**HALAMAN DEPAN**

Naskah memiliki penulis utama dan penulis lain. Nama penulis tidak menggunakan gelar. Tandai penulis untuk korespondensi dengan jelas agar dapat kami hubungi selama proses publikasi. Isi nama lengkap penulis utama dan penulis lain. Penulis untuk korespondensi adalah orang yang akan kami hubungi pada seluruh tahap publikasi.

Penulis pertama:

 1. Nama : Saberina Hasibuan

 2. Afiliasi : Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

 3. E-mail : Saberina.hasibuan@lecturer.unri.ac.id

 4. Orcid ID : 0000--0003-0546-2207

 5. Kontribusi pada naskah ini : Penulis utama

Penulis kedua:

 1. Nama : Syafriadiman

 2. Afiliasi : Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

 3. E-mail : syafriunri@gmail.com

 4. Orcid ID : 0000-0001-8787-8884

 5. Kontribusi pada naskah ini : Penulis Lain

Penulis ketiga:

 1. Nama : (nama penulis tidak menggunakan gelar)

 2. Afiliasi : Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

 3. E-mail : nandy.sy.ns@gmail.com

 4. Orcid ID : -

 5. Kontribusi pada naskah ini : Penulis Lain

Dan seterusnya

**Efek Zeolit Terhadap Kadar Ammonia (NH3) pada Media Pemeliharaan Ikan**

**Nila dengan Sistem Resirkulasi**

**The Effect of Zeolite Toward Ammonia (NH3) in Tilapia Rearing Media with Recirculation System**

**Saberina Hasibuan1), Syafriadiman1), Muhammad Nandy Syahputra2)**

**1)**Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan,

Universitas Riau, Pekanbaru, Provinsi Riau

**2)**Alumni Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan,

Universitas Riau, Pekanbaru, Provinsi Riau

\*Corrensponding author, e*-*mail: *Saberina.hasibuan@lecturer.unri.ac.id*

**Abstrak** Pemeliharaan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan padat tebar tinggi dan pemberian pakan dapat menyebabkan penurunan kualitas air akibat akumulasi limbah metabolisme seperti ammonia yang bersifat racun bagi ikan yang dipelihara. Oleh karena itu diperlukan filter zeolit yang dapat menurunkan kadar ammonia sehingga tidak berbahaya bagi kelangsungan hidup ikan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari–April 2020, di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh penggunaan filter zeolit terhadap kadar ammonia pada media pemeliharaan Ikan Nila (*O. niloticus*) dan menemukan dosis yang sesuai dalam penggunaan filter zeolit. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yang terdiri dari empat taraf perlakuan. Perlakuan yang digunakan adalah pemberian filter zeolit dengan dosis yang berbeda, yaitu P0: Kontrol tanpa penggunaan filter, P1: Penggunaan zeolit 5,68 g/L, P2: Penggunaan zeolit 11,37 g/L, P3: Penggunaan zeolit 17,05 g/L. Perlakuan yang terbaik adalah P3 dengan dosis zeolit 17,05 g/L dengan nilai TAN 0,2616 mg/L, kadar Ammonia 0,0018 mg/L dan nilai reduksi TAN 59%. Tingkat kelulushidupan tertinggi pada P3 yaitu 88,88 %. Nilai kualitas air pada saat penelitian yaitu Suhu 27-29 oC, pH 6,7-7,0, DO 6,2-6,9 mg/L.

**Kata kunci**: *Oreochromis niloticus*; Zeolit; Ammonia; media budidaya; filter

**Abstract** Culture of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with high stocking density and feeding can cause a decrease in water quality due to the accumulation of metabolic waste such as ammonia which is toxic for fish rearing. A zeolite filter is needed which can reduce ammonia levels until it is not harmful to fish survival. This research was conducted in February-April 2020 at the Aquaculture Environmental Quality Laboratory, Fisheries and Marine Faculty of Riau University. The purposed of this study was to determine the effect of using zeolite on Ammonia (NH3) and determine the appropriate dose for Tilapia (*Oreochromis niloticus*) rearing. The research method was a Completely Randomized Design (CRD) one factor with 4 levels of treatment (P0: Control without the use of filters, P1: Use of zeolite 5.68 g/L, P2: Use of zeolite 11.37 g/L, P3: Use of zeolite 17.05 g/L). The appropriate treatment for Tilapia rearing is P3 (Zeolite 17.05 g/L) with TAN value is 0.2616 mg/L, Ammonia 0.0018 mg/L, TAN reduction is 59%, and Survival Rate of fish is 88.88%. The value of water quality during the study were temperature 27-29 oC, pH 6.7-7.0, and DO 6.2-6.9 mg/L.

**Keywords**: *Oreochromis niloticus*; Zeolite; Ammonia; culture media; filter

**Pengantar**

Kegiatan budidaya ikan dengan padat tebar tinggi dapat menyebabkan mortalitas tinggi (Mahmoud *et al*., 2021) dan pemberian pakan, dapat meningkatkan produksi limbah dari sisa metabolisme ikan dan selanjutnya Kokou dan Eleni 2018, menyatakan sisa pakan yang menyebabkan penurunan kualitas air. Limbah budidaya yang biasanya dihasilkan seperti ammonia. Produksi ammonia yang melebihi ambang batas dapat berbahaya bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan yang dibudidayakan karena bersifat racun. Menurut Setyaningrum *et al*., 2019, mengemukakan feses, sisa pakan dan buangan metabolit dapat sebagai penyebab menurunnya kualitas air pemeliharaan yang berakibat pada tingginya kadar ammonia selama pemeliharaan. Ikan mengeluarkan 80-90% ammonia melalui proses osmoregulasi, sedangkan dari feses dan urine sekitar 10-20% dari total nitrogen (Wijaya *et al.*, 2014). Produksi ikan yang intensif dapat menimbulkan dampak negatif pada kelangsungan hidup, kinerja, kesehatan ikan dan mengubah kualitas air (Dawood *et al*., 2020).

