



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

APLIKASI KOMPOSISI FILTER YANG BERBEDA TERHADAP KUALITAS AIR, PERTUMBUHAN DAN KELULUSHIDUPAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) PADA SISTEM RESIRKULASI

*Application of Different Filter Composition on the Water Quality, Growth and Survival Rate Nile Tilapia
(Oreochromis niloticus) in Recirculation System*

Ayudya Wisma Hapsari, Johannes Hutabarat, Dicky Harwanto*

Departemen Akuakultur

Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

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

*dickyharwanto@lecturer.undip.ac.id

ABSTRAK

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu hasil perikanan air tawar unggul yang terjangkau sebagai komoditas program nasional untuk dijual di pasar domestik dan luar negeri, sehingga perlu adanya pemenuhan permintaan pasar. Budidaya padat tebar tinggi dapat meningkatkan produksi, namun dapat meningkatkan limbah nitrogen yang dapat menyebabkan lambatnya pertumbuhan bahkan kematian pada ikan. Sistem resirkulasi akuakultur dapat memperbaiki dan menggunakan kembali air dengan filter mekanik dan biologi. Spons dapat menyaring dan menahan kotoran, arang memiliki pori halus yang dapat menyerap molekul polutan air, serta zeolit memiliki struktur pori yang mampu bertukar ion. Kombinasi filter tersebut baik untuk memperbaiki kualitas air, sehingga perlu adanya kajian aplikasi komposisi filter agar dapat memperbaiki kualitas air, pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh serta komposisi filter terbaik terhadap kualitas air, pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila. Penelitian ini menggunakan 20 ekor ikan setiap wadahnya dengan ukuran 8 cm dan bobot $10,23 \pm 1,6$ g. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rancangan acak lengkap (RAL), 4 perlakuan 3 ulangan. Komposisi filter yang digunakan yaitu kontrol (A), 25% arang + 75% zeolit (B), 50% arang + 50% zeolit (C), dan 75% arang + 25% zeolit (D). Data yang dikumpulkan yaitu kualitas air, nilai pengurangan total amonia nitrogen (TAN removal), volumetric TAN removal (VTR), total kelimpahan bakteri, laju pertumbuhan relatif (RGR), total konsumsi pakan (TKP), rasio konversi pakan (FCR) dan kelulushidupan (SR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi komposisi filter berpengaruh nyata terhadap TAN removal, VTR, total kelimpahan bakteri, RGR, TKP, FCR dan SR, perlakuan terbaik terdapat pada komposisi filter 25% arang + 75% zeolit (B) yaitu 97,53%, $50,69 \text{ g m}^{-3} \text{ day}^{-1}$, $2,35 \times 10^4 \text{ CFU mL}^{-1}$, 238,33 g, $2,67\% \text{ day}^{-1}$, 1,47 dan 95%.

Kata Kunci : Ikan nila, sistem resirkulasi, komposisi filter, spons, arang kayu, batu zeolit.

ABSTRACT

Nile tilapia (Oreochromis niloticus) is one of the affordable outcome of fisheries to lead commodities of national program to be sold for domestic and export markets, so that fulfillment in demand was needed. High stocking density can increase production, but it can cause increase nitrogenous waste which can make slow growth and even death in fish. Aquaculture recirculation systems can repair and reuse water with mechanical and biological filters. Sponge can filter and hold impurities, wood charcoal have pores that can absorb water pollutant molecules, and zeolite have pores structure capable of exchanging ions. The combination of filters is

good for improving water quality. Therefore it is necessary to study the application of the composition of the filter in order to improve water quality, growth and survival of Nile tilapia. This study aimed was to determine the effect and determine the best filter composition on water quality, growth and survival rate of tilapia. The stock density for this study was 20 fish each container with initial body length 8cm and weight $10,23 \pm 1,6$ g. This study was conducted using randomized complete design with four treatments and three replications. Filter composition used is control using sponge (A), 25% charcoal + 75% zeolite (B), 50% charcoal + 50% zeolite (C), and 75% charcoal + 25% zeolite (D). Data collected is water quality as total ammonia nitrogen removal (TAN removal), volumetric TAN removal (VTR) and total bacteria, the growth value as relative growth rate (RGR), total feed consumption (TKP), feed conversion ratio (FCR) and survival rate (SR). The results showed that the application of filter composition significantly affected to TAN removal, VTR, total bacteria, RGR, TKP, FCR and SR of tilapia, the best treatment is the sponge filter and 25% charcoal + 75% zeolite (B), 97,53%, 50, 69 g m⁻³ day⁻¹, $2,35 \times 10^4$ CFU mL⁻¹, 2,67% day⁻¹, 238,33 g, 1,47 and 95%.

Keywords: Nile tilapia, recirculation aquaculture system, filter composition, sponge, wood charcoal, zeolite stone.

PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu hasil perikanan air tawar unggulan yang terjangkau sebagai komoditas program nasional untuk dijual di pasar domestik dan luar negeri (DeLong *et al.*, 2009; Ardita *et al.*, 2015). Perlu adanya upaya pemenuhan permintaan pasar ikan nila yang semakin meningkat (Klanian dan Adame, 2013; Koch *et al.*, 2016). Budidaya dengan intensifikasi merupakan pilihan yang memungkinkan dalam meningkatkan produksi budidaya dengan lahan yang terbatas (Al-Hafedh dan Alam, 2007; Kumar *et al.*, 2010; Klanian dan Adame, 2013). Sistem budidaya intensif dicirikan dengan tingginya kepadatan ikan dan adanya pakan tambahan dari luar (Nasution *et al.*, 2014; Rayhan *et al.*, 2018). Limbah budidaya dengan padat tebar tinggi apabila dibiarkan terus menerus secara berkelanjutan dapat menjadi racun bagi ikan (Alfia *et al.*, 2013; Nasution *et al.*, 2014). Limbah amonia yang tinggi pada budidaya intensif berasal dari hasil ekskresi dan penumpukan sisa pakan. Hal ini dapat menyebabkan lambatnya pertumbuhan atau bahkan kematian pada ikan (KarasuBenlü dan Koksall, 2005; Klanian dan Adame, 2013). Keberhasilan usaha budidaya berkaitan erat dengan kondisi lingkungan yang optimum untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan yang dipelihara, sehingga perlu adanya perbaikan lingkungan perairan untuk kegiatan budidaya (Lee *et al.*, 2013; Mulyadi *et al.*, 2014). Sistem resirkulasi akuakultur (RAS) adalah salah satu penerapan akuakultur berkelanjutan yang dapat mengontrol pembuangan limbah ke lingkungan (Ramli *et al.*, 2017). Proses nitrifikasi merupakan proses utama dalam RAS untuk menghilangkan amonia dan nitrit yang beracun bagi ikan. Amonium dikonversi menjadi nitrit dan menjadi nitrat yang rendah racun sehingga air dapat digunakan kembali (Rijn, 2013; Pungrasmi *et al.*, 2016).

