.
- Soivio, A., M. Nikinmaa, dan K. Westman. 1980. The Blood Oxygen Binding Properties of Hypoxic *Salmo gairdneri*. Journal of Comparative Physiology. 136: 83-87.
- Subramanian, Saravanan. 2013. Feed Intake and Oxygen Consumption in Fish. [THESIS]. Wageningen University. Netherlands.
- Sun, M., S.G. Hassan, dan D. Li. 2016. Models for Estimating Feed Intake in Aquaculture: A Review. Computers and Electronic in Agriculture. 127: 425-438.
- Tran-Duy, A., J.W. Schrama, A.A.V. Dam, dan J.A.J. Verreth. 2008. Effects of Oxygen Concentration and Body Weight on Maximum Feed Intake, Growth and Hematological Parameters of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture. 275(1-4): 152-162.
- Tran-Duy, A., A.A.V. Dam, dan J.W. Schrama. 2012. Feed Intake, Growth, and Metabolism of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Relation to Dissolved Oxygen Concentration. Aquaculture Research. 43: 730-744.
- Vimal, J.B., R.D.S. Jones, dan J.A. Angelin. 2015. Phytoremediation of Rubber Wood Processing Factory Effluent Using *Ipomoeas aquatic*. International Journal of Multidisciplinary Research and Development. 2(1): 472-475.
- Wang, T., S. Lefevre, D.T.T. Huong, N.V. Cong, dan M. Bayley. 2009. Chapter 8 The Effects of Hypoxia on Growth and Digestion. Fish Physiology. 27: 361-396.
- Wielgosz, Z.J., T.S. Anderson, dan M.B. Timmons. 2017. Microbial Effect on the Production of Aquaponically Grown Lettuce. Horticulturae. 3(46): 1-11.
- Wongkiew, S., Z. Hu, K. Chandran, J.W. Lee, dan S.K. Khanal. 2017. Nitrogen Transformations in Aquaponic Systems: a Review. Aquaculture Engineering. 76: 9-19.
- Zalukhu, J., M. Fitriani, dan A.D. Sasasti. 2016. Pemeliharaan Ikan Nila dengan Padat Tebar Berbeda pada Budidaya Sistem Akuaponik. Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia. 4(1): 80-90.
- Zhang, Q., V. Achal, Y. Xu, dan W. Xiang. 2014. Aquaculture Wastewater Quality Improvement by Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsskal) Floating Bed and Ecological Benefit Assessment in Ecological Agriculture District. Aquaculture Engineering. 60: 48-55.
- Zonneveld, N., E.A. Huisman, dan J.H. Boon. 1991. Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta. 318 hal.
- Zou, Y., Z. Hu, J. Zhang, H. Xie, C. Guimbaud, dan Y. Fang. 2016. Effect of pH on Nitrogen Transformations in Media-Based Aquaponics. Bioresources Technology. 210: 81-87.