



## **Komparasi Kinerja Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Sistem Resirkulasi dengan Media Filter yang Berbeda**

Ni Nyoman Dian Martini <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Biologi dan Perikanan Kelautan, Universitas Pendidikan Ganesha, Jalan Udayana 11, Singaraja, Bali, Indonesia  
\*dianmartini@undiksha.com

### **Abstract**

The quality of water as a maintenance medium in the recirculation system can decrease rapidly due to feeding activities carried out by fish such as waste in the form of faeces and leftover feed that settles to the bottom of the water. Water treatment and optimization of filter media are ways to reduce pollutants dissolved in water. The purpose of this study was to determine the survival rate and growth rate of tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a recirculation system with different filter media. There were 3 (three) filter media treatments in wastewater treatment with recirculation systems, namely P0 filter media without pakcoy plants, P1 filter media with pakcoy plants and P2 filter media with pakcoy plants and additional pumice. Evaluation of survival and growth of fish using oneway Anova data analysis. The results of the study during the 30-day rearing period showed that the highest survival value and growth rate of fish were obtained in the treatment of filter media with pakcoy plants and additional pumice. During the research, treatment P0, P1, and P2 respectively gave fish survival rates of 78.2%, 80.2% and 85.0%, absolute weight gain of 10.12 g, 12.09 g and 15.19 g and the absolute length of 2.46 cm, 3.21 cm and 4.81 cm. The survival rate of tilapia (*O. niloticus*) in three different recirculation systems did not show a significant effect ( $P > 0.05$ ) but had a significant effect ( $P < 0.05$ ) on growth. The result of the study showed that tilapias from the recirculating system with pakcoy plants and additional pumice as filter media provides better growth performance compared to the system without pakcoy plants and additional pumice via improved water quality throughout the culture.

**Keywords:** growth rate; survival rate; recirculation system; Nile fish

### **Abstrak**

Kualitas air sebagai media pemeliharaan pada sistem resirkulasi dapat menurun dengan cepat karena aktivitas makan yang dilakukan oleh ikan seperti limbah berupa feses dan sisa pakan yang mengendap di dasar air. Pengolahan air dan optimasi media filter merupakan cara untuk mengurangi zat pencemar yang terlarut dalam air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelulushidupan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipelihara pada sistem resirkulasi dengan media filter yang berbeda. Terdapat 3 (tiga) perlakuan media filter pada pengolahan air limbah sistem resirkulasi yaitu P0 media filter tanpa tanaman pakcoy, P1 media filter dengan tanaman pakcoy serta P2 media filter dengan tanaman pakcoy dan tambahan batu apung. Evaluasi kelulushidupan dan pertumbuhan ikan menggunakan analisis data oneway Anova. Hasil penelitian selama masa pemeliharaan 30 hari menunjukkan bahwa nilai kelulushidupan dan pertumbuhan ikan tertinggi didapatkan pada perlakuan media filter dengan tanaman pakcoy dan tambahan batu apung. Selama penelitian perlakuan P0, P1, dan P2 secara berturut-turut memberikan tingkat kelulushidupan ikan sebesar 78,2%, 80,2% dan 85,0%, pertambahan bobot mutlak sebesar 10,12 g, 12,09 g dan 15,19 g serta pertambahan panjang mutlak sebesar 2,46 cm, 3,21 cm dan 4,81 cm. Kelulushidupan ikan nila (*O. niloticus*) pada tiga sistem resirkulasi yang berbeda tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan ( $P > 0,05$ ) tetapi memberikan pengaruh yang signifikan ( $P < 0,05$ ) terhadap pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan nila dari sistem resirkulasi dengan tanaman pakcoy dan tambahan batu apung sebagai media filter memberikan kinerja pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem tanpa tanaman pakcoy dan tambahan batu apung melalui peningkatan kualitas air selama masa pemeliharaan.