Akumulasi ammonia pada media budidaya merupakan salah satu penyebab penurunan kualitas air yang dapat berakibat pada kegagalan produksi budidaya ikan. Penurunan kualitas air ini perlu dicarikan solusi agar tidak menyebabkan kerugian dalam kegiatan budidaya. Salah satu cara agar dapat mengurangi masalah tersebut adalah dengan memelihara ikan dalam sistem resirkulasi dengan menggunakan filter. Ghasemi *et al*., 2016 mengemukakan zeolit ​​adalah aluminosilikat terhidrasi kristal mikro, yang telah ditemukan berbagai aplikasi karena karakteristik fisikokimianya yang sangat unik seperti pertukaran ion dan sifat adsorpsi-desorpsi yang dapat digunakan sebagai filter. Gendel dan Lahav 2013, menyatakan bahwa beberapa zeolit ​​alam seperti klinoptilolit dan chabazite adalah salah satu penyerap alami yang paling efektif untuk menghilangkan amonia. Penerapan natrium membentuk chabazite alami untuk menangkap amonia dari sistem resirkulasi budidaya ikan nila telah berhasil dilakukan.

Zeolit memiliki kemampuan mengurangi kadar ammonia dari air karena pada struktur pori zeolit terdapat ion natrium sebagai pengganti ion ammonia yang diserap. Struktur kristal zeolit yang tidak teratur pada permukaan dan luas permukaan yang tinggi membuatnya menjadi perangkap yang sangat efektif untuk partikulat halus dan ion ammonia. Selain itu media zeolit mikroporous berisi area permukaan besar untuk penjeratan partikel berukuran koloid. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit dapat digunakan sebagai filter air untuk menurunkan konsentrasi ammonia (Silaban *et al*., 2012).

Menurut Nurhidayat (2009) zeolit murni mempunyai kemampuan mengikat atau daya afinitas yang cukup besar terhadap ion-ion ammonia. Oleh karena itu, untuk menghilangkan ammonia diperlukan zeolit yang dapat tukar menukar ion, yakni ion natrium (Na+) dari zeolit dan klinoptilolite dapat ditukar tempatnya oleh ion ammonium (NH4+) sehingga NH4+ yang tadinya berkeliaran larut dalam air lalu diikat oleh zeolit. Diikatnya ion ammonium mengakibatkan berkurangnya molekul ammonia. Persamaan reaksi proses pengikatan tersebut adalah sebagai berikut :

Na+ Z- + NH4+ NH4+ Z + Na+

2Na+ Z + Ca2+ Ca2+ Z2- + 2Na+

Penggunaan filter zeolit dengan dosis 11,37 g/L pada wadah tercemar dapat mengurangi kadar ammonia sebesar 2,156 mg/L (Firdaus, 2016).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan filter zeolit terhadap nilai kadar ammonia pada media pemeliharaan Ikan Nila (*O. niloticus*) dan menemukan dosis yang tepat dalam penggunaan filter zeolit.

**Bahan dan Metode**

*Bahan*

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2020 di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Benih Ikan Nila *(O. niloticus),* Zeolit, Pelet CP FF-999, NaOH, Air sampel, MnSO4, Larutan chlorox, Larutan phenate, Larutan PK, Aquades, Larutan standar 0,1 ppm, Larutan standar 0,3 ppm, Larutan standar 0,5 ppm, Larutan standar 0,75 ppm, Larutan standar 1,0 ppm. Alat yang digunakan, adalah akuarium, Spektrofotometer Uv-Vis, Pompa air, Gelas ukur, Tabung reaksi, Erlenmeyer, pH meter, Botol sampel, Drying Oven, Timbangan analitik, Pipet tetes.

*Metode*

 Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor, 4 taraf perlakuan dan 3 ulangan. Taraf perlakuan mengacu pada penelitian Firdaus (2016), bahwa dosis zeolit yang digunakan paling baik yaitu 11,37 g/L (7,58**±**3,79 g/L) dengan daya reduksi ammonia 2,156 mg/L (65%). Oleh karena itu perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: P0: Kontrol tanpa penggunaan filter, P1: Penggunaan zeolit 5,68 g/L, P2: Penggunaan zeolit 11,37 g/L dan P3: Penggunaan zeolit 17,05 g/L

**Prosedur Penelitian**

Wadah yang digunakan adalah akuarium dengan ukuran 30cm x 30cm x 20cm sebanyak 12 unit yang dilengkapi dengan wadah filter berupa botol sampel 1000 ml dan juga pompa air. Sebelum dilakukan pengisian air, wadah pemeliharaan ikan terlebih dahulu disterilisasi dengan dibilas dengan larutan PK. Kemudian wadah dicuci dengan air mengalir hingga bersih, lalu dilakukan pengisian air. Wadah diisi air dengan volume 12 liter.

Butiran zeolit yang digunakan sebagai perlakuan terlebih dahulu dilakukan aktivasi. Aktivasi zeolit perlu dilakukan agar zeolit dapat bekerja sesuai fungsinya untuk penyerapan zat ammonia. Aktivasi zeolit dilakukan di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Aktivasi zeolit dilakukan sesuai langkah kerja Anwar (1987), zeolit ditimbang sebanyak 100 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi 1000 ml NaOH. Zeolit di dalam gelas piala tersebut diaduk lebih kurang 2 menit dan dibiarkan selama 4 jam. Setelah itu zeolit dicuci dengan aquades sampai bau NaOH hilang. Selanjutnya zeolit dikeringkan selama 2-3 jam pada temperatur 150oC.