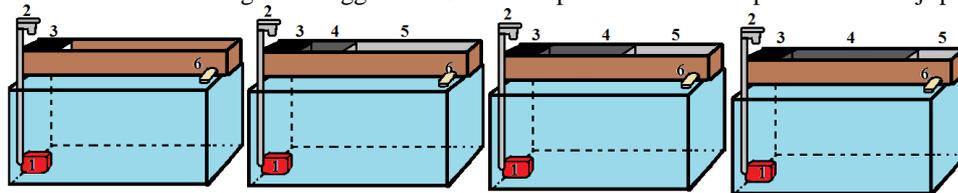
Penelitian ini menggunakan filter spons sebagai standar filter fisika, kemudian filter arang dan filter zeolit yang dijadikan dalam satu wadah filter dengan perbedaan komposisi pada tiap perlakuan. Filter spons dapat menyaring dan menahan kotoran (Samsundari dan Wirawan, 2013; Miyaoka *et al.*, 2016). Filter arang memiliki pori-pori yang halus yang dapat menjebak molekul-molekul polutan air (Bansal dan Goyal, 2005; Nugroho *et al.*, 2013). Zeolit adalah aluminosilikat yang bermuatan negatif dan memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi (Maldonado *et al.*, 2018; Papa *et al.*, 2018). Struktur pori zeolit terdapat ion natrium sebagai pengganti ion amonia yang diserap. Zeolit merupakan filter kimia yang dapat digunakan sebagai biofilter yang mendegradasi bahan organik dan anorganik oleh mikroorganisme (Amrizal *et al.*, 2015; Nurhidayat *et al.*, 2012). Sehingga perlu adanya penelitian dengan sistem resirkulasi menggunakan komposisi filter berupa arang dan zeolit untuk memperbaiki sistem budidaya. Aplikasi komposisi filter yang tepat akan menghasilkan kualitas air yang optimum sehingga ikan yang dipelihara dapat hidup dengan baik dengan tingkat kelulushidupan yang tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh komposisi filter arang dan zeolit terhadap kualitas air, pertumbuhan dan kelulushidupan *O. niloticus*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dan mengetahui komposisi filter terbaik terhadap kualitas air, pertumbuhan dan kelulushidupan *O. niloticus*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Mei 2019 di Balai Benih Ikan Kebowan, Suruh, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi wadah pemeliharaan yang terdiri dari 12 akuarium dengan ukuran 80 x 40 x 40 cm (p x l x t), dengan kapasitas wadah 128 L. Pengisian air pada wadah pemeliharaan dengan ketinggian ± 20 cm, sehingga didapatkan volume air media pemeliharaan yaitu 64 L. Menurut Lee *et al.* (2013), volume air untuk wadah budidaya diisi 50-70% dari total kapasitas tangki. Volume filter harus setidaknya 10-25% dari total volume wadah budidaya. Pipa, talang sebagai tempat filter, pompa air,

WQC YSI-550A digunakan untuk mengukur kandungan oksigen terlarut dan suhu air, pH *papper* digunakan untuk mengukur pH, seser dan timbangan elektrik dengan ketelitian 0,1 g untuk mengukur pertumbuhan ikan. Wadah filter yang digunakan pada penelitian ini yaitu talang air dengan volume filter 10 L berukuran 77 x 10 x 13 cm (p x l x t). Menurut penelitian dari Lee *et al.* (2013), volume filter minimal 10-25% dari total volume air wadah budidaya. Media filter yang digunakan yaitu spons sebagai filter standar pada setiap perlakuan, arang kayu dan batu zeolit. Spons digunakan sebagai filter fisika yang berfungsi menyaring limbah berbentuk padatan. Filter spons yang digunakan yaitu spons dengan ketebalan 5 cm. Filter kimia dan biologi yang digunakan pada penelitian ini yaitu arang kayu dan batu zeolit.

Ikan uji pada penelitian ini adalah ikan nila ukuran 8 cm dengan bobot awal $10,23 \pm 1,6$ g berjumlah 240 ekor, yang berasal dari Balai Benih Ikan Kebowan. Menurut SNI (2009), padat tebar ikan nila ukuran 8-12cm adalah 25 ekor/m². Apabila dikonversikan sesuai SNI (2009), dengan luas wadah penelitian 0,32 m² maka didapatkan padat tebar menjadi 8 ekor. Padat tebar ikan nila yang digunakan pada penelitian ini yaitu 20 ekor/wadah. Kepadatan ini lebih tinggi dari ketentuan SNI. Pakan yang digunakan selama penelitian yaitu pakan buatan komersial. Pakan diberikan 3 kali sehari pada pukul 08.00, 12.00 dan 16.00 WIB dengan metode *ad satiation*. Wadah diisi air dengan ketinggian ± 20 cm. Adapun disain wadah penelitian tersaji pada Gambar 1.



keterangan:

- 1 : Pompa
- 2 : Inlet
- 3 : Spons
- 4 : Arang
- 5 : Zeolit
- 6 : Outlet

A

B

C

D

- A : Kontrol
- B : 25% arang + 75% zeolit
- C : 50% arang + 50% zeolit
- D : 75% arang + 25% zeolit

Gambar 1. Disain Wadah Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lainnya dalam kondisi yang terkendali (Sugiyono, 2011). Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 4 (empat) perlakuan dan 3 (tiga) ulangan. Filter fisik menggunakan spons sebagai standar filter pada setiap perlakuan. Susunan perlakuannya adalah sebagai berikut:

Perlakuan A : Kontrol

Perlakuan B : 25% arang + 75% zeolit

Perlakuan C : 50% arang + 50% zeolit

Perlakuan D : 75% arang + 25% zeolit

Pengumpulan data

1. Kualitas air

Pengamatan kualitas air yang dilakukan yaitu pH, oksigen terlarut, suhu dan TAN diukur setiap satu minggu sekali yang dilakukan sebanyak 3 kali dalam 30 hari waktu pemeliharaan. Pengumpulan data total kelimpahan bakteri dilakukan pada minggu terakhir penelitian.

Data kualitas air yang dilakukan pengukuran yaitu:

a. pengurangan TAN (TAN removal)

Nilai pengurangan total amonia nitrogen digunakan untuk mengetahui kemampuan kerja bakteri pada filter dalam mengurangi nilai total amonia nitrogen, pada penelitian Kir (2009); dan Nurhidayat *et al.* (2012), untuk mengetahui nilai pengurangan TAN menggunakan rumus:

$$\text{TAN removal (\%)} = (\text{TAN removal} / \text{TAN filter inlet}) \times 100\%$$

dimana:

$$\text{TAN removal} = \text{TAN filter inlet} - \text{TAN filter outlet} \text{ (mg L}^{-1}\text{)}$$

$$\text{TAN filter inlet} = \text{Nilai TAN pada inlet filter (mg L}^{-1}\text{)}$$

$$\text{TAN filter outlet} = \text{Nilai TAN pada outlet filter (mg L}^{-1}\text{)}$$

b. volumetric TAN removal (VTR)

Volumetric TAN removal digunakan sebagai indikator untuk evaluasi kinerja filter. Kir (2009); Kumar *et al.* (2010); dan Harwanto *et al.* (2011), dalam penelitiannya menggunakan rumus:

$$VTR \text{ (g m}^{-3}\text{day}^{-1}\text{)} = 1,44 \times (\text{TAN}_{in} - \text{TAN}_{out}) \times Q \times V^{-1}$$

dimana:

- Q = Laju aliran melalui filter (m³day⁻¹)
- KC = Faktor konversi satuan 1,44
- TAN in = Konsentrasi total amonia *inlet* (mg L⁻¹)
- TAN out = Konsentrasi total amonia *outlet* (mg L⁻¹)
- V = Volume air dalam filter (m³)

c. total kelimpahan bakteri

Total kelimpahan bakteri digunakan untuk mengetahui kelimpahan bakteri yang diduga bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* yang dapat menguraikan amonia menjadi nitrit dan nitrat. Perhitungan jumlah koloni bakteri dihitung dengan rumus yang digunakan pada penelitian Purwa *et al.* (2012); Andriani *et al.* (2018); dan Palawe *et al.*, (2018):

$$\text{Jumlah bakteri (CFU / mL)} = \text{jumlah koloni} \times 1 / \text{faktor pengenceran.}$$