**Kata-kata kunci:** tingkat pertumbuhan; sintasan; sistem resirkulasi; ikan nila

## Pendahuluan

Akuakultur telah menjadi sektor penghasil makanan dengan pertumbuhan tercepat. Produksi akuakultur telah meningkat secara dramatis selama lima dekade terakhir yaitu mencapai 80,0 juta ton ikan yang telah dipanen (FAO, 2018). Godfray *et al.* (2010), mengemukakan bahwa diperkirakan pada tahun 2030-an nanti tambahan 40 juta ton makanan akuatik akan dibutuhkan untuk mempertahankan konsumsi per kapita saat ini. Salah satu komoditas akuakultur yang banyak diminati di Indonesia adalah ikan nila. Peningkatan produksi ikan nila dapat diupayakan dengan beberapa cara antara lain intensifikasi budidaya, pemberian pakan yang bermutu, dan pemeliharaan kualitas air.

Faktor-faktor pembatas pengembangan industri akuakultur untuk meningkatkan produksi adalah keterbatasan air, lahan dan polusi terhadap lingkungan. Akuakultur selain menghasilkan lebih banyak ikan sebagai cadangan pangan juga harus memperhatikan metode dalam mengurangi dampak lingkungan, sehingga kegiatan akuakultur membutuhkan lebih banyak metode intensifikasi berkelanjutan untuk menjaga kelestarian lingkungan dan kesehatan (Aich *et al.*, 2020). Sistem resirkulasi merupakan salah satu teknologi inovasi akuakultur yang berkelanjutan yang fungsinya adalah untuk menghemat penggunaan air serta berfungsi untuk menjaga kualitas air media budidaya (Fauzia & Suseno, 2020).

Kegiatan budidaya secara konvensional memerlukan penggunaan lahan yang luas serta memungkinkan terjadi kematian ikan yang tinggi akibat kurangnya manajemen kualitas air. Kualitas air yang kurang baik disebabkan oleh adanya suatu pengendapan pakan dan feses ikan, sehingga dapat menimbulkan konsentrasi amonia dan nitrit yang tinggi (Nazlia & Zulfiadi, 2018). Kualitas air yang buruk akan berpengaruh pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan, dalam hal ini sistem resirkulasi dapat menjadi suatu upaya untuk menyelesaikan masalah tersebut. Sistem resirkulasi pada prinsipnya adalah sistem budidaya ikan dengan memanfaatkan kembali air yang telah digunakan setelah melalui proses filtrasi, dimana filtrasi bertujuan untuk menjaga kestabilan kualitas air (Nugroho *et al.*, 2013). Salah satu metode filtrasi yang dapat digunakan yaitu metode fitoremediasi menggunakan tanaman. Sistem filtrasi menggunakan tanaman yang berkolaborasi dengan mikroorganisme dapat menstabilkan dan mengubah senyawa toksik (Artiyani, 2011), serta dapat menjaga parameter kualitas media pemeliharaan ikan lainnya seperti suhu, DO, dan pH. Fokus utama sistem resirkulasi adalah eliminasi amonia dan nitrit yang merupakan zat toksik hasil proses metabolisme ikan. Terdapat beberapa penelitian yang melaporkan bahwa penggunaan variasi sistem resirkulasi dan media filter yang berbeda mampu memberikan hasil yang berbeda nyata

terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila (Mulyadi *et al.*, 2014; Christin *et al.*, 2021).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelulushidupan dan tingkat pertumbuhan ikan nila (*O. niloticus*) yang dipelihara pada sistem resirkulasi dengan media filter berbeda menggunakan filter bakteri (media *bioball*) tanpa tanaman pakcoy, filter bakteri (media *bioball*) dengan tanaman pakcoy, dan filter bakteri (media batu apung) dengan tanaman pakcoy. Manfaat yang diperoleh adalah adanya informasi tentang sistem resirkulasi dengan medium filter yang efektif untuk memperbaiki kualitas air sekaligus meningkatkan kinerja pertumbuhan ikan nila.

### Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2021 – Januari 2022. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Dusun Getakan, Desa Getakan, Kecamatan Banjarangkan, Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan eksperimental. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 3 kali ulangan disetiap perlakuan. Perlakuan yang digunakan adalah:

- P0: Sistem resirkulasi dengan filter fisika (dengan susunan: kapas filter, batu kerikil, kapas filter) dan filter biologi (*bioball* dan tambahan bakteri starter).
- P1: Sistem resirkulasi dengan filter fisika (dengan susunan: kapas filter, batu kerikil, kapas filter) serta filter biologi (*bioball* dan tambahan bakteri starter) dan filter tanaman pakcoy.
- P2: Sistem resirkulasi dengan filter fisika (dengan susunan: kapas filter, batu kerikil, kapas filter) serta filter biologi (batu apung dan tambahan bakteri starter) dan filter tanaman pakcoy.



Gambar 1. Desain Wadah Penelitian Sistem Resirkulasi

Keterangan : a) Perlakuan P0 dan P1, b) Tampak depan, c) Perlakuan P0 dan P2

Tabel 1. Perlakuan pada Penelitian

Perlakuan (Kode)	Ulangan (Kode)		
	1	2	3
Media filter ( <i>Bioball</i> ) tanpa Tanaman Pakcoy (P0)	P01	P02	P03
Media filter dengan Tanaman Pakcoy + <i>Bioball</i> (P1)	P11	P12	P13
Media filter dengan Tanaman Pakcoy + Batu Apung (P2)	P21	P22	P23

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Palintest Photometer 7100 untuk mengukur amonia, nitrit dan nitrat, Water Quality Cheker HI 9829 Multiparameter untuk mengukur suhu, pH dan DO, Timbangan digital SF 400 untuk menimbang sampel, penggaris untuk mengukur panjang sampel, pompa untuk mengalirkan air dan peralatan pertukangan untuk membuat sistem. Bahan yang digunakan adalah kolam terpal dengan ukuran 100x50x50 cm dengan volume air 200 Liter, pipa, kayu, ikan nila ukuran 7 – 10 cm dengan bobot 10 – 14 gram, bibit pakcoy, batu kerikil, kapas filter, *bioball*, batu apung, bakteri starter aquasehat, rokwol, pakan ikan dengan protein 35%, lem pipa dan air PDAM yang sudah diendapkan selama 24 jam.

Data yang diperoleh adalah bobot mutlak, panjang mutlak, persentase kelulushidupan ikan serta data kualitas air sebagai data pendukung. Bobot mutlak, panjang mutlak dan persentase kelulushidupan ikan dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Bobot mutlak} = W_t - W_0$$

Keterangan:

$W_t$  = Bobot ikan akhir pemeliharaan (g)

$W_0$  = Bobot ikan awal pemeliharaan (g)

$$\text{Panjang mutlak} = L_t - L_0$$

Keterangan:

$L_t$  = Panjang ikan akhir pemeliharaan (cm)

$L_0$  = Panjang ikan awal pemeliharaan (cm)

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

Keterangan:

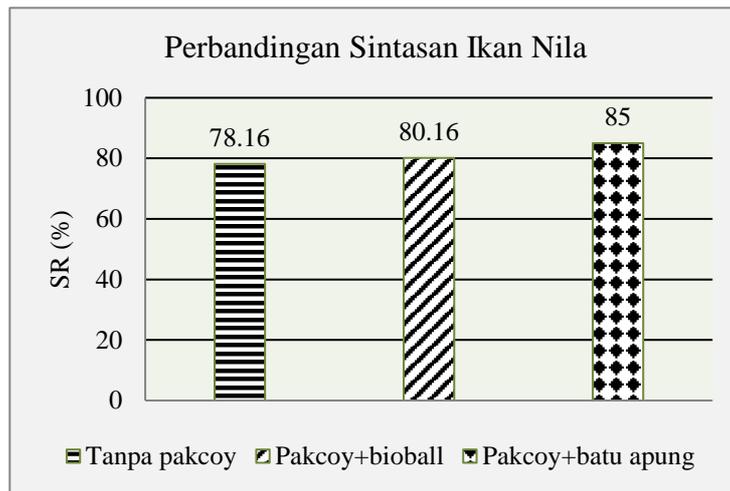
SR : Kelulushidupan (%)