Batu zeolit yang telah diaktivasi kemudian ditimbang sesuai dengan dosis lalu dimasukkan ke dalam filter berbentuk botol sampel 1000 ml yang telah dimodifikasi. Pompa dihidupkan agar proses resirkulasi dapat berjalan. Instalasi filter dipasang di atas akuarium, lalu filter dihubungkan dengan pompa air menggunakan selang. Air pemeliharaan ikan akan dipompa dan selanjutnya masuk ke wadah filter. Setelah air melewati wadah filter akan dikembalikan ke media pemeliharan ikan dengan pompa berdaya 18 watt.

Ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih Ikan Nila (*O. niloticus*). Padat tebar untuk pemeliharaan Ikan Nila adalah 1 ekor/L dengan ukuran panjang 4-6 cm (Diansari *et al.,* 2013). Ikan uji terlebih dahulu diadaptasikan terhadap media pemeliharaan dan pakan selama 2 hari. Ikan tersebut kemudian dimasukan secara acak ke dalam 12 wadah pemeliharaan. Ikan Nila diberi pakan berupa pelet CP FF-999 dengan dosis pakan 4% dari bobot ikan per hari dengan frekuensi tiga kali sehari pada pagi, siang, dan sore hari (Putra *et al.,* 2011).

Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah Total Ammonia Nitrogen (TAN), kadar Ammonia tak terionisasi (NH3), daya reduksi nilai TAN dan beberapa parameter kualitas air pendukung, seperti oksigen terlarut (DO), suhu dan pH. Pengukuran parameter uji dilakukan sebanyak 1 kali dalam seminggu dan dilakukan selama 28 hari. Pengukuran parameter uji dilakukan di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau.

**Pengukuran Total Ammonia Nitrogen**

Menurut Permatasari (2012) untuk pengukuran TAN (Total Ammonia Nitrogen) menggunakan metode phenate. Sebanyak 10 ml sampel air dimasukkan ke dalam gelas ukur, kemudian diteteskan 1 tetes MnSO4. Setelah itu pada sampel dimasukkan chlorox sebanyak 0,5 ml dan larutan phenate sebanyak 0,6 ml, kemudian sampel didiamkan selama ±15 menit. Setelah berubah warna, air sampel diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 630 nm. Sementara itu dibuat larutan standar NH4Cl dengan konsentrasi 0,1 ppm, 0,3 ppm, 0,5 ppm, 0,75 ppm, dan 1,0 ppm untuk menentukan kurva kalibrasi, masing-masing larutan standar dimasukkan ke dalam gelas ukur kemudian diteteskan 1 tetes MnSO4.

Setelah itu pada larutan standar dimasukkan chlorox sebanyak 0,5 ml dan larutan phenate sebanyak 0,6 ml, kemudian didiamkan selama ±15 menit dan absorbansi masing-masing larutan standar diuji dengan alat spektrofotometer. Kelayakan suatu kurva kalibrasi diuji dengan uji kelinieran kurva. Uji ini diperoleh dengan penentuan koefisien korelasi (R) yang merupakan ukuran kesempurnaan hubungan antara konsentrasi larutan standar dengan absorbansi larutan. Nilai R2 yang baik terletak pada kisaran 0,9 ≤ R2 ≤ 1. Setelah didapatkan nilai R2 lalu plotkan nilai absorbansi sampel ke persamaan linear yang sudah didapatkan, dari kurva kalibrasi dapat diketahui bahwa, persamaan garis yang menyatakan hubungan antara konsentrasi dan absorbansi yaitu y=a+bx dalam hal ini y adalah absorbansi, x adalah konsentrasi. Nilai a menyatakan kemiringan kurva sedangkan nilai b menunjukkan intersep yaitu titik potong antara kurva dengan sumbu y dan x menunjukkan konsentrasi TAN.

**Persentase reduksi ammonia**

Reduksi ammonia dari filter pada wadah penelitian dilakukan pengamatan pada akhir penelitian. Menurut Suyata (2009) untuk mengetahui persentase (%) daya reduksi ammonia dicari dengan rumus: $\%Penurunan=\frac{C0-C1}{C0}×100\%$ …………………………………(1)

Keterangan:

C0 = nilai TAN awal

C1 = nilai TAN akhir

**Kadar Ammonia Tak Terionisasi (NH3)**

Total Ammonia Nitrogen dalam perairan terdiri dari dua fraksi ammonia, yaitu ammonia terionisasi atau ammonia yang mempunyai ion positif (NH4+), dan ammonia tak terionisasi yang tidak mempunyai ion positif (NH3). Kadar ammonia tak terionisasi dalam perairan akan meningkat apabila terjadi kenaikan suhu dan pH. Kadar Ammonia (NH3) dihitung dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Albert (1973) sebagai berikut:

 $NH3 (mg/L)=\frac{[TAN]}{(1+10\^pKa-pH)}$ ………………………………………………………….(2)

Keterangan:

TAN = Total Ammonia Nitrogen

pKa = Derajat Kelarutan Asam (Emerson *et al.,* 1975)

 = $\frac{(0,09018+2729,92)}{(T+273)}$

T = Suhu air (oC)

pH = Derajat Keasaman Air

**Pengukuran kualitas air**

**1. Oksigen terlarut (DO)**

Pengukuran Oksigen Terlarut (DO), dilakukan dengan menggunakan DO meter, yaitu dengan memasukkan probe DO ke dalam media uji hingga probe terendam. Gerakkan elektroda di dalam media ke atas atau ke bawah kemudian baca sebagian mg/L (SNI, 1994).

**2. Suhu**

Pengukuran suhu dilakukan menurut SNI (1994), yaitu termometer dicelupkan kedalam air sampai batas skala baca, biarkan 2-5 menit sampai skala suhu pada thermometer menunjukkan angka yang stabil, pembacaan skala termometer harus dilakukan tanpa mengangkat lebih dahulu thermometer.