2. Pertumbuhan

a. laju pertumbuhan relatif (RGR)

Laju pertumbuhan relatif (RGR) dihitung untuk mengetahui laju pertumbuhan ikan nila perharinya yang dipelihara selama 30 hari pemeliharaan. Rumus yang digunakan Zonneveld dan Fadholi (1991) yaitu:

$$RGR = \frac{W_t - W_o}{W_o \times t} \times 100\%$$

dimana :

- RGR = Laju pertumbuhan relatif (% day⁻¹)
- Wt = Bobot ikan pada akhir pemeliharaan (g)
- Wo = Bobot ikan pada awal pemeliharaan (g)
- t = Waktu pemeliharaan (hari)

b. total konsumsi pakan

Total konsumsi pakan dihitung untuk mengetahui jumlah total pakan yang dikonsumsi ikan nila selama 30 hari pemeliharaan. Pemberian pakan dengan metode *at satiation*, dimana total konsumsi pakan menggunakan perhitungan yang digunakan pada penelitian Septian *et al.* (2013); Wicaksana *et al.* (2015); Sulasi *et al.* (2017).

c. rasio konversi pakan (FCR)

Rasio konversi pakan (FCR) ikan dihitung untuk mengetahui seberapa banyak pakan yang dimakan oleh ikan yang diubah menjadi daging. Rumus FCR yang digunakan pada penelitian ini adalah rumus yang juga digunakan pada penelitian Zonneveld dan Fadholi (1991); Rachmawati dan Samidjan (2017); dan Sulasi *et al.* (2017), yaitu:

$$FCR = \frac{F}{(W_t - D) - W_o} \times 100$$

dimana:

- FCR = Rasio konversi pakan
- F = Total pakan yang dikonsumsi (g)
- Wt = Bobot ikan pada akhir pemeliharaan (g)
- Wo = Bobot ikan pada awal pemeliharaan (g)
- D = Bobot ikan mati (g)

3. Kelulushidupan (SR)

Kelulushidupan (SR) benih ikan nila dihitung untuk mengetahui presentase jumlah ikan yang hidup dari awal penebaran hingga panen selama 30 hari waktu pemeliharaan. Rumus kelulushidupan yang digunakan adalah berdasar pada studi Effendie (1997); Rachmawati dan Samidjan (2017); dan Rayhan *et al.* (2018), yaitu:

$$SR (\%) = \frac{N_t}{N_o} \times 100$$

dimana:

- SR = Kelulushidupan atau *Survival Rate* (%)
- Nt = Jumlah ikan pada akhir pemeliharaan (ekor)
- No = Jumlah ikan pada awal pemeliharaan (ekor)

Analisa Data

Analisis data statistik yang dilakukan meliputi nilai pengurangan TAN, *volumetric TAN removal* (VTR),

total kelimpahan bakteri, laju pertumbuhan relatif (RGR), tingkat konsumsi pakan (TKP), rasio konversi pakan (FCR), kelulushidupan (SR), kemudian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk melihat pengaruh perlakuan. Sebelum dianalisis sidik ragamnya, dilakukan uji normalitas, homogenitas, dan additivitas. Analisis data dilakukan pada taraf kepercayaan 95%. Apabila dalam analisis ragam beda nyata ($P < 0,05$), dilakukan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

HASIL

1. Kualitas air

Hasil kualitas air pada pemeliharaan ikan nila (*O. niloticus*) tersaji pada Tabel 1. Suhu berada di kisaran 26-27 °C, pH pada nilai 7 dan DO di atas 5 mgL⁻¹ pada semua perlakuan. Sedangkan nilai TAN *inlet* di bawah 1 mgL⁻¹ pada semua perlakuan.

Tabel 1. Data pengamatan kualitas air selama penelitian pada semua perlakuan

| Variabel | Kualitas Air | | | | Pustaka |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------------|
| | Perlakuan | | | | |
| | A | B | C | D | |
| Suhu (°C) | 26,9-27,0 | 26,9-27,0 | 26,1-27,0 | 26,9-27,0 | 25,0-30,0 (SNI, 2009) |
| pH | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5-8,5 (SNI, 2009) |
| DO (mgL ⁻¹) | 6,21-7,11 | 5,68-6,77 | 5,71-6,84 | 6,15-7,11 | > 5,00 (SNI, 2009) |
| TAN <i>Inlet</i> (mgL ⁻¹) | 0,084-0,104 | 0,088-0,104 | 0,080-0,100 | 0,090-0,104 | <1 (DeLong <i>et al.</i> , 2009) |
| TAN <i>Outlet</i> (mgL ⁻¹) | 0,070-0,088 | 0,001-0,008 | 0,011-0,023 | 0,023-0,050 | <1 (DeLong <i>et al.</i> , 2009) |

Keterangan: Perlakuan A (kontrol); B (spons dan 25% arang + 75% zeolit); C (spons dan 50% arang + 50% zeolit); D (spons dan 75% arang + 25% zeolit)

a. nilai pengurangan total amonia nitrogen (TAN removal)

Nilai pengurangan TAN tertinggi didapatkan pada perlakuan B, sedangkan yang terendah pada perlakuan A. Hasil TAN *removal* pada media pemeliharaan ikan nila (*O. niloticus*) tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai pengurangan TAN (TAN *removal* %) pada semua perlakuan

| Minggu ke- | Perlakuan | | | | Pustaka |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| | A | B | C | D | |
| 1 | 15,03 ± 2,87 ^d | 93,08 ± 1,12 ^a | 80,14 ± 1,05 ^b | 70,22 ± 5,13 ^c | |
| 2 | 20,44 ± 5,98 ^d | 97,53 ± 0,56 ^a | 82,27 ± 2,92 ^b | 62,99 ± 2,83 ^c | 92,03% (Nurhidayat <i>et al.</i> , 2012) |
| 3 | 14,19 ± 2,61 ^d | 98,56 ± 0,55 ^a | 81,50 ± 6,68 ^b | 57,18 ± 6,27 ^c | |

Nilai dengan huruf superscrip berbeda pada lajur yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

b. volumetric TAN removal (VTR)

Sepereti halnya pada TAN *removal*, nilai VTR tertinggi juga didapatkan dari perlakuan B dan yang terendah dari perlakuan A. Hasil VTR tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai volumetric TAN removal (VTR g m⁻³ day⁻¹)

| Minggu ke- | Perlakuan | | | | Pustaka |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | A | B | C | D | |
| 1 | 8,29±1,46 ^d | 52,16±1,78 ^a | 43,13±1,78 ^b | 39,26±1,11 ^c | 153 (Kumar <i>et al.</i> , 2010) |
| 2 | 10,51±3,63 ^d | 50,69±1,78 ^a | 43,32±1,78 ^b | 33,18±1,66 ^c | 142,6-193,8 (Harwanto <i>et al.</i> , 2011) |
| 3 | 7,37±1,39 ^d | 49,77±1,99 ^a | 41,10±1,99 ^b | 32,07±3,99 ^c | |