$N_t$  : Jumlah ikan pada akhir penelitian (ekor)

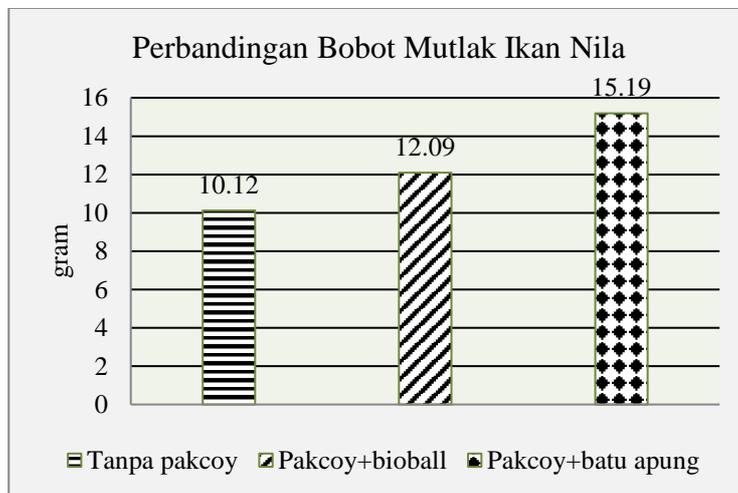
$N_0$  : Jumlah ikan pada awal penelitian (ekor)

### Hasil dan Pembahasan

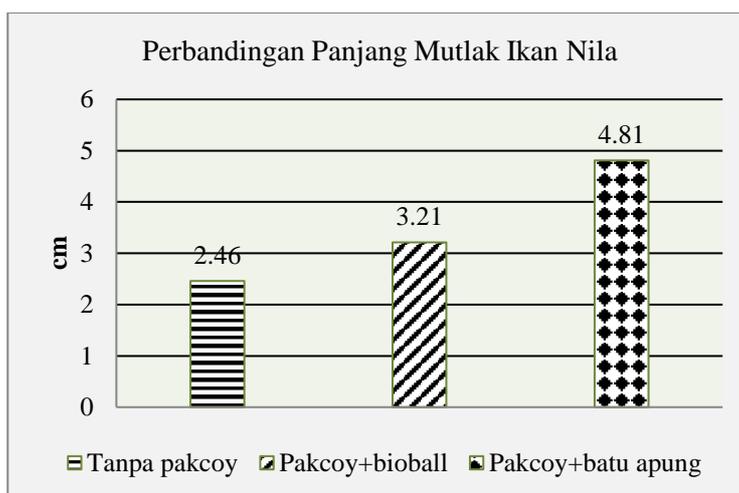
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pertumbuhan ikan yang terbaik dilihat dari persentase kelulushidupan, bobot mutlak, dan panjang mutlak dapat diperoleh dari perlakuan sistem resirkulasi yang ditambahkan dengan tanaman pakcoy dan batu apung. Data hasil performa pertumbuhan ikan disajikan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4, sedangkan data kualitas air budidaya selama penelitian disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Perbandingan Rerata Sintasan (Kelulushidupan) Setiap Perlakuan



Gambar 3. Perbandingan Bobot Mutlak Ikan Nila



Gambar 4. Perbandingan Panjang Mutlak Ikan Nila

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata tingkat kelulushidupan ikan tertinggi diperoleh pada perlakuan P2 (tanaman pakcoy + batu apung) yaitu mencapai 85,00%, selanjutnya diikuti oleh perlakuan P1 (tanaman pakcoy) dengan capaian 80,16% dan perlakuan P0 (tanpa tanaman pakcoy) dengan capaian kelulushidupan 78,16%. Berdasarkan nilai rata-rata persentase kelulushidupan ikan tersebut, hasil terbaik diperoleh pada perlakuan P2, namun hasil uji statistika dengan menggunakan uji Analisis of Varian (ANOVA) menunjukkan tidak adanya pengaruh perbedaan nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap setiap perlakuan.