1. **pH**

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter dengan tingkat ketelitian 0,1. Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan pH meter ke dalam wadah dan dibaca setelah pH meter menunjukkan angka konstan (SNI, 1994).

**Pengukuran Tingkat Kelulushidupan Ikan**

Pengukuran tingkat kelulushidupan ikan dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Tingkat Kelulushidupan (SR) dihitung dengan rumus Effendie (1986) sebagai berikut:

**SR =** $\frac{Nt}{N0}×100\%$

Keterangan:

SR = Kelulushidupan ikan (%)

Nt = Jumlah ikan uji pada akhir penelitian (ekor)

No = Jumlah ikan uji pada awal penelitian (ekor)

**Hasil Dan Pembahasan**

**Total Ammonia Nitrogen (TAN)**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan selama 28 hari dan pengamatan yang dilakukan setiap 7 hari sekali, diperoleh seluruh data nilai TAN pada media pemeliharaan Ikan Nila *(O. niloticus)*. Hasil pengukuran TAN pada awal dan akhir penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil pengukuran TAN pada awal dan akhir penelitian**

|  |
| --- |
| **Total Ammonia Nitrogen awal penelitian (mg/L)** |
| **Ulangan** | **Perlakuan** |
| **P0** | **P1** | **P2** | **P3** |
| 1 | 0,9084 | 0,8133 | 0,7615 | 0,6664 |
| 2 | 0,9430 | 0,8047 | 0,7787 | 0,6404 |
| 3 | 0,8479 | 0,8565 | 0,8047 | 0,6491 |
| **Rata-rata** | **0,8997****±0,0481c** | **0,8248****±0,0277b** | **0,7816****±0,0217b** | **0,6520****±0,0132a** |
| **Total Ammonia Nitrogen akhir penelitian (mg/L)** |
| 1 | 0,7382 | 0,5142 | 0,4281 | 0,2644 |
| 2 | 0,6951 | 0,5487 | 0,4195 | 0,2386 |
| 3 | 0,7209 | 0,5314 | 0,4195 | 0,2817 |
| **Rata-rata** | **0,7181****±0,0216d** | **0,5314****±0,0172c** | **0,4223****±0,0049b** | **0,2616****±0,0216a** |

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar setiap perlakuan (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai TAN terendah pada awal penelitian yaitu pada P3 dosis zeolit 17,05 g/L yaitu sebesar 0,6520 mg/L dan nilai TAN tertinggi pada kontrol (P0) sebesar 0,8997 mg/L. Berdasarkan hasil uji ANAVA menunjukkan P<0,05 pemberian zeolit berpengaruh nyata terhadap nilai TAN pada awal penelitian. Nilai TAN terendah pada akhir penelitian pada P3 dosis zeolit 17,05 g/L sebesar 0,2616 mg/L dan nilai TAN tertinggi pada P0 (kontrol) yaitu sebesar 0,7181 mg/L. Beradasarkan hasil uji ANAVA menunjukkan P<0,05 pemberian zeolit berpengaruh nyata terhadap nilai TAN pada akhir penelitian.

Nitrogen dalam air ada dalam berbagai bentuk N bervalensi 3 dan 5. Ammonia dalam air dapat berbentuk ion ammonium (NH4+) dan gas ammonia (NH3).Kedua bentuk ammonia diukur sebagai Total Ammonia Nitrogen. ​​Inglezakis dan Zorpas, 2012, zeolit dapat bekerja sebagai penukar ion dan sebagai penyaring melalui adsorbsi selektif dan penolakan molekul. Zeolit ini dapat menyerap ion ammonium NH4+ sehingga mengurangi jumlah Ammonia (NH3) dalam perairan.

Struktur kerangka zeolit ​​terdiri dari saluran dan ruang, ditempati oleh molekul H2O dan kerangka ekstra kation seperti K+, Na+, Ca2+ dan Mg2+ yang berfungsi untuk menyeimbangkan muatan negatif zeolit. Pada ekstra-kerangka kation ini dapat dipertukarkan ion dan dengan demikian diperlukan untuk menjaga keseimbangan muatan keseluruhan kerangka (Colella dan Mumpton, 2000; Inglezakis dan Zorpas, 2012).

Penambahan jumlah zeolit menyebabkan penyerapan ammonia di dalam air semakin meningkat sehingga kandungan ammonia semakin menurun. Hal ini sesuai dengan pendapat Hapsari *et al*., 2019, zeolit memiliki kapasitas pertukaran kation yang tinggi, sehingga dengan jumlah zeolit yang lebih banyak dapat menyebabkan filter tersebut lebih efektif daripada perlakuan yang tidak menggunakan zeolit. Jumlah zeolit yang lebih banyak tidak membuat nilai keefektifan filter menurun karena zeolit tidak mudah jenuh.

Nilai reduksi TAN selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Nilai reduksi TAN selama penelitian**

|  |
| --- |
| **Reduksi TAN (%)** |
| **Ulangan** | **Perlakuan** |
| **P0** | **P1** | **P2** | **P3** |
| 1 | 18,73 | 36,77 | 43,78 | 60,31 |
| 2 | 26,29 | 31,81 | 46,14 | 62,76 |
| 3 | 14,96 | 37,95 | 47,87 | 56,61 |
| **Rata-rata** | **19,99±5,76a** | **35,51±3,25b** | **45,93±2,05c** | **59,89±3,09d** |

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar setiap perlakuan (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat nilai reduksi TAN yang tertinggi terjadi pada P3 yaitu sebesar 59,89% dan nilai reduksi terendah terjadi pada P0 yaitu sebesar 19,99%. Beradasarkan hasil uji ANAVA menunjukkan P<0,05 pemberian zeolit berpengaruh nyata terhadap reduksi TAN selama penelitian. Nilai TAN pada media pemeliharaan ikan cenderung mengalami penurunan seiring dengan adanya penambahan zeolit pada filter air. Hal tersebut dikarenakan terjadinya penyerapan ammonia pada media pemeliharaan Ikan Nila (*O. nilocus*) sehingga nilai TAN cenderung menurun yang disebabkan kation ammonia semakin banyak terserap oleh jumlah bukaan pori-pori zeolit serta menukar ion Natrium dan Kalium yang berfungsi menetralkan limbah hasil metabolisme.

