



Efektivitas Penggunaan Biofiltrasi Bioball dan Batu Apung Terhadap Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Sistem Resirkulasi

Effectiveness of Using Bioball and Pumice Biofiltration on Water Quality in Recirculating Tilapia Cultivation Systems

Rizky Kusma Pratiwi*, Andi Masriah, Zakiyyah Nur Inayah, Vina Nur Nadiro, Vika Maulidiyah, Muhamad Dwi Cahya, Admiral Amin Supit, Muhammad Zidny Sahlan, Beby Adi Surya Saputra, Stevanus Bondan Wijaya

Program Studi Akuakultur (PSDKU Kediri), Departemen Manajemen Sumber Daya Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Kediri 64111

*Korespondensi: rkpratiwii@ub.ac.id

Copyright ©2026, Authors. Published by the Fisheries Science Study Program, Faculty of Science and Technology, Muhammadiyah University of Sidenreng Rappang.

Article Info: Received: April 22, 2026; Revised: April 23, 2026; Accepted: April 24, 2026;

Published: April 25, 2026.

Abstrak

Penggunaan media filter sederhana dapat menurunkan material organik budidaya ikan nila. Kinerja biofilter sangat dipengaruhi oleh jenis media yang digunakan tergantung dengan karakteristik dalam mendukung pembentukan biofilm. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan media biofilter bioball dan batu apung terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan nila dalam sistem resirkulasi. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober-November 2024 di Laboratorium *Integrated Farming* PSDKU Universitas Brawijaya Kediri dengan menggunakan metode eksperimental. Penelitian ini menggunakan dua perlakuan, yaitu bioball (P1) dan batu apung (P2), dengan pengamatan terhadap parameter kualitas air meliputi suhu, pH, oksigen terlarut (DO), *Total Organic Matter* (TOM), alkalinitas, amonia, nitrat, dan fosfat, serta parameter pertumbuhan ikan meliputi pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik (SGR), dan tingkat kelangsungan hidup (SR). Data dianalisis menggunakan uji Independent Sample T-Test, kecuali parameter alkalinitas, pertumbuhan mutlak dan tingkat kelangsungan hidup ikan menggunakan uji non-parametrik Mann-Whitney U Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media biofilter tidak berpengaruh atau tidak berbeda secara signifikan ($p > 0,05$) terhadap semua parameter kualitas air namun berbeda nyata pada parameter pertumbuhan mutlak ikan. Media batu apung menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam meningkatkan DO (5,6–10,3 mg/L) serta menurunkan bahan organik dengan efisiensi penurunan sebesar 33-70% dan amonia sebesar 94%. Pada parameter pertumbuhan, perlakuan batu apung menghasilkan nilai pertumbuhan mutlak ($2,52 \pm 0,26$ g), SGR ($2,53 \pm 0,18\%$ /hari), dan SR ($86,7 \pm 4,7\%$) yang lebih tinggi dibandingkan bioball. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan batu apung sebagai media biofiltrasi berpotensi direkomendasikan dalam meningkatkan kualitas air dan performa pertumbuhan ikan nila dalam sistem resirkulasi.

Kata kunci: biofiltrasi, batu apung, bioball, ikan nila, sistem resirkulasi

Abstract

The use of simple filter media can reduce organic waste materials in Nile tilapia aquaculture systems. The performance of biofilters is strongly influenced by the type of media used, depending on their characteristics in supporting biofilm formation. This study aimed to analyze the effectiveness of bioball and pumice as biofilter media on water quality and the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a recirculating aquaculture system. The research was conducted from October to November 2024 at the Integrated Farming Laboratory, PSDKU Universitas Brawijaya Kediri, using an experimental method. Two treatments were