Data laju pertumbuhan ikan menunjukkan bahwa penambahan panjang mutlak dan bobot mutlak pada ketiga perlakuan memiliki rata-rata yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian, nilai rata-rata panjang dan bobot mutlak terbaik diperoleh dari perlakuan P2, yaitu dengan penambahan tanaman pakcoy dan batu apung. Berdasarkan dari hasil pengujian statistika panjang dan bobot mutlak pada setiap perlakuan dengan menggunakan uji Analisis of Varian (ANOVA) menunjukkan adanya pengaruh perbedaan nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap setiap perlakuan. Berdasarkan hasil uji Tukey menunjukkan bahwa terjadi perbedaan nyata antar setiap perlakuan P0, P1, dan P2.

Tabel 2. Kualitas Air Budidaya Selama Penelitian

Parameter	Sistem Budidaya Resirkulasi			Standar
	Tanpa Pakcoy (P0)	Pakcoy+Bioball (P1)	Pakcoy +Batu Apung (P2)	
Amonia (mg/L)	0,381±0,064	0,316±0,048	0,129±0,024	0,5*
Nitrit (mg/L)	0,027±0,005	0,021±0,004	0,009±0,001	0,050**
Nitrat (mg/L)	3,282±0,633	1,435±0,094	2,249±0,100	10***

<b>Sistem Budidaya Resirkulasi</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Tanpa Pakcoy (P0)</b>	<b>Pakcoy+Bioball (P1)</b>	<b>Pakcoy +Batu Apung (P2)</b>	<b>Standar</b>
DO (mg/L)	5,41±0,05	5,54±0,06	5,88±0,03	>5****
Suhu (°C)	27,58±0,03	27,59±0,06	27,28±0,05	25-30****
pH	7,24±0,01	7,25±0,03	7,09±0,06	6,5- 8,5****

Ket : \* = (Mustofa, 2020)  
 \*\* = (BBPBAT, 2005)  
 \*\*\* = (PP No.82 Tahun 2001)  
 \*\*\*\*= (BBPBAT, 2016)

Sistem resirkulasi perlakuan P2 (tanaman pakcoy + batu apung) memberikan nilai sintasan, bobot mutlak, dan panjang mutlak yang terbaik, hal ini diduga disebabkan oleh optimalnya filtrasi limbah nitrogen yang merupakan hasil dari metabolisme konsumsi pakan ikan. Filtrasi pada perlakuan P2 menghasilkan limbah toksik nitrogen (amoniam dan nitrit) yang lebih rendah dari perlakuan P0 dan perlakuan P1 sehingga kondisi kualitas air yang lebih optimal ini menyebabkan tingkat stress ikan menjadi minimal dan menyebabkan pertumbuhan ikan menjadi lebih baik. Kondisi lingkungan yang kurang memadai menyebabkan metabolisme ikan akan meningkat sebagai dampak dari kegiatan adaptasi yang dilakukan ikan. Serangkaian kegiatan metabolisme ini memerlukan oksigen yang tinggi. Selain metabolisme ikan, penguraian amonium menjadi nitrat di air juga memerlukan banyak oksigen sebagai pengoksidasi (Sutrisno, 2007).