Porositas zeolit memainkan peranan penting dalam membedakan antara spesies. Porositas zeolit ​​ditentukan oleh kristalnya struktur (Colella dan Mumpton, 2000). Ukuran pori bervariasi antara 0,3 dan 1 nm, menghasilkan porositas antara 0,1 dan 0,35 cm3/g, masing-masing (Colella dan Mumpton, 2000; Inglezakis dan Zorpas, 2012). Karena struktur mikropori ini, luas permukaan internal cenderung sangat tinggi, berkisar antara 300-700 m2/g (Colella dan Mumpton, 2000).

Untuk grafik fluktuasi TAN selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1. Fluktuasi Total Ammonia Nitrogen selama penelitian.**

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat fluktuasi nilai TAN selama penelitian. Pada wadah yang diberi filter zeolit, nilai TAN mengalami penurunan pada setiap minggunya. Nilai TAN pada P0 berkisar antara 0,7181-0,8997 mg/L, P1 0,5314-0,8248 mg/L, P2 0,4223-0,7816 mg/L, P3 0,2616-0,6520 mg/L. Pada minggu pertama penelitian terjadi penumpukan limbah hasil metabolisme dan sisa pakan yang menyebabkan peningkatan nilai TAN pada media pemeliharaan ikan. Selanjutnya pada minggu kedua hingga minggu keempat nilai TAN dapat dikurangi karena pemeliharaan ikan yang menggunakan sistem resirkulasi dan adanya penambahan filter zeolit.

Namun pada P0 nilai TAN masih terus meningkat hingga minggu kedua karena pada P0 tidak menggunakan filter zeolit sehingga sistem resirkulasi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mereduksi TAN. Selain itu pada P0 akumulasi ammonia menyebabkan efek sub lethal hingga berakibat pada kematian ikan. Ammonia yang dihasilkan dari sisa metabolisme dan urin ikan juga berkurang sehingga kadar TAN pada media pemeliharaan (P0) menjadi lebih sedikit. Sedangkan pada perlakuan yang menggunakan filter zeolit dapat dilihat kinerja zeolit sehingga kadar TAN terus dikurangi. Penggunaan zeolit dengan dosis 17,05 g/L memberikan hasil terbaik dalam menurunkan nilai TAN pada media pemeliharaan Ikan Nila (*O. niloticus*). Kisaran nilai TAN pada akhir penelitian masih tergolong aman bagi Ikan Nila. Menurut Prihartono (2006) bahwa batas kritis ikan terhadap kandungan ammonia terlarut dalam media pemeliharaan adalah 0,6 mg/L.

**Ammonia (NH3)**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan selama 28 hari dan pengamatan yang dilakukan setiap 7 hari sekali, diperoleh seluruh data dari kadar ammonia pada media pemeliharaan Ikan Nila *(O. niloticus)* pada setiap perlakuan. Hasil perhitungan Ammonia pada awal dan akhir penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil perhitungan ammonia pada awal dan akhir penelitian**

|  |
| --- |
| **Kadar Ammonia awal penelitian (mg/L)** |
| **Ulangan** | **Perlakuan** |
| **P0** | **P1** | **P2** | **P3** |
| 1 | 0,0082 | 0,0074 | 0,0048 | 0,0030 |
| 2 | 0,0080 | 0,0068 | 0,0045 | 0,0034 |
| 3 | 0,0061 | 0,0077 | 0,0063 | 0,0051 |
| **Rata-rata** | **0,0074****±0,0011b** | **0,0073****±0,0004b** | **0,0052****±0,0009ab** | **0,0039****±0,0011a** |
| **Kadar Ammonia akhir penelitian (mg/L)** |
| 1 | 0,0050 | 0,0035 | 0,0027 | 0,0018 |
| 2 | 0,0047 | 0,0034 | 0,0024 | 0,0017 |
| 3 | 0,0039 | 0,0036 | 0,0030 | 0,0019 |
| **Rata-rata** | **0,0045****±0,0005d** | **0,0035****±0,0001c** | **0,0027****±0,0003b** | **0,0018****±0,0001a** |

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar setiap perlakuan (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa kadar Ammonia terendah pada awal penelitian pada P3 dosis zeolit 17,05 g/L sebesar 0,0039 mg/L dan kadar ammonia tertinggi pada P0 (kontrol) yaitu sebesar 0,0074 mg/L. Berdasarkan hasil uji ANAVA menunjukkan P<0,05 pemberian zeolit berpengaruh nyata terhadap kadar ammonia pada awal penelitian. Kadar Ammonia (NH3) terendah pada akhir penelitian pada P3 dosis zeolit 17,05 g/L sebesar 0,0018 mg/L dan kadar ammonia tertinggi pada P0 (kontrol) yaitu sebesar 0,0045 mg/L. Beradasarkan hasil uji ANAVA menunjukkan P<0,05 pemberian zeolit berpengaruh nyata terhadap kadar ammonia pada akhir penelitian. Untuk grafik fluktuasi Ammonia (NH3) selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2. Fluktuasi Ammonia (NH3) selama penelitian.**

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat fluktuasi NH3 selama penelitian. Nilai NH3 pada setiap perlakuan mengalami penurunan setiap minggunya. Kadar NH3 pada P0 berkisar antara 0,0074-0,0045 mg/L, P1 0,0073-0,0035 mg/L, P2 0,0052-0,0027 mg/L, P3 0,0039-0,0018 mg/L. Berdasarkan persyaratan BSNI 7550 (2009), batas maksimum kadar NH3 untuk kegiatan budidaya ikan yaitu <0,02 mg/L, sehingga kadar NH3 pada setiap perlakuan memenuhi persyaratan untuk pemeliharaan Ikan Nila.