Nilai dengan huruf superscrip berbeda pada lajur yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

b. total kelimpahan bakteri

Total kelimpahan bakteri tertinggi didapatkan pada perlakuan B ($2,35 \times 10^4$ CFU mL⁻¹), sedangkan yang terendah didapatkan dari perlakuan A ($1,21 \times 10^4$ CFU mL⁻¹). Hasil total kelimpahan bakteri tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil total kelimpahan bakteri

| Variabel | Perlakuan | | | | Pustaka |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---|
| | A | B | C | D | |
| Kelimpahan Bakteri (10 ⁴ CFU mL ⁻¹) | 1,21±0,03 ^c | 2,35±0,10 ^a | 2,24±0,02 ^b | 1,270,02 ^{bc} | 2,64 × 10 ² (Nurhidayat dan Ginanjar, 2010); 9,29 × 10 ⁵ (Andriani <i>et al.</i> , 2018) |

Nilai dengan huruf superscrip berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

2. Pertumbuhan dan kelulushidupan

Hasil pertumbuhan relatif (RGR), tingkat konsumsi pakan (TKP), rasio konversi pakan (FCR), dan kelulushidupan (SR) ikan nila (*O. niloticus*) tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil RGR, TKP, FCR, dan SR ikan nila (*O. niloticus*)

| Variabel | Perlakuan | | | | Pustaka |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| | A | B | C | D | |
| RGR (% day ⁻¹) | 1,65±0,08 ^c | 2,67±0,07 ^a | 2,27±0,07 ^b | 2,14±0,06 ^b | 2,08 (Tanjung <i>et al.</i> , 2019) |
| TKP (g) | 193,33±15,28 ^{bc} | 238,33±2,89 ^a | 206,67±5,77 ^b | 203,33±5,77 ^{bc} | 100(Sulasi <i>et al.</i> , 2017) |
| FCR | 2,88±0,12 ^d | 1,47±0,03 ^a | 1,70±0,08 ^b | 2,00±0,14 ^c | 1,25-1,90 (FAO, 2017) |
| SR (%) | 75,00±5,00 ^c | 95,00±5,00 ^a | 90,00±5,00 ^{ab} | 83,30±5,77 ^{bc} | >75 (SNI 6141, 2009) |

Nilai dengan huruf superscrip berbeda pada lajur yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

PEMBAHASAN

Kualitas air

1. Kualitas air

Kualitas air merupakan salah satu penentu keberhasilan untuk kehidupan ikan dalam budidaya. Budidaya ikan dengan padat tebar tinggi pada sistem tertutup dapat membuat kualitas air menurun karena penumpukan sisa pakan dan hasil metabolisme. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil penurunan TAN tertinggi terdapat pada perlakuan komposisi filter 25% arang + 75% zeolit (B), sedangkan penurunan TAN terendah terdapat pada perlakuan kontrol (A). Nilai TAN pada penelitian ini berkisar 0,001-0,980 mg L⁻¹, ikan nila masih dapat mentolerir nilai tersebut, sesuai dengan pernyataan DeLong *et al.* (2009), bahwa amonia terdapat dua bentuk, NH₃ tak terionisasi (sangat beracun) dan NH₄⁺ terionisasi (kurang toksik). Batas konsentrasi amonia yang tidak terionisasi yang mampu diloreir oleh ikan yaitu kurang dari 1,0 mg L⁻¹. Nilai kualitas air pada variabel suhu 26,1-27,0°C, nilai pH 7, dan DO 6,10-7,75 mg L⁻¹, sesuai dengan ketentuan SNI 6141 (2009), suhu 25,0-30,0°C, nilai pH 6,5-8,5 dan DO > 5,00 mg L⁻¹ sehingga layak untuk digunakan kegiatan pemeliharaan ikan nila. Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ikan. Suhu wadah selama pemeliharaan berkisar 26,1-27,0°C. Menurut Istiqomah *et al.* (2018), suhu air berpengaruh terhadap nafsu makan dan proses metabolisme ikan. Proses pencernaan makanan pada ikan berlangsung lambat saat suhu rendah.

Perlakuan kontrol (A) hanya menggunakan spons sebagai filter, spons berperan sebagai filter fisik atau disebut dengan filter mekanis. Filter fisik untuk menurunkan tingkat kekeruhan air dan menyingkirkan kotoran berukuran lebih besar dari filter biologi. Hal ini diperkuat oleh Wegelin (1996), penyaringan mekanis menghilangkan partikel berukuran besar, lalu terjadi proses adsorpsi yaitu kombinasi proses penarikan massa dan gaya elektrostatis oleh biofilter yang menimbulkan kontak antara limbah hasil budidaya dengan filter.

a. nilai pengurangan TAN

Nilai pengurangan TAN (TAN removal) pada perlakuan kontrol (A) menunjukkan hasil paling rendah diantara perlakuan lainnya, sedangkan perlakuan dengan komposisi filter 75% arang + 25% zeolit (D) kurang efektif, karena komposisi arang yang lebih banyak. Arang bersifat menjerat dan menyerap ion sehingga permukaan arang lebih mudah menjadi jenuh. Sehingga perlu dilakukan pembersihan atau pencucian pada filter tersebut agar dapat bekerja dengan efektif. Menurut Darmayanti *et al.* (2018), arang sebagai adsorber memiliki titik kejenuhan yaitu saat permukaan arang telah mengadsorpsi bahan terlarut dalam air. Hal ini diperkuat oleh Utama *et al.* (2017), perlu adanya pembersihan pada arang karena arang dapat menjadi jenuh apabila adsorbat sudah memenuhi sisi rongganya.

Aplikasi komposisi filter yang berbeda pada penelitian ini didapatkan nilai pengurangan TAN tertinggi pada perlakuan dengan komposisi 25% arang + 75% zeolit yaitu 97,53%. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Nurhidayat *et al.* (2012), pada filter dengan komposisi 100% zeolit didapatkan hasil nilai pengurangan amonia sebesar 92,03%. Zeolit memiliki kapasitas pertukaran kation yang tinggi, sehingga dengan komposisi zeolit yang lebih banyak dapat menyebabkan filter tersebut lebih efektif daripada perlakuan lainnya. Komposisi zeolit yang lebih banyak tidak membuat nilai keefektifan filter menurun karena zeolit tidak mudah jenuh. Menurut Yulianti *et al.* (2016), seharusnya terjadi penurunan efisiensi penyerapan seiring bertambahnya masa pemakaian zeolit.

b. volumetric TAN removal (VTR)

Nilai VTR pada penelitian ini berkisar 8,29 – 52,16 g m⁻³ day⁻¹. VTR tertinggi didapatkan pada perlakuan dengan komposisi filter 25% arang + 75% zeolit (B). Nilai VTR pada minggu ke-1 merupakan hasil VTR maksimal yaitu 52,16 g m⁻³ day⁻¹, pada minggu ke-2 dan ke-3 nilai VTR menjadi lebih stabil. VTR pada minggu ke-2 yaitu 50,69 g m⁻³ day⁻¹ dan minggu ke-3 49,77 g m⁻³ day⁻¹. Menurut Tseng dan Wu (2004), nilai

pengurangan limbah amonia yang menurun mengindikasikan berkurangnya *biofilm*. Siklus pengurangan amonia menyebabkan variasi konsentrasi amonia dan kestabilan pengurangan amonia dipengaruhi oleh suhu air, konsentrasi amonia dan padatan tersuspensi.