applied, namely bioball (P1) and pumice (P2), with observations on water quality parameters including temperature, pH, dissolved oxygen (DO), Total Organic Matter (TOM), alkalinity, ammonia, nitrate, and phosphate, as well as fish growth parameters including absolute growth, specific growth rate (SGR), and survival rate (SR). Data were analyzed using the Independent Sample T-Test, while alkalinity, absolute growth, and survival rate were analyzed using the non-parametric Mann–Whitney U test. The results showed that the use of biofilter media did not have a significant effect ($p > 0.05$) on all water quality parameters, but showed a significant difference in absolute growth. Pumice media demonstrated better performance in increasing DO (5.6–10.3 mg/L) and reducing organic matter with a removal efficiency of 33–70% and ammonia up to 94%. In terms of growth performance, the pumice treatment produced higher values of absolute growth (2.52 ± 0.26 g), SGR ($2.53 \pm 0.18\%/day$), and SR ($86.7 \pm 4.7\%$) compared to bioball. Therefore, pumice has the potential to be recommended as a promising biofilter medium for improving water quality and growth performance of Nile tilapia in recirculating aquaculture systems.

Keywords: biofiltration, pumice, bioballs, tilapia, recirculation systems

PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan komoditas akuakultur yang terus mengalami peningkatan produksi di Indonesia. Menurut Fauzia dan Suseno (2020), ikan nila termasuk jenis ikan air tawar dengan kualitas adaptasi diri yang baik, sehingga menjadi komoditas unggul bagi budidaya perikanan di Indonesia. Sesuai pernyataan Adi et al., (2024) bahwa ketertarikan masyarakat terhadap ikan ini tidak lepas dari karakteristiknya yang tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan, resistensi terhadap penyakit yang tinggi, pertumbuhannya cepat, dan permintaannya stabil di pasar sehingga dapat berkontribusi pada ekonomi di sektor perikanan budidaya. Namun, peningkatan budidaya dapat berpotensi menimbulkan masalah baru, terutama penumpukan limbah budidaya seperti bahan organik dan amonia serta padatan tersuspensi. Sesuai pernyataan dari Marlida (2020) bahwa padat tebar tinggi pada budidaya ikan dapat meningkatkan konsumsi pakan sehingga dapat meningkatkan konsentrasi ammonia. Apabila tidak dikelola dengan baik, akumulasi limbah ini dapat menurunkan kualitas air dan pada akhirnya menghambat performa pertumbuhan ikan. Kondisi tersebut menegaskan pentingnya penggunaan teknologi pengolahan air yang lebih efektif untuk menjaga kualitas lingkungan budidaya tetap optimal. Kualitas suatu perairan merupakan syarat penting yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan tingkat produksi ikan (Jacinda, 2021).

Partikel-partikel yang larut di dalam air dapat menyebabkan kekeruhan, harus dibersihkan dengan cara disaring dan diendapkan. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam sistem budidaya adalah dengan resirkulasi. Menurut Sa'adati et al., (2022), sistem resirkulasi dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai media filter. Penggunaan media filter sederhana diharapkan dapat mengurangi residu fisik dan kimia dari material organik limbah budidaya (Sriyanti et al., 2025). Media filter dapat berupa biofilter yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme nitrifikasi untuk menguraikan limbah nitrogen menjadi bentuk yang lebih aman bagi organisme air. Filter biologis (biofilter) adalah proses oksidasi zat organik dan zat anorganik oleh mikroorganisme dalam proses pengolahan tanah, air dan limbah cair (Ariyanti dan Noerhayati, 2024). Kinerja biofilter sangat dipengaruhi oleh jenis media yang



digunakan, karena karakter seperti porositas, luas permukaan spesifik, dan kemampuan media dalam mendukung pembentukan biofilm (Sirajuddin dan Saleh, 2020). Dengan demikian, pemilihan media biofilter menjadi aspek penting dalam merancang sistem filtrasi yang efisien.