Penurunan kadar NH3 pada saat penelitian sejalan dengan penurunan nilai TAN, selain itu juga dipengaruhi oleh pH dan suhu pada media pemeliharan ikan. Pada minggu pertama penelitian terjadi akumulasi TAN yang menyebabkan kadar NH3 meningkat. Pada minggu kedua nilai TAN dapat diturunkan karena penggunaan filter zeolit sehingga kadar NH3 juga berkurang. Menurut Effendi (2003) Kesetimbangan antara gas ammonia dan ion ammonium dalam perairan ditunjukkan oleh reaksi berikut:

NH3 + H2O ⬄ NH4++ OH.

 Proporsi TAN bertambah dalam bentuk toksik (NH3) dipengaruhi oleh suhu dan pH. Setiap unit penambahan pH, akan meningkatkan konsentrasi NH3 sebanyak 10 kali (Durborow *et al.*, 1997). Peningkatan nilai pH hingga 1 angka akan meningkatkan nilai konsentrasi NH3 didalam air hingga 10 kali lipat dari semula. Pada pH rendah sebagian besar ammonia akan terionisasi (NH4+), sementara semakin tinggi pH menyebabkan NH3 semakin meningkat, karena senyawa ammonium yang terbentuk tidak terionisasi dan akan bersifat toksik pada ikan (Widayat *et al*., 2010).

Selain pH faktor yang berpengaruh terhadap NH3 yaitu oksigen terlarut (DO). Daya racun ammonia (NH3) juga meningkat dengan menurunnya konsentrasi DO dan toleransi terhadap ammonia menurun dengan menurunnya DO. Kadar NH3 beracun akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut (Febriwahyudi dan Hadi, 2012).

**Kualitas Air Pendukung**

Selain pengukuran TAN dan Ammonia (NH3) juga dilakukan pengukuran terhadap nilai kualitas air pendukung. Nilai parameter kualitas air yang diukur yaitu suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO). Pengukuran dilakukan setiap tujuh hari sekali. Hasil pengukuran kualitas air dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil pengukuran kualitas air pendukung.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Perlakuan** | **BSNI 7550 (2009)** |
| **P0** | **P1** | **P2** | **P3** |
| Suhu (OC) | 28-29 | 27-29 | 27-29 | 27-29 | 25-32 |
| pH  | 6,8-7,0 | 6,9-7,0 | 6,7-7,0 | 6,7-7,0 | 6,5-8,5 |
| DO (mg/L) | 6,3-6,9 | 6,5-6,9 | 6,5-6,9 | 6,2-6,9 | ≥3 |

**Suhu**

Nilai suhu selama penelitian berkisar antara 27-29oC. Nilai tersebut tergolong baik untuk kelulushidupan ikan yang dipelihara karena masih dalam kisaran standar baku mutu yaitu 25-32oC (BSNI 7550, 2009). Penelitian ini dilaksanakan di dalam ruangan, sehingga suhu perairan pada wadah penelitian cukup stabil.

Pemberian filter zeolit pada media pemeliharaan ikan tidak langsung berpengaruh terhadap suhu namun mempengaruhi proses nitrifikasi yang terjadi pada media zeolit. Konsentrasi ammonia juga berfluktuasi dipengaruhi oleh suhu. Saat suhu tinggi menyebabkan aktivitas bakteri dan proses nitrifikasi meningkat, sehingga konsentrasi ammonia rendah. Hal ini sejalan dengan pendapat Boyd (1990) jika suhu air rendah maka proses nitrifikasi akan melambat, hal ini disebabkan karena proses metabolisme bakteri nitrifikasi melambat sehingga ammonia meningkat yang mengakibatkan kondisi toksik bagi ikan. Proses nitrifikasi berlangsung optimal pada kisaran suhu 25-35oC.

**pH (Power Hidrogen)**

Nilai pH selama penelitian berkisar antara 6,7-7,0. Nilai tersebut sudah memenuhi syarat untuk menjaga kelangsungan hidup benih Ikan Nila (*O. niloticus*) yaitu 6,5-8,5 (BSNI 7550, 2009). Nilai pH dan temperatur mempunyai hubungan dengan total ammonia yang tak terionisasi (NH3). Ammonia (NH3) ini lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibangdingkan dengan ammonium. Nilai ammonia (NH3) berbanding lurus dengan nilai pH. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Kordi dan Tancung (2007) yang menyatakan bahwa persentase ammonia (NH3) dalam perairan akan semakin meningkat seiring meningkatnya pH air. Pada saat pH tinggi ammonium yang terbentuk tidak terionisasi dan bersifat toksik pada ikan.

**DO (Dissolved Oxygen)**

Nilai DO selama masa penelitian berkisar antara 6,2-6,9 mg/L. Berdasarkan standar baku mutu air kisaran oksigen terlarut untuk kegiatan budidaya ikan Nila yaitu ≥3 mg/L (BSNI 7550, 2009). Hal ini menunjukkan bahwa nilai DO yang diperoleh masih sangat menunjang untuk kelangsungan kegiatan budidaya ikan, karena masih berada diatas batas baku mutu kualitas air yaitu ≥3 mg/L. Oksigen terlarut dalam suatu perairan merupakan faktor pembatas bagi organisme akuatik dalam melakukan aktivitas. Oleh karena itu ketersediaan oksigen bagi biota air menentukan lingkaran aktivitasnya, demikian juga laju pertumbuhan bergantung pada oksigen. Sistem sirkulasi merupakan salah satu cara untuk memperbaiki kualitas air sebagai media pemeliharaan ikan dalam kegiatan budidaya. Lesmana, 2004, mengemukakan sirkulasi air dapat membantu distribusi oksigen ke segala arah baik di dalam air maupun difusinya atau pertukaran dengan udara dan dapat menjaga akumulasi atau mengumpulnya hasil metabolisme beracun sehingga kadar racun dapat dikurangi.