Nilai VTR umumnya digunakan untuk menyatakan efisiensi biofilter, peningkatan nilai amonia di biofilter berpengaruh terhadap kemampuan filter. Nilai VTR pada penelitian Kumar *et al.* (2010), yaitu $153 \text{ g m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ dengan nilai TAN dibawah 2 mg L^{-1} . Menurut penelitian Harwanto *et al.* (2011), nilai VTR pada penelitiannya lebih besar, berkisar $142,6 - 193,8 \text{ g m}^{-3} \text{ day}^{-1}$, karena nilai amonia yang terdapat pada media pemeliharaan tersebut lebih besar yaitu berkisar $0,44 - 0,78 \text{ mg L}^{-1}$ sehingga bahan yang diolah oleh bakteri pada proses nitrifikasi semakin banyak. Sedangkan nilai VTR pada penelitian ini lebih sedikit dikarenakan nilai amonia tidak begitu banyak hanya sekitar $0,001 - 0,104 \text{ mg L}^{-1}$. Hal ini diperkuat oleh Malone dan Beecher (2000), bahwa semakin meningkat nilai TAN maka nilai VTR cenderung meningkat.

c. total kelimpahan bakteri

Penumpukan limbah nitrogen pada media pemeliharaan dapat menjadi racun bagi ikan, dengan adanya media filter yang ditumbuhi bakteri maka dapat membantu memperbaiki kondisi lingkungan perairan. Bakteri yang tumbuh pada media filter diduga adalah bakteri nitrosomonas dan nitrobacter yang mampu mengubah amonia menjadi nitrit kemudian menjadi nitrat. Kelimpahan bakteri mempengaruhi keberadaan bakteri nitrosomonas dan nitrobacter yang terdapat pada sistem tersebut, yang apabila semakin banyak kelimpahan bakteri maka semakin baik pula hasil kualitas air yang didapatkan. Hal ini dikarenakan bakteri yang mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat cukup banyak. Bakteri dapat tumbuh pada media yang mampu bertukar ion. Total kelimpahan bakteri terendah terdapat pada perlakuan kontrol (A) dengan hasil $1,21 \times 10^4 \text{ CFU mL}^{-1}$. Pertumbuhan bakteri tersebut kurang optimal sehingga dalam mengoksidasi bahan organik juga kurang baik. Hal ini dikarenakan kurangnya kemampuan kerja bakteri dalam mengoksidasi bahan organik sehingga nilai total amonia nitrogen yang pada perlakuan kontrol (A) didapatkan hasil tertinggi. Kurangnya populasi bakteri pada perlakuan kontrol (A) menunjukkan media ini kurang mampu sebagai media biofilm yang baik bagi bakteri. Kurang baiknya media biofilm yang ada menyebabkan kerja bakteri lebih rendah, diduga karena luas permukaan spons lebih rendah dibandingkan dengan media filter lainnya. Hal ini diperkuat oleh Masser *et al.* (1999), biofilter terdiri dari bakteri aktif yang menempel pada permukaan. Biofilter menjadi kurang efektif bila bakteri mati atau dihambat oleh penuaan alami, toksisitas dari bahan kimia, kekurangan oksigen, pH rendah, kurangnya tempat menempel bagi bakteri atau faktor lainnya. Didukung oleh pernyataan Zhang *et al.* (2016), bahwa luas area permukaan filter spons yaitu $20 \text{ m}^2/\text{g}$.

Kelimpahan bakteri tertinggi pada penelitian ini terdapat pada perlakuan dengan komposisi filter 25% arang + 75% zeolit (B) yaitu $2,35 \times 10^4 \text{ CFU mL}^{-1}$. Kemampuan kerja bakteri pada sistem resirkulasi ditandai dengan menurunnya nilai amonia. Perbedaan nilai pengurangan amonia disebabkan oleh kegiatan bakteri nitrifikasi dalam biofilm, yang mana ketika biofilm telah terbentuk, laju penghilangan total amonia meningkat. Menurut pernyataan dari Pak *et al.* (2002), nitrifikasi dapat terjadi ketika bakteri nitrifikasi tumbuh pada media yang mampu bertukar ion, terutama untuk ion ammonium. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Wegelin (1996), bahwa aktifitas biologi akan terjadi saat sumber organik tersimpan pada material filter. Bakteri atau mikroorganisme akan membentuk lapisan tipis yang menempel pada media filter yang disebut biofilm. Hal ini diperkuat oleh Tseng dan Wu (2004), kelimpahan bakteri nitrifikasi ditentukan oleh ketebalan biofilm tertentu untuk biofilter.

Perlakuan dengan komposisi filter zeolit yang lebih banyak, memiliki nilai terbaik dibandingkan dengan komposisi filter arang. Hal ini diduga karena luas permukaan zeolit lebih besar daripada arang. Arang juga memiliki sifat menyerap ion yang mana saat pori-pori arang telah penuh maka akan menjadi jenuh dan pertumbuhan bakteri menjadi kurang optimal. Menurut Maldonado *et al.* (2018) dan Papa *et al.* (2018), zeolit merupakan adsorben senyawa organik dan anorganik yang memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi. Hal ini didukung oleh Papa *et al.* (2018) dan Zhang *et al.* (2016), bahwa luas area permukaan zeolit yaitu $300 \text{ m}^2/\text{g}$. Luas permukaan spesifik arang yaitu $235,37 \text{ m}^2/\text{g}$ (Yang *et al.*, 2018). Menurut pernyataan Landau (1992), kekurangan dari filter arang yaitu ketika air memasuki filter, molekul terlarut diserap oleh partikel filter arang kemudian arang menjadi tidak dapat mengadsorpsi, dan efisiensi filter menurun, hal ini disebut dengan istilah *breakpoint*. Bakteri akan tumbuh di permukaan filter dan menutup pori-pori sehingga menghambat adsorpsi.

2. Pertumbuhan

a. laju pertumbuhan relatif (RGR)

Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal merupakan faktor-faktor yang berhubungan dengan ikan itu sendiri dan sulit untuk dikontrol seperti umur dan sifat genetik ikan, jenis kelamin, kemampuan memanfaatkan makanan dan ketahanan terhadap penyakit. Faktor eksternal merupakan faktor yang berkaitan dengan lingkungan tempat hidup ikan yang meliputi sifat fisika dan kimia air, ruang gerak, ketersediaan nutrisi dan penyakit. Diduga komposisi filter dengan perlakuan komposisi 25% arang + 75% zeolit (B) dan komposisi 50% arang + 50% zeolit (C) dapat menjaga kualitas air pada media pemeliharaan tetap baik sehingga ikan dapat menggunakan energi untuk pertumbuhan dengan optimal. Pertumbuhan ikan

bergantung pada energi yang tersedia dalam pakan dan penggunaan energi tersebut. Kebutuhan energi untuk metabolisme harus dipenuhi terlebih dahulu, apabila berlebih maka kelebihannya digunakan untuk pertumbuhan. Hal ini diperkuat oleh Karimah *et al.* (2018), pertumbuhan ikan dapat terjadi jika jumlah nutrisi pakan yang dicerna dan diserap oleh ikan lebih besar dari jumlah yang diperlukan untuk pemeliharaan tubuhnya.