Penggunaan jenis material filter yang tepat akan menentukan keberhasilan pembesaran ikan dalam sistem resirkulasi, sesuai pernyataan Muliyadi et al., (2024) bahwa jenis material, bentuk, ukuran, luas permukaan, porositas, dan kekasaran permukaan memengaruhi efektivitas media filter budidaya. Saat ini, substrat filter biologis banyak digunakan karena lebih ramah lingkungan. Dua media yang umum digunakan dalam filter biologis adalah bioball dan batu apung. Bioball merupakan media filter yang terbuat dari Polypropylene (PP), dirancang dengan struktur berongga dan permukaan yang luas sehingga dapat memfasilitasi pertumbuhan biofilm. Sesuai penelitian Nelvia et al., (2015) bahwa penambahan bioball ke dalam media filter dapat meningkatkan pemeliharaan terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan mas koki (*Carassius auratus*). Sementara itu, batu apung merupakan batuan vulkanik berpori yang mengandung proporsi yang signifikan untuk silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3), media alami yang dikenal ringan, berpori, dan memiliki kemampuan adsorpsi untuk menangkap partikel organik dan mikroba (Trianasari et al., 2017). Batu apung telah digunakan dalam banyak penelitian untuk meningkatkan kualitas air karena struktur berpori-porinya sehingga karena luas permukaannya yang tinggi (Azad et al., 2020). Kedua media filter ini memiliki perbedaan dalam hal bentuk dan asal bahan. Meskipun keduanya telah banyak digunakan dalam praktik budidaya, perbandingan ilmiah mengenai efektivitas kedua media filter dengan bahan yang berbeda ini dalam meningkatkan kualitas air masih terbatas.

Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih mendalam untuk menganalisis kedua media tersebut bekerja dalam menurunkan konsentrasi senyawa berbahaya seperti TOM, ammonia, nitrat dan fosfat serta menjaga parameter kualitas air lainnya seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO) dan alkalinitas. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai media filter yang paling efektif untuk budidaya ikan nila, terutama pada skala kecil hingga menengah. Dengan demikian, penelitian mengenai efektivitas biofilter menggunakan bioball dan batu apung menjadi kontribusi penting dalam pengembangan sistem budidaya yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan media biofilter bioball dan batu apung terhadap kualitas air dan pertumbuhan ikan nila dalam sistem resirkulasi.

METODE PENELITIAN

1. Lokasi, Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober-November 2024 di Laboratorium *Integrated Farming* PSDKU Universitas Brawijaya Kediri. Pengukuran kualitas air ex-situ (TOM, alkalinitas, nitrat, orthofosfat dan ammonia) di Laboratorium Sains Dasar PSDKU Universitas Brawijaya Kediri.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah akuarium dengan dimensi 60 x 40 x 40 cm, filter set dan terminal listrik. Hewan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan nila sebanyak 10 ekor per akuarium dengan volume air sebesar 96 L. Rata-rata bobot awal ikan adalah sebesar 2,44 g/ekor, sehingga total biomassa awal dalam setiap akuarium adalah sebesar 24,4 g, dengan kepadatan biomassa sekitar 0,25 g/L. Berdasarkan jumlah individu, padat tebar ikan yang diterapkan adalah sekitar 0,10 ekor/L, yang tergolong dalam kategori padat tebar rendah. Filter yang digunakan yaitu filter mekanik berupa kapas dan filter biologi berupa bioball dan batu apung. Alat ukur kualitas air yang digunakan yaitu DO meter DO-9100 untuk mengukur suhu dan oksigen terlarut. pH diukur menggunakan Universal Test Paper (pH paper), ammonia, nitrat dan orthofosfat diukur menggunakan test kit sedangkan alkalinitas dan TOM diukur menggunakan metode titrasi masing-masing dengan HCL 0,02 N dan KMnO₄ 0,01 N.

2. Rancangan Penelitian

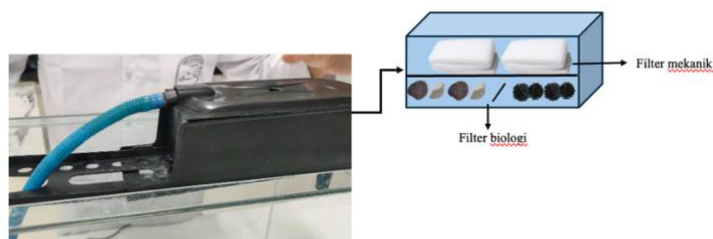
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap yang terdiri dari 2 perlakuan dan 4 ulangan sehingga terdapat 8 satuan percobaan. Perlakuan yang diberikan adalah penggunaan filter bioball (Perlakuan 1; P1) dan filter batu apung (Perlakuan 2; P2). Bioball merupakan filter dari bahan *polypropylene* (PP) yang berdiameter 3 cm dan berongga, sedangkan batu apung merupakan batuan yang ringan dan berongga, berdiameter ±4 cm. Filter yang digunakan masing-masing berjumlah 15 butir per akuarium. Tata letak wadah percobaan dapat dilihat pada Gambar 1.