**Tingkat kelulushidupan ikan.**

Tingkat kelulushidupan adalah peluang hidup suatu individu dalam waktu tertentu, sedangkan mortalitas adalah kematian yang terjadi pada suatu populasi organisme yang menyebabkan berkurangnya jumlah individu di populasi tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kelulushidupan Ikan Nila (*O. niloticus*) yang dipelihara pada sistem resirkulasi dan penambahan filter zeolit dengan dosis berbeda maka dapat diketahui tingkat kelulushidupan tiap unit perlakuan yang tersaji pada Tabel 5.

**Tabel 5. Tingkat Kelulushidupan Ikan Nila (*O. niloticus*).**

|  |  |
| --- | --- |
| Ulangan | Tingkat kelulushidupan (%)  |
| **P0** | **P1** | **P2** | **P3** |
| 1 | 58,33 | 75,00 | 75,00 | 91,66 |
| 2 | 50,00 | 75,00 | 66,66 | 83,33 |
| 3 | 58,33 | 66,66 | 83,33 | 91,66 |
| Rata-rata | **55,55±4,80a** | **72,22±4,81b** | **74,99±8,35b** | **88,88±4,80c** |

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar setiap perlakuan (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa kelulushidupan Ikan Nila pada P0 yang tidak menggunakan filter zeolit memiliki persentase yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan filter zeolit. Berdasarkan hasil uji ANAVA menunjukkan P<0,05 pemberian zeolit berpengaruh nyata terhadap tingkat kelulushidupan ikan selama penelitian. Hasil uji lanjut Student Newman Keuls menunjukkan bahwa P0 berbeda nyata dengan P1, P2, dan P3 namun tidak terlihat perbedaan nyata antara P1 dan P2. Rendahnya tingkat kelulushidupan Ikan Nila (O*. niloticus*) pada perlakuan P0 diduga akibat kandungan ammonia didalam wadah pemeliharaan yang lebih tinggi dibanding pada perlakuan lain. Tingginya tingkat kelulushidupan Ikan Nila (O*. niloticus*) pada perlakuan P3 disebabkan karena penggunaan filter zeolit yang menyebabkan kandungan ammonia yang cenderung lebih rendah dibanding perlakuan P0. Akumulasi senyawa ammonia dari limbah sisa pakan dan hasil metabolisme dapat menjadi toksik yang menurunkan produktivitas dan kelangsungan ikan yang dibudidayakan (Marlina dan Rakhmawati, 2016).

Pada sektor perikanan ammonia merupakan bahan pencemar utama. Ammonia dihasilkan dari proses deaminasi protein pada makanan ikan di kultur perairan dan hasil ekskresi dari insang ikan. Selain itu, pembusukan makanan dan feses ikan juga merupakan sumber lain pembentuk ammonia dalam kultur perairan. Jika terakumulasi dalam tubuh ikan, ammonia dapat menjadi beracun. Jika konsentrasi ammonia mencapai >0,02 ppm, maka ikan tersebut akan mengalami kematian. Walaupun ammonia jarang terakumulasi hingga level mematikan (letal), namun ammonia tersebut dapat memiliki dampak berbahaya (sub-letal) diantaranya tingkat pertumbuhan ikan akan lebih lambat, konversi pakan akan berkurang serta resistansi terhadap penyakit akan menurun. Selain itu, Total Ammonia Nitrogen (TAN) yang terdiri atas Ammonium (NH4+) dan gas Ammonia (NH3) yang ada di kultur perairan dapat terkonversi menjadi nitrit oleh bakteri tertentu. Senyawa nitrit ini dapat masuk ke aliran darah ikan melalui insang sehigga mengubah darah ikan menjadi berwarna kecoklatan. Penyakit pada ikan ini disebut dengan *brown-blood disease* (Ghasemi *et al*., 2016).

**Kesimpulan**

Pemberian filter zeolit dengan dosis berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap nilai Total Ammonia Nitrogen (TAN) dan juga kadar ammonia tak terionisasi (NH3) pada media pemeliharaan Ikan Nila (*O. niloticus*). Perlakuan yang terbaik adalah P3 dengan dosis zeolit 17,05 g/L dengan nilai TAN 0,2616 mg/L, kadar Ammonia 0,0018 mg/L dan daya reduksi TAN sebesar 59%. Tingkat kelushidupan tertinggi pada P3 yaitu 88,88%. Nilai kualitas air pada saat penelitian yaitu Suhu 27-29oC, pH 6,7-70, DO 6,2-6,9 mg/L. Nilai kualitas air tergolong baik untuk mendukung tingkat kelulushidupan Ikan Nila (*O. niloticus*).

**Daftar Pustaka**

Albert, A. 1973. Selective toxicity. Chapman & Hall. London.

Anwar, K. P.1987. *Zeolit Alam, Kejadian, Karakter, dan Kegunaan*. Direktorat Jendral Pertambangan Umum. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.

Boyd, CE. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture*.* Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama.

BSNI 7550. 2009. Produksi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Bleker) Kelas Pembesaran di Kolam Air Tenang. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.

Colella, C., & Mumpton, F.A. 2000. Natural Zeolites for the Third Millennium. ICNZ, International Committee on Natural Zeolites. A. De Frede.