Laju pertumbuhan relatif tertinggi terdapat pada perlakuan dengan komposisi filter 25% arang + 75% zeolit (B) yaitu $2,67 \pm 0,07\% \text{ day}^{-1}$. Nilai terendah pada laju pertumbuhan relatif ikan nila terdapat pada perlakuan kontrol (A) yaitu $1,65 \pm 0,08\% \text{ day}^{-1}$. Menurut hasil penelitian dari Effendi *et al.* (2015), laju pertumbuhan relatif ikan nila dengan ukuran 8-10 cm dan berat rata-rata 25 g, padat tebar 20 ekor ikan menggunakan vetiver sebagai filter biologi pada sistem akuaponik yaitu 2,1-2,5 g. Menurut penelitian dari Tanjung *et al.* (2019), pertumbuhan relatif ikan nila dengan ukuran 7-9 cm yang dipelihara pada sistem resirkulasi dengan kepadatan 15 ekor didapatkan hasil 2,08 pada perlakuan kontrol, sedangkan perlakuan kombinasi filter kapas, *bioball* dan arang didapatkan hasil 3,13. Adanya perbedaan hasil pertumbuhan diduga karena adanya perbedaan padat tebar ikan. Padat tebar yang lebih banyak akan mengakibatkan adanya kompetisi dalam mencari pakan, sehingga pertumbuhan kurang maksimal. Nilai pertumbuhan pada penelitian ini lebih kecil karena kepadatan lebih tinggi, sehingga terjadi persaingan dalam makan. Semakin tinggi padat tebar, maka pemberian pakan juga semakin banyak yang menyebabkan limbah budidaya semakin meningkat dan nilai amonia semakin tinggi. Hal ini diperkuat oleh Gichana *et al.* (2019), bahwa semakin tinggi konsentrasi amonia maka tingkat pertumbuhan menjadi rendah.

Perlakuan kontrol (A) memberikan hasil pertumbuhan yang terendah diantara perlakuan lain, diduga karena kadar amonia lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu berkisar $0,073-0,104 \text{ mg L}^{-1}$. Perlakuan kontrol (A) hanya menggunakan spons sebagai filter untuk menyaring kotoran yang berukuran lebih besar tanpa proses pertukaran ion dan kurangnya proses nitrifikasi dalam mengurangi nilai amonia. Sehingga nafsu makan ikan nila menjadi berkurang dan energi yang digunakan kurang optimal untuk pertumbuhannya. Hal ini diperkuat oleh Djokosetyanto *et al.* (2006), bahwa nitrifikasi berjalan dengan baik karena adanya bakteri pada filter biologis sehingga bisa memanfaatkan ammonia dan nitrit sebagai bahan makanannya. Menurut Silaban *et al.* (2012), pertumbuhan ikan pada perlakuan tanpa filter zeolit lebih kecil karena energi dari hasil pakan yang dikonsumsi digunakan untuk mempertahankan keseimbangan tubuh terhadap lingkungan.

b. total konsumsi pakan (TKP)

Total konsumsi pakan tertinggi yaitu pada perlakuan dengan komposisi filter 25% arang + 75% zeolit (B). Total konsumsi pakan terendah terdapat pada perlakuan kontrol (A). Hal ini diduga karena ikan pada perlakuan kontrol memiliki nilai total amonia yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain. Nilai total amonia yang lebih tinggi menyebabkan ikan berada dalam kondisi yang kurang nyaman. Padat tebar ikan yang tinggi dapat menyebabkan ikan menjadi stress, karena terjadi perebutan oksigen terlarut dalam air, dan kompetisi pakan. Hal ini diperkuat oleh El-Sayed (2002), yang menyatakan bahwa dengan padat tebar tinggi dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan ikan, karena mobilisasi energi makanan oleh perubahan fisiologis yang dipicu oleh respons stres.

Perlakuan kontrol (A) memiliki nilai total amonia yang tinggi, yang menyebabkan ikan kurang nyaman dan menjadi tidak nafsu makan. Kondisi ikan yang kurang baik pada perlakuan kontrol (A) dapat mempengaruhi konsumsi pakan. Hal ini diperkuat oleh Hanief *et al.* (2014), yang menyatakan bahwa konsumsi pakan ikan dipengaruhi oleh sejumlah faktor diantaranya adalah ukuran tubuh, stadia, ketersediaan pakan, laju pengosongan lambung, suhu air, aktifitas dan kesehatan tubuh ikan. Hal ini diperkuat pula oleh pernyataan Brett (1971); dan Sulasi *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa jumlah pakan yang mampu dikonsumsi ikan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan.

c. rasio konversi pakan (FCR)

Rasio konversi pakan (FCR) ikan nila dengan komposisi filter yang berbeda pada sistem resirkulasi memberikan pengaruh nyata. Nilai FCR terendah terdapat pada perlakuan dengan komposisi filter 25% arang + 75% zeolit yaitu $1,47 \pm 0,03$. Nilai FCR tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol (A) yaitu $2,88 \pm 0,12$. Menurut Putra *et al.* (2011), FCR ikan nila yang dipelihara menggunakan sistem resirkulasi dengan filter zeolit yaitu 1,86. Menurut hasil penelitian dari Tanjung *et al.* (2019), semakin rendah nilai konversi pakan maka tingkat efisiensi pemanfaatan pakan yang digunakan untuk pertumbuhannya lebih baik, sebaliknya jika konversi pakan besar, maka tingkat efisiensi pemanfaatan pakan kurang baik.

Menurut FAO (2017), rata-rata FCR ikan nila yang dipelihara hingga bobot panen berkisar 180 hingga 750 g yaitu antara 1,25 hingga 1,90. Menurut penelitian Utami *et al.* (2018), nilai FCR ikan nila dengan panjang 9,98 cm pada sistem resirkulasi menggunakan *Lemna perpusilla* sebagai fitoremediasi adalah 2,31. Ikan nila yang digunakan pada penelitian ini memiliki panjang awal 8 cm dengan kepadatan 20 ekor ikan didapatkan hasil FCR 1,47. Perbedaan nilai FCR pada masing-masing penelitian ini dikarenakan perbedaan ukuran ikan

yang digunakan. Semakin besar ukuran ikan, maka pakan yang diberikan juga semakin banyak sehingga dapat menunjang pertumbuhannya. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Harwanto *et al.* (2011), bahwa perbedaan nilai FCR dapat disebabkan pula karena adanya perbedaan ukuran dan kepadatan ikan yang dipelihara. Hal ini diperkuat pula oleh Nasution *et al.* (2014), bahwa padat penebaran merupakan faktor luar yang mempengaruhi pertumbuhan yaitu semakin meningkat padat penebaran ikan, semakin meningkat persaingan dalam memperebutkan pakan dan ruangan.

3. Kelulushidupan (SR)

Kelulushidupan ikan nila pada perlakuan dengan komposisi filter 25% arang dan 75% zeolit (B) didapatkan hasil tertinggi yaitu 95%, dan nilai kelulushidupan terendah terdapat pada perlakuan kontrol (A) 75%. Hal ini sesuai dengan ketentuan SNI 6141 (2009), yaitu kelulushidupan ikan nila lebih dari 75%. Perlakuan kontrol (A) memiliki nilai kelulushidupan paling rendah tetapi masih dalam standar SNI (2009), yaitu 75%. Kematian ikan nila pada pemeliharaan terjadi pada minggu awal pada pemeliharaan. Diduga pada awal sistem resirkulasi berjalan, bakteri nitrosomonas dan nitrobacter belum tumbuh sehingga nilai amonia yang tinggi menyebabkan ikan nila mengalami stress dan kurang dapat beradaptasi dengan lingkungan tersebut. Hal ini diperkuat oleh Karimah *et al.* (2018), faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya kelulushidupan ikan adalah faktor abiotik dan biotik, antara lain: kompetitor, kepadatan populasi, umur dan kemampuan organisme beradaptasi dengan lingkungan. Kematian ikan sebagian besar diduga karena stress dan ketahanan tubuh tiap ikan berbeda-beda.