P ₂	P ₃	P ₂	P ₁
P ₄	P ₂	P ₁	P ₃

Gambar 1. Tata letak wadah percobaan

3. Persiapan Penelitian

Ikan yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan nila yang berukuran 8-10 cm dengan berat rata-rata 2,44 g/ekor. Akuarium yang akan digunakan untuk penelitian dibersihkan terlebih dahulu dan dijemur dibawah sinar matahari. Setelah kering, akuarium ditata dan diberikan label sesuai dengan kode perlakuan. Filter yang digunakan adalah filter set sekaligus dengan pompanya. Filter disusun dengan urutan dari atas ke bawah yaitu filter mekanik lalu dibawahnya diberikan filter biologi. Filter di tata di akuarium, selanjutnya akuarium diisi air dengan ketinggian 30 cm. Apabila airnya sudah tenang, ikan dimasukkan ke dalam air dengan melewati proses aklimatisasi dengan metode apung (*floating*) selama 30 menit dengan cara mengapungkan kantong berisi ikan pada media pemeliharaan untuk meminimalkan stres akibat perbedaan lingkungan, masing-masing akuarium diisi 10 ekor ikan dengan padat tebar 0,10 ekor/L. Susunan filter dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Susunan media filter

4. Parameter Penelitian

Parameter kualitas air, yaitu suhu, pH, dan oksigen terlarut, diukur satu hari sekali setiap pukul 09.00 WIB. *Total Organik Matter* (TOM), alkalinitas, nitrat, ammonia dan fosfat. Pengamatan parameter kualitas air dilakukan secara periodik dengan interval satu minggu sekali selama empat minggu masa pemeliharaan. Pengukuran pada minggu pertama dilakukan bersamaan dengan pemasangan media biofilter, sehingga data yang diperoleh mencerminkan kondisi awal sistem sebelum biofilter bekerja dan berfungsi secara optimal. Pengukuran selanjutnya pada minggu kedua hingga keempat digunakan untuk mengevaluasi kinerja biofilter seiring waktu. Pengukuran bobot dan panjang ikan dilakukan pada awal dan akhir periode penelitian untuk menentukan pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik. Selain itu, pada penelitian ini juga diamati Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan.

a. *Total Organik Matter* (TOM)

Pengukuran TOM pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode titrasi. Air sampel sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 1,9 ml KMnO_4 menggunakan pipet tetes hingga larutan berubah menjadi merah muda. Setelah itu, ditambahkan larutan H_2SO_4 dengan perbandingan 1:4 (satu bagian H_2SO_4 dan empat bagian akuades). Campuran tersebut dipanaskan menggunakan waterbath hingga mencapai suhu 75°C , kemudian diangkat dan didinginkan. Ketika suhu turun hingga 60°C , ditambahkan larutan Na-oksalat 0,01 N secara perlahan sampai warna larutan menjadi jernih. Selanjutnya dilakukan titrasi menggunakan KMnO_4 0,01 N hingga terbentuk warna merah muda pertama, dan volume KMnO_4 yang terpakai dicatat sebagai nilai x (ml). Prosedur yang sama dilakukan menggunakan akuades sebagai blanko, dan volume titran yang digunakan dicatat sebagai nilai y (ml). Nilai BOT kemudian dihitung menggunakan rumus berdasarkan Pratiwi et al., (2025):

$$TOM = \frac{(X - Y) \times 31,6 \times 0,01 \times 1000}{\text{volume air sampel}}$$

Keterangan:

x = ml titran untuk air sampel;

y = ml titran untuk aquades;

31,6 = 1/5 dari BM KMnO_4 (1 mol KMnO_4 melepas 5 oksigen dalam reaksi ini);

0,01 = Molaritas KMnO_4 ; dan

1000 = konversi dari ml ke liter.