Dawood, M.A.O., Metwally, A., El-Sharawy, M.E., Atta, A.M., Elbialy, Z.I., Abdel-Latif, H.M.R., Paray, B.A. 2020. The role of β-glucan in the growth, intestinal morphometry, and immunerelated gene and heat shock protein expressions of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under different stocking densities. Aquaculture 523, 735205.

Diansari, V. R., Arini, A., Elvitasari, T. 2013. Pengaruh Kepadatan yang Berbeda terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Sistem Resirkulasi dengan Filter Zeolit. J. of Aquaculture Management and Technologi*.* 2 (3). 37-45 hlm.

Durborow, R.M., D. M. Crosby., M. W. Brunson. (1997). Ammonia in Fish ponds. SRAC PublicationNo. 463 pp.

Effendi. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.

Effendie, M. I., 1986. Metode Biologi Perikanan. Yayasan Dwi Sri. Bogor. 112 hlm.

Emerson, K., RC Russo., RE Lund., RV Thurston. 1975. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effects of pH and Temperature, J. of the Fisheries Research Board of Canada Vol. 32. 2379-2383 pp.

Febriwahyudi, C.T., & W, Hadi. 2012. Resirkulasi Air Tambak Bandeng dengan Slow Sand Filter. J. Teknik Pomits1(1): 1-5 hlm.

Firdaus, M. 2016. Reduksi Ammonia (NH3) dalam Wadah Tercemar Menggunakan Biofilter Zeolit dengan Teknologi Resirkulasi. *Skripsi.* Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru.

Gendel Y, & Lahav O. 2013. A novel approach for ammonia removal from fresh-water recirculated aquaculture systems, comprising ion exchange and electrochemical regeneration. Aquacultural Engineering 52: 27–38.

Ghasemi, Z., Iman, S., Hossein, K., Sohrab, R. 2016. Application of zeolites in aquaculture industry: a review, Reviews in Aquaculture 0, 1–21.

Hapsari. A. W., Johannes. I, Dicky. H. 2020. Aplikasi Komposisi Filter yang Berbeda Terhadap Kualitas Air, Pertumbuhan dan Kelulushidupan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Pada Sistem Resirkulasi. J. Sains Akuakultur Tropis (4)1:39-50 hlm.

Inglezakis, V.J., Zorpas, A.A., 2012. Handbook of Natural Zeolites. Bentham Science Publishers.

Kokoua, F., & Eleni, F, 2018. Aquaculture waste production associated with antinutrient presence in common fish feed plant ingredients. Aquaculture 495, 295–310.

Kordi, M. G. & A.B. Tancung. 2007. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Renika Cipta. Jakarta. 210 hlm.

Lesmana, D. S. 2004. Kualitas Air untuk Ikan Hias Air Tawar. Penebar Swadaya. Jakarta.43 hlm.

Marlina E., & Rakhmawati. 2016. Kajian Kandungan Amonia Pada Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Menggunakan Teknologi Akuaponik Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*) *Prosiding* Seminar Nasional Tahunan Ke*-V* Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*,* 181-187 hlm.

Mahmouda,H.K., Redab, F.M., Alagawanyb, M., Farag, M.R. 2021. Ameliorating deleterious effects of high stocking density on *Oreochromis niloticus* using natural and biological feed additives. Aquaculture 531, 735900

Nurhidayat. 2009. Efektifitas Kinerja Media Biofilter dalam Sistem Resirkulasi terhadap Kualitas Air, Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Red Rainbow (*Glossolepis incisus* Weber). *Tesis*. Sekolah pasca sarjana Institut Pertanian Bogor. 67 hlm.

Permatasari, D. W. 2012. Kualitas Air pada Pemeliharaan Ikan Nila (*Oreochromis* sp.) Intensif di Kolam Departemen Budidaya Perairan Institut Pertanian Bogor. *Skripsi.* Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Insitut Pertanian Bogor. Bogor

Prihartono, E, R. 2006. Permasalahan Goerami dan solusinya. Penebar Swadaya. Jakarta. 82 hlm.

Putra, I., D. D., Setyanto dan D. Wahjuningrum. 2011. Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dalam Sistem Resirkulasi. J. Perikanan dan Kelautan. 16 (1): 56-63 hlm.

Setyaningrum, N., M. H. Sastranegara., Sugiharto., F. Isdianto. 2019. Kualitas Air dan Pertumbuhan Ikan Nilem (*Osteochilus vittatus* Valenciennes*,*) pada Sistem Resirkulasi dengan Media Filtrasi Berbeda. Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal*.* 36 (3): 139-146 hlm.

Silaban, T. F., Santoso, L., Suparmono. 2012. Dalam Peningkatan Kerja Filter Air untuk Menurunkan Konsentrasi Ammonia pada Pemeliharaan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). J. Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan 1: 47-56 hlm.

SNI. 1994. Pengujian Kualitas Air Sumber dan Limbah Cair. Direktorat Pengembangan Laboratorium Rujukan dan Pengolahan Data. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Jakarta.

Suyata, I. 2009. Penurunan Kadar Ammonia, Nitrit, dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Skripsi.* Fakultas Sains dan Teknik Unsoed. Purwokerto.

Widayat, Ahmad. R, dan Muhamad. R. 2010. Pengaruh Dealuminasi dan Jenis Sumber Zeolit Alam Terhadap Kinerja H-Zeolit untuk Proses Dehidrasi Etanol. Reaktor*.* 13 (1):51-57 hlm.

Wijaya. O, Raharjo. S. B, Prayogo. 2014. Pengaruh Padat Tebar Ikan Lele Terhadap Laju Pertumbuhan dan Survival Rate Pada Sistem Akuaponik. J. Ilmiah Perikanan dan Kelautan 6 (1): 55-58 hlm.