Perlakuan dengan komposisi filter 25% arang + 75% zeolit (B) didapatkan nilai kelulushidupan ikan nila tertinggi. Kondisi lingkungan yang baik, terutama kadar amonia yang rendah dapat membuat ikan berada dalam keadaan nyaman dan nafsu makan ikan menjadi baik. Filter dengan komposisi zeolit yang lebih banyak lebih efektif dibandingkan dengan komposisi arang yang lebih banyak. Hal ini diduga karena arang bersifat menjerat ion, sehingga lebih mudah jenuh dibandingkan dengan zeolit yang mampu menukar ion dan memiliki waktu jenuh lebih lama. Sistem resirkulasi dengan komposisi filter yang berbeda dapat memperbaiki kualitas air pada media pemeliharaan ikan sehingga ikan dapat bertahan hidup. Hal ini diperkuat oleh Djokosetiyanto *et al.* (2006), kelangsungan hidup terjaga karena sistem resirkulasi mampu memperbaiki kualitas air sistem sehingga lingkungan tetap layak untuk kehidupan ikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa komposisi filter yang berbeda memberikan pengaruh kualitas air, pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila (*O. niloticus*). Perlakuan terbaik terhadap nilai pengurangan total amonia nitrogen, VTR, total kelimpahan bakteri, laju pertumbuhan relatif (RGR), total konsumsi pakan (TKP), rasio konversi pakan (FCR), dan kelulushidupan (SR) ikan nila (*O. niloticus*) yaitu pada perlakuan B dengan komposisi filter spons dan 25% arang + 75% zeolit yaitu 97,53%, 50,69 g m⁻³ day⁻¹, 2,35 x 10⁴ CFU mL⁻¹, 2,67±0,07% day⁻¹, 238,33 g, 1,47 dan 95%.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hafedh, Y. S. and A. Alam. 2007. Design and Performance of an Indigenous Water Recirculating Aquaculture System for Intensive Production of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), in Saudi Arabia. International Journal of Recirculating Aquaculture. 8:1-20.
- Alfia, A. R., E. Arini, dan T. Elfitasari. 2013. Pengaruh Kepadatan yang Berbeda Terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Pada Sistem Resirkulasi Dengan Filter *Bioball*. Journal of Aquaculture Management and Technology. 2(3): 86-93
- Amrizal, A. Munzir dan Elfrida. 2015. Pengaruh Penggunaan Bahan Filter yang Berbeda Terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Bung Hatta Padang. Sumatera Barat.
- Andriani, Y., Zahidah, Y. Dhahiyat, U. Subhan, I. Zidni, R. I. Pratama dan N. P. Gumay. 2018. The Effectiveness of The Use of Filter on The Tilapia Growth Performance, Number of *Nitrosomonas* sp., and Water Quality in Aquaponics Systems. Jurnal Akuakultur Indonesia. 17(1):1-8.
- Ardita, N., A. Budiharjo dan S. L. A. Sari. 2015. Pertumbuhan dan Rasio Konversi Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Penambahan Prebiotic. Jurnal Bioteknologi. 12 (1): 16-21.
- Bansal, R. C. dan M. Goyal, 2005. Activated Carbon Adsorption. United States of America: Taylor and Fransis Group.
- Brett, J.R. 1971. Satiation Time, Appetite and Maximum Food Intake of Socheye Salmon (*Onchorhynchus nerka*). J. Fish. Bd. Canada, 28: 409-415.
- Darmayanti, E. I. Raharjo dan Farida. 2018. Sistem Resirkulasi Menggunakan Kombinasi Filter yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Jelawat (*Leptobarbus hoeveni*). Jurnal Ruaya. 6(2):1-8.
- DeLong, D.P., T. M. Losordo, dan J. E. Rakocy. 2009. Tank Culture of Tilapia. SRAC Publication 282:1-8.
- Djokosetiyanto, D., A. Sunarma dan Widanarni. 2006. Perubahan Ammonia (NH₃-N), Nitrit (NO₂-N) dan Nitrat (NO₃-N) pada Media Pemeliharaan Ikan Nila Merah (*Oreochromis* sp.) di Dalam Sistem

- Resirkulasi. Jurnal Akuakultur Indonesia. 5(1): 13-20.
- Effendi, H., P. C. Delis, M. Krisanti dan S. Hariyadi. 2015. The Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*) concurrently Cultivated in Aquaponic System. *Advances in Environmental Biology*. 9(24): 382-388.
- Effendie, M. I. 1997. *Metoda Biologi Perikanan*. Bogor: Yayasan Dewi Sri. 112 hlm.
- El-Sayed, A. F. M. 2002. Effect of Stocking Density and Feeding Levels on Growth and Feed Efficiency of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquaculture Research*. 33: 621-626.
- Firdaus, M., Y. Basri dan N. Muhar. 2014. Penggunaan Bahan Filter yang Berbeda pada Media Pemeliharaan Benih Ikan Sepat Mutiara (*Trichogaster leeri*) terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan. 5(1):1-10.
- Food And Agriculture Organization. 2017. Improving Feed Conversion Ratio And Its Impact On Reducing Greenhouse Gas Emissions in Aquaculture.
- Gichana, Z., P. Meulenbroek, E. Ogello, S. Drexler, W. Zollitsch, D. Liti, P. Akoll dan H. Waidbacher. 2019. Growth and Nutrient Removal Efficiency of Sweet Wormwood (*Artemisia annua*) in a Recirculating Aquaculture System for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal MDPI Water*. 11(923): 1-14.
- Hanief, M. A. R., Subandiyono dan Pinandoyo. 2014. Pengaruh Frekuensi Pemberian Pakan Terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Benih Tawes (*Puntius javanicus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 3(4):67-74.
- 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.
- Istiqomah, D. A., Suminto dan D. Harwanto. 2018. Efek Pergantian Air dengan Persentase Berbeda terhadap Kelulushidupan, Efisiensi Pemanfaatan Pakan dan Pertumbuhan Benih Monosex Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 7(1):46-54
- Karasu Benlü, A. dan G.L. Koksall. 2005. The Acute Toxicity of Ammonia on Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Larvae and Fingerlings. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 29(1): 339-344.
- Karimah, U., I. Samidjan dan Pinandoyo. 2018. Performa Pertumbuhan dan Kelulushidupan Ikan Nila Gift (*Oreochromis niloticus*) yang Diberi Jumlah Pakan yang Berbeda. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 7(1): 128-135.
- 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.
- Klanian M. G. dan C. A. 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.
- Koch, J. F. A., M. M. Barros, C. P. Teixeira, P. L. P. F. Carvalho, A. C. F. Junior, F. T. Cintra dan L. E. Pizzato. 2016. Protein-to-Energy Ratio of 21,43 g MJ⁻¹ Improves Growth Performance of Nile Tilapia at The Final Rearing Stage Under Commercially Intensive Rearing Condition. *Aquaculture Nutrition*. 23(3): 1-11.
- 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.
- Landau, M. 1992. *Introduction to Aquaculture*. Singapore: John Wiley and Sons.
- Lee, J. V., J. L. Loo, Y. D. Chuah, P. Y. Tang, Y. C. Tan dan C. H. Wong. 2013. The Design of a Culture Tank in an Automated Recirculating Aquaculture System. *International Journal of Engineering and Applied Science*. 2(2): 67-77.
- Maldonado, P. S. D. V., V. H. Montoya, M. A. M. Morán, N. A. R. Vázquez dan M. A. P. Cruz. 2018. Surface Modification of a Natural Zeolite by Treatment With Cold Oxygen Plasma: Characterization and Application in Water Treatment. *Applied Surface Science*. 434: 1193–1199.
- Malone, R. F. dan L. E. Beecher. 2000. Use of Floating Bead Filters to Recondition Recirculating Waters in Warmwater Aquaculture Production Systems. *Aquacultural Engineering*. 22(1): 57-73.
- Masser, M.P., J. Rakocy dan T. M. Losordo. 1999. *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems Management of Recirculating Systems*. Southern Regional Aquaculture Center Publication. No. 452.
- Miyaoka, Y., M. Hatamoto, T. Yamaguchi dan K. Syutsubo. 2016. Eukaryotic Community Shift in Response to Organic Loading Rate of an Aerobic Trickling Filter (Down-Flow Hanging Sponge Reactor) Treating Domestic Sewage. *Microbial Ecology*. 73(4): 801-814.
- Mulyadi, U. Tang dan E. S. Yani. 2014. Sistem Resirkulasi dengan Menggunakan Filter yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 2(2): 117 – 124.