b. Alkalinitas

Pengukuran alkalinitas pada penelitian ini dilakukan dengan memasukkan 25 ml air sampel ke dalam erlenmeyer berkapasitas 100 ml, kemudian ditambahkan dua tetes indikator fenolftalein (PP). Jika larutan berubah menjadi warna merah muda, sampel langsung dititrasi menggunakan HCl 0,02 N hingga warna merah muda tersebut hilang. Setelah itu ditambahkan dua tetes indikator metil oranye (MO) dan titrasi dilanjutkan dengan HCl hingga larutan berubah menjadi warna merah bata. Namun, apabila pada penambahan indikator PP larutan tidak menunjukkan perubahan warna, sampel langsung ditambahkan satu tetes indikator MO dan dilakukan titrasi dengan HCl 0,02 N hingga mencapai warna merah bata. Menurut Utami dan Herdiana (2021), volume HCl yang digunakan kemudian dicatat dan dimasukkan ke dalam rumus perhitungan alkalinitas:

$$\text{Alkalinitas} = \frac{V \text{ HCl} \times N \text{ HCl}}{\text{ml air sampel}} \times \frac{100}{2} \times 1000$$

Keterangan:

N HCl = Normalitas HCl 0,02 N;

V HCl = Volume HCl yang terpakai;

100 = MR CaCO₃;

2 = Valensi dari CaCO₃; dan

1000 = Konversi dari ml ke liter.

c. Ammonia

Pengukuran amonia pada penelitian ini dilakukan menggunakan test kit Salifert. Sampel air sebanyak 2 ml dimasukkan ke dalam wadah uji, kemudian ditambahkan 0,5 ml reagen NH₃ dan dihomogenkan selama sekitar 30 detik. Setelah itu, ditambahkan kembali 0,5 ml reagen yang sama dan campuran dihomogenkan selama 10 detik. Larutan kemudian dibiarkan selama kurang lebih 3 menit sebelum kembali dihomogenkan selama 5 detik. Warna yang terbentuk selanjutnya dibandingkan dengan indikator amonia pada test kit Salifert untuk menentukan konsentrasi amonia dalam sampel.

d. Orthofosfat

Pengukuran orthofosfat pada penelitian ini menurut Manik et al (2023) dilakukan menggunakan test kit Salifert. Sampel air sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam wadah uji, kemudian ditambahkan empat tetes reagen PO₄-1 dan dihomogenkan selama sekitar 10 detik. Setelah itu, satu sendok reagen PO₄-2 ditambahkan dan campuran kembali dihomogenkan selama kurang lebih 30 detik. Warna yang terbentuk kemudian dibandingkan dengan tabel indikator fosfat pada test kit Salifert untuk menentukan konsentrasi orthofosfat dalam sampel.

c. Nitrat

Pengukuran nitrat pada penelitian ini menurut Manik et al (2023), dilakukan menggunakan test kit Salifert. Air sampel sebanyak 1 ml dimasukkan ke dalam wadah uji, kemudian ditambahkan empat tetes reagen NO₃-1. Setelah itu, satu sendok reagen NO₃-2 dimasukkan ke dalam wadah yang sama. Larutan kemudian dihomogenkan selama sekitar 30 detik hingga tercampur merata. Hasil akhir kemudian dibandingkan dengan indikator warna nitrat yang tersedia pada test kit Salifert untuk menentukan konsentrasi nitrat dalam sampel.

f. Pertumbuhan Mutlak

Pertumbuhan mutlak atau pertambahan bobot dihitung dengan rumus (Everhart et al. 1975; Effendie, 1997; Iskandar & Elrifadah, 2015; Pratiwi et al., 2025) yaitu:

$$H = W_t - W_o$$

Keterangan:

- H = Pertumbuhan mutlak;
W_t = Bobot total ikan uji pada akhir percobaan; dan
W_o = Bobot total ikan uji pada awal percobaan.

g. Laju Pertumbuhan Spesifik/*Specific Growth Rate*

Specific Growth Rate adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui laju pertumbuhan persentase pertambahan bobot perhari. *Specific Growth Rate* dapat diketahui dengan rumus menurut Gunawan dan Suraya (2020) yaitu:

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

Keterangan:

- SGR = *Specific Growth Rate* ;
W_t = Bobot total ikan uji pada akhir percobaan; dan
W_o = Bobot total ikan uji pada awal percobaan.

h. Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan/*Survival Rate*

Tingkat kelangsungan hidup atau *Survival Rate* (SR) merupakan persentase keberhasilan hidup organisme yang dihitung dengan membandingkan jumlah populasi akhir terhadap populasi awal, menggunakan rumus dari (Widyatmoko et al., 2019; Septiandoko et al., 2021) yaitu:

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

Keterangan:

- SR = *Survival Rate* ;
N_t = Jumlah ikan akhir/saat panen (ekor); dan
N_o = Jumlah ikan awal/saat penebaran (ekor).