Kushayadi *et al.* (2018) menyatakan bahwa sistem biofilter dengan media batu apung memberikan kondisi pemeliharaan yang rendah amonium dan fosfat. Hal ini menyebabkan nilai sintasan sistem resirkulasi dengan media filter batu apung (perlakuan P2) paling tinggi karena pada media kultur terdapat kadar amonium terendah dan air yang lebih jernih yang selanjutnya juga berefek kepada nilai kadar oksigen terlarut yang lebih tinggi. Media perlakuan P2 (sistem resirkulasi dengan tanaman pakcoy + batu apung) memiliki kadar limbah nitrogen amonia dan nitrit dengan konsentrasi paling rendah (seperti terlihat pada Tabel 2) sehingga ikan nila tumbuh lebih sehat, nyaman dan terhindar dari stres. Hal ini berpengaruh kepada tingkat nafsu makan ikan dan terbukti dengan persentase kelulushidupan dan tingkat pertumbuhan panjang dan berat yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya, karena pakan yang dikonsumsi dapat dimanfaatkan secara lebih optimal oleh ikan sebagai nutrisi untuk kesehatan dan pertumbuhannya. Lee *et al.* (2018) menyatakan apabila pada kolom air terdapat kandungan amonium tinggi maka akan menghambat pengikatan oksigen oleh

hemoglobin darah. Kondisi demikian akan menyebabkan ikan kekurangan oksigen pada beberapa organ atau yang lebih dikenal dengan Hipoksia. Keberadaan fosfat yang tinggi juga akan menyebabkan penumpukan alga pada media pemeliharaan ikan sehingga akan mengganggu penetrasi cahaya yang masuk dan proses fotosintesis berkurang. Fosfat merupakan substansi pembentukan dinding tanaman sehingga membuat pertumbuhan alga menjadi lebih cepat. Selanjutnya pada malam hari alga akan memanfaatkan lebih banyak  $O_2$  sehingga DO akan menurun drastis dalam semalam dan berujung pada kematian mendadak ikan di pagi hari (Kushayadi *et al.*, 2018). Kondisi ini ditemukan pada perlakuan P0 (tanpa tanaman pakcoy) dimana terjadi paling banyak kematian ikan.

Media bakteri nitrifikasi berupa batu apung (P2) memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap penurunan amonia dan nitrit di wadah pemeliharaan. Hal ini diduga karena pada batu apung bakteri pengurai nitrogen seperti *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp. banyak hidup. Berdasarkan analisis petrografis breksi batu apung mempunyai kandungan unsur antara lain:  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , dan  $Fe_2O_3$  (Luwihana, 1998). Selanjutnya Cohen *et al.* (2018) menyatakan bahwa keberadaan unsur oksida silika pada batu apung merupakan tempat optimum keberadaan bakteri *Nitrobacter* sp. maupun *Nitrosomonas* sp., hal ini sejalan dengan pernyataan Somerville *et al.* (2014) yang menyebutkan bahwa bakteri pengurai Nitrogen hidup pada lokasi dengan banyak mineral kalsium dan silikat. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan laporan Maranga *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa pertumbuhan ikan terbaik pada sistem akuaponik terlihat pada perlakuan yang menggunakan substrat batu apung pada unit pemeliharaan tanaman yang digunakan, hal ini disebabkan oleh efisiensi serta kemampuan signifikan batu apung dalam mereduksi nutrien atau limbah yang terdapat pada sistem. Widyarningsih (2016) melaporkan bahwa batu apung mampu menyerap bahan polutan baik yang berasal dari zat organik maupun anorganik. Batu apung merupakan salah satu adsorbent yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan merupakan padatan yang berpori. Filter butiran batu apung menyebabkan terjadinya penurunan kadar TSS dan kadar BOD pada air limbah dikarenakan semakin berkurangnya bahan organik yang terlarut dan diikuti oleh semakin banyaknya oksigen yang terlarut dalam air tersebut. Selain itu Cohen (2010) juga menyebutkan bahwa batu apung memiliki besar pori rata-rata sebesar 0,45 mikron sehingga dapat menjerap amonium yang memiliki besar molekul sebesar 0,98 mikron. Amonium yang terserap kemudian diolah oleh bakteri pengurai N yang ada pada batu apung menjadi nitrat lalu dimanfaatkan oleh tanaman sehingga air dalam wadah resirkulasi menjadi lebih bersih. Batu apung mempunyai sifat vesikular yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak (berstruktur selular) akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya, dan

pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam breksi gunung api. Batu apung merupakan batuan sumber silika yang manfaatnya telah diketahui sangat baik sebagai adsorben yang mempunyai kapasitas daya serap yang tinggi (Widyaningsih, 2016). Silika pada batu apung dapat mengangkat atau menghilangkan bahan kimia (bahan pencemar) yang tidak dikehendaki dari air sehingga menjadi jernih. Bahan kimia dalam air membuat air menjadi berwarna atau keruh, disini batu apung dapat berfungsi sebagai filter kimia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga perlakuan dapat memberikan nilai persentase kelulushidupan ikan yang cukup baik. Menurut Departemen Pertanian tahun 1999, persentase kelulushidupan ikan yang baik dalam kegiatan budidaya perikanan yaitu rata-rata 63,50% - 86,00% (Fahrizal & Nasir, 2017). Persentase kelulushidupan ikan tertinggi diperoleh pada perlakuan P2 (dengan tanaman pakcoy + batu apung) yang mengindikasikan bahwa kualitas air pada perlakuan ini cenderung paling optimal. Hal ini didukung juga oleh perolehan kualitas air terbaik antara lain parameter amonia dan nitrit yang secara keseluruhan menunjukkan nilai terendah pada perlakuan P2, diduga selain maksimalnya proses nitrifikasi pada perlakuan P1 dan perlakuan P2, limbah nitrogen seperti amonia, nitrit dan nitrat juga telah dimanfaatkan oleh tanaman sebagai unsur hara dalam proses pertumbuhannya. Nilai rata-rata konsentrasi amonia, nitrit dan nitrat yang lebih rendah pada perlakuan P1 dan perlakuan P2 dibandingkan perlakuan P0 mengindikasikan bahwa tanaman pakcoy dapat membantu menyerap limbah amonia, nitrit dan nitrat melalui proses transpirasi.

Menurut Marsidi & Herlambang (2002), senyawa nitrogen seperti amonia, nitrit dan nitrat sangat berguna untuk tumbuhan di dalam proses asimilasi atau biosintesis untuk membentuk sel-sel baru dan pertumbuhannya. Prahesti *et al.* (2019) menyatakan tanaman telah terbukti berfungsi sebagai biofilter yang akan menyerap air sekaligus limbah nitrogen anorganik seperti amonia, nitrit dan nitrat yang dipergunakan sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhannya sehingga air yang sudah bersih akan dapat dialirkan langsung untuk kembali ke media pemeliharaan ikan. Kadar limbah nitrogen amonia dan nitrit yang tinggi juga dapat menyebabkan ikan stres dan bahkan sesak napas yang berujung pada kematian, diduga hal inilah yang menyebabkan sintasan pada perlakuan P0 (tanpa tanaman pakcoy) memiliki nilai yang paling rendah.

## **Penutup**

Sistem resirkulasi dengan penambahan pakcoy dan batu apung sebagai filter memberikan pengaruh positif terhadap kualitas air sehingga tingkat pertumbuhan dan

kelulushidupan ikan nila menjadi lebih baik dibandingkan dengan sistem resirkulasi tanpa penambahan tanaman pakcoy dan batu apung.

### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga dalam hal ini Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha) teruntuk bantuan dana penelitian.