- Nasution, A. S. I., F. Basuki dan S. Hastuti. 2014. Analisis Kelulushidupan dan Pertumbuhan Benih Ikan Nila *Saline Strain* Pandu (*Oreochromis niloticus*) yang Dipelihara di Tambak Tugu, Semarang dengan Kepadatan Berbeda. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 3(2):25-32.
- Nugroho, A., E. Arini dan T. Elfitasari. 2013. Pengaruh Kepadatan yang Berbeda Terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Sistem Resirkulasi dengan Filter Arang. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 2 (3):94-100.
- Nurhidayat dan R. Ginanjar. 2010. Fungsi Biofilter dalam Sistem Resirkulasi untuk Pembesaran Benih Patin Albino (*Pangasius hypophthalmus*). *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. 433-438.
- Nurhidayat, K. Nirmala dan D. Djokosetyanto. 2012. Efektivitas Kinerja Media Biofilter dalam Sistem Resirkulasi terhadap Kualitas Air untuk Pertumbuhan dan Sintasan Ikan Red Rainbow (*Glossolepis incisus* Weber). *Jurnal Ristek Akuakultur*. 7(2): 279-292.
- Pak, D., W. Chang dan S. Hong. 2002. Use of Natural Zeolite to Enhance Nitrification in Biofilter. *Environmental Technology*. 23(1): 791-798.
- Palawe, J. F. P. dan J. Antahari. 2018. TPC (Total Plate Count), WAC (Water Adsorbtion Capacity) Abon Ikan Selar dan Cooking Loss Daging Ikan Selar (*Selaroides leptolepis*). *Jurnal Ilmiah Tindalung*. 4(2): 57-60.
- Papa, E., V. Medri, S. Amari, J. Manaud, P. Benito, A. Vaccari dan E. Landi. 2018. Zeolite-Geopolymer Composite Materials: Production and Characterization. *Journal of Cleaner Production*. 171:76-84.
- Pungrasmi, W., P. Phinitthanaphak dan S. Powtongsook. 2016. Nitrogen Removal From a Recirculating Aquaculture System Using Apumice Bottom Substrate Nitrification Denitrification Tank. *Ecological Engineering*. 95: 357-363.
- Purwa, N., Juninto dan T. Herawati. 2012. Karakteristik Bakteri Caviar Nilem Dalam Perendaman Campuran Larutan Asam Asetat dengan Larutan Garam pada Penyimpanan Suhu Rendah (5-10°C). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(4): 171-175.
- Putra, I., D. D. Setiyanto dan D. Wahyuningrum. 2011. Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila *Oreochromis niloticus* dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 16(1) : 56-63.
- 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.
- Ramli, N. M., M. C. J. Verdegem, F. M. Yusoff, M. K. Zulkifely dan J. A. J. Verreth. 2017. Removal of Ammonium and Nitrate in Recirculating Aquaculture Systems by The Epiphyte *Stigeoclonium nanum* Immobilized in Alginate Beads . *Aquaculture Environment Interactions*. 9(1): 213-222.
- Rayhan, M. Z., M. A. Rahman, M. A. Hossain dan T. Akter. 2018. Effect of Stocking Density on Growth Performance of Monosex Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with Indian Spinach (*Basella alba*) in a Recirculating Aquaponic System. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 3(2): 343-349.
- Rijn, J. V. 2013. Waste Treatment in Recirculating Aquaculture Systems. *Aquacultural Engineering* 53 (2013) 49- 56.
- 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.
- Septian R., I. Samidjan, dan D. Rachmawati. 2013. Pengaruh Pemberian Kombinasi Pakan Ikan Rucuh dan Buatan yang Diperkaya Vitamin E terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Kepiting Soka (*Scylla paramamosain*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 2(1):13-24.
- Silaban, T. F., L. Santoso dan Suparmono. 2012. Peningkatan Kinerja Filter Air untuk Menurunkan Konsentrasi Amonia pada Pemeliharaan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 1(1): 47-56.
- SNI 6141:2009. Produksi Benih Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus* Bleeker) Kelas Benih Sebar.
- Sugiyono. 2011. Metode Penelitian Administratif. Bandung: Alfabeta.
- Sulasi, S. Hastuti Dan Subandiyono. 2017. Pengaruh Enzim Papain dan Probiotik pada Pakan Buatan Terhadap Pemanfaatan Protein Pakan dan Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*: 2(1):1-10.
- Tanjung, R. R. M., I. Zidni, Iskandar dan Junianto. 2019. Effect of Difference Filter Media on Recirculating Aquaculture System (RAS) on Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Production Performance. *World Scientific News*. 118(1) : 194-206.
- Tseng, K. F. dan K. L. Wu. 2004. The Ammonia Removal Cycle for a Submerged Biofilter Used in a Recirculating Eel Culture System. *Aquacultural Engineering*. 31(1): 17-30.
- Utama, M. P., R. Kusdarwati dan A. M. Sahidu. 2017. Pengaruh Penggunaan Filtrasi Zeolit dan Arang Aktif terhadap Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) Air Tambak Kecamatan Jabon, Sidoarjo. *Journal of Marine and Coastal Science*. 6(1): 19-30.

- Utami, R. H., K. Nirmala, I. Rusmana, D. Djokosetiyanto dan Y. P. Hastuti. 2018. The Application of Phytoremediation *Lemna perpusilla* to Increase the Production Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a Recirculation System. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 17 (1), 34–42.
- Wegelin, M. 1996. Surface Water Treatment By Roughing Filters. Swiss Centre for Development Cooperation In Technology and Management (SKAT). St. Gallen Switzerland. 1-188.
- Wicaksana, S. N., S. Hastuti dan E. Arini. 2015. Performa Produksi Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang Dipelihara dengan Sistem Biofilter Akuaponik dan Konvensional. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 4(4): 109-116.
- Yang, H., Y. Wang, Q. Yu, G. Cao, X. Sun, R. Yang dan G. Li. 2018. Low-Cost, Three-Dimension, High Thermal Conductivity, Carbonized Wood-Based Composite Phase Change Materials for Thermal Energy Storage. *Energy*. 159: 929–936.
- Yulianti, D. M., T. Aminatun dan Yuliati. 2016. Pengaruh Umur Pemakaian Zeolit Alam dan Arang dalam Penyaringan Air Sumur Sistem Adsorpsi terhadap Kualitas Bakteriologis Air. *Jurnal Prodi Biologi*. 5(2):1-6.
- Zhang, X., J. Li, Y. Yu, R. Xu dan Z. Wu. 2016. Biofilm Characteristics in Natural Ventilation Trickling Filters (NVTFS) for Municipal Wastewater Treatment: Comparison of Three Kinds of Biofilm Carriers. *Biochemical Engineering Journal*. 106: 87–96.
- Zonneveld, N. dan R. Fadholi. 1991. Feed Intake and Growth of Red Tilapia at Different Stocking Densities in Ponds in Indonesia. *Aquaculture*. 99(1): 83-94.