5. Analisis Data

Data kualitas air dan pertumbuhan ikan yang diperoleh dari dua jenis perlakuan yang berbeda dianalisis menggunakan uji Independent Sample T-Test, guna mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan antara kedua perlakuan tersebut. Data diuji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dan homogenitas menggunakan Levene's Test. Parameter yang memenuhi asumsi dianalisis menggunakan uji Independent Sample T-Test, sedangkan data yang tidak memenuhi asumsi normalitas dianalisis menggunakan uji non-parametrik Mann-Whitney U Test dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Parameter Kualitas Air

Hasil analisis perbandingan penggunaan media biofilter bioball dan batu apung tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap parameter kualitas air pada sistem resirkulasi budidaya ikan nila. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa seluruh parameter berdistribusi normal ($p > 0,05$), kecuali alkalinitas pada perlakuan P2 ($p < 0,05$). Oleh karena itu, analisis alkalinitas dilakukan menggunakan uji Mann-Whitney. Rata-rata kualitas air dengan penggunaan media biofilter bioball dan batu apung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata kualitas air dengan penggunaan media biofilter bioball dan batu apung

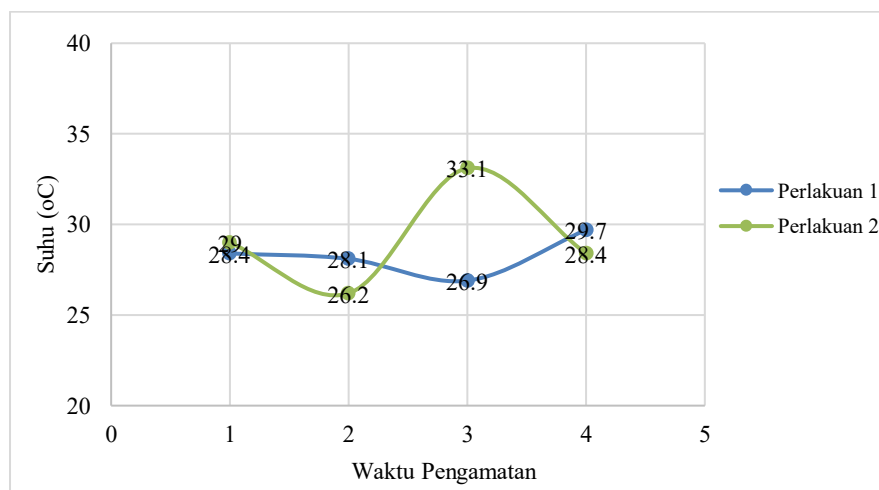
Parameter	Perlakuan	Rata-Rata ± Standart Deviasi	Normalitas (Shapiro-Wilk, p-value)	Homogenitas (Levene, p-value)	Sig. (2-tailed) (p-value)
Suhu	Bioball	28,2750 ± 1,1500 ^a	0,916	0,262	0,539 ^{ns}
	Batu apung	29,2750 ± 2,8512 ^a	0,667		
pH	Bioball	7,6000 ± 0,3651 ^a	0,714	0,362	0,205 ^{ns}
	Batu apung	8,1750 ± 0,7228 ^a	0,301		
Oksigen Terlarut	Bioball	5,5250 ± 0,8015 ^a	0,719	0,153	0,243 ^{ns}
	Batu apung	7,0500 ± 2,2128 ^a	0,068		
Total Organik Matter	Bioball	19,6150 ± 16,2713 ^a	0,975	0,752	0,792 ^{ns}
	Batu apung	23,1900 ± 20,1375 ^a	0,682		
Alkalinitas	Bioball	14,6500 ± 1,5087 ^a	0,142	0,383	Asympt