### Daftar Pustaka

- Aich, N., Nama, S., Biswal, A., & Paul, T. (2020). a Review on Recirculating Aquaculture Systems: Challenges and Opportunities for Sustainable Aquaculture. *Inno. Farm*, 5(1), 17–24. [www.innovativefarming.in](http://www.innovativefarming.in).
- Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar. (2005). *Petunjuk Pembenihan Ikan Lele Sangkuriang (Clarias sp.)*. BBPBAT.
- Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar. (2016). *Baku Mutu Kualitas Air Tawar*. Agromedia.
- Christin, Y., Restu, I. W., Raka, G., & Kartika, A. (2021). Laju Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Tiga Sistem Resirkulasi yang Berbeda. *Curr.Trends Aq. Sci.*, 127(2), 122–127.
- Cohen, A.S. (2010). Gravel Structure for Aquaponics. *FAO Papper Publisher Vol(2):19* . Rome
- Cohen, A., S. Malone, Z. Morris, M. Weissburg, B. Bras. (2018). Combined Fish and Lettuce Cultivation: An Aquaponics Life Cycle Assesment. *Procedia CIRP Vol(69): 551 – 556*.
- Fahrizal, A., & Nasir, M. (2017). Pengaruh Penambahan Probiotik dengan Dosis Berbeda pada Pakan terhadap Pertumbuhan dan Rasio Konversi Pakan (FCR) Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Median*, 9(1), 69–80.
- FAO. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO*.
- Fauzia, S. R., & Suseno, S. H. (2020). Resirkulasi Air untuk Optimalisasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 2(5), 887–892.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., S.Robinson, Thomas, S. M., & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327, 812–818.
- Kushayadi, A. ., Waspodo, S., & Diniarti, N. (2018). Pengaruh Media Tanam Akuaponik yang Berbeda terhadap Penurunan Nitrat dan Pospat pada Pemeliharaan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan*, 8(1), 8–13.
- Lee, J. Y., Rahman, A., & Kwon, M. J. (2018). Nutrient Removal from Hydroponic Wastewater by a Microbial Consortium and a Culture of *Paracercomonas saepenatans*.

*New Biotechnology*, 41, 15–24.

- Luwihana, S. D. (1998). Studi Awal Immobilisasi Bakteri Asam Asetat. Prosiding Seminar Teknologi Pangan, Bandung 19- 21 Oktober 1998.
- Maranga B. O., Kagali R. N., Omolo K. M., & Sagwe P. O. (2022). Effect of growth substrates on water quality, catfish (*Clarias gariepinus*) culture and spinach (*Spinacia oleracea*) propagation under aquaponic system. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 34(9).
- Marsidi, R., & Herlambang, A. (2002). Proses Nitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Amoniak Konsentrasi Tinggi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(3), 195–205.
- Mulyadi, Tang, U., & Yani, E. S. (2014). Sistem Resirkulasi dengan Menggunakan Filter yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 2(2), 117–124.
- Mustofa, A. (2020). *Pengelolaan Kualitas Air untuk Akuakultur*. Unisnu Press.
- Nazlia, S., & Zulfiadi. (2018). Pengaruh Tanaman Berbeda Pada Sistem Akuaponik Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Lele (*Clarias* sp). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 5(1), 14–18. <https://doi.org/10.29103/aa.v5i1.527>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. (n.d.).
- Prahesti, J., Jumadi, R., & Rahim, A. R. (2019). Penggunaan Sistem Akuaponik dengan Jenis Tanaman yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 2(2), 68–77. <https://doi.org/10.30587/jpp.v2i2.994>
- Somerville, C., M. Cohen, P. Eduardo, S. Austin, A. Lovatelli. (2014). Small Scale Aquaponic Food Production. FAO Fisheries And Aquaculture Publisher. Rome.
- Sutrisno. (2007). *Budidaya Ikan Air Tawar*. Ganeca.
- Widyaningsih, T. S. (2016). Breksi Batu Apung sebagai Alternatif Teknologi Tepat Guna untuk Menurunkan Kadar TSS dan BOD Dalam Limbah Cair Domestik. *Jurnal Teknologi Technoscintia ISSN: 1979-8415 Vol. 8 No. 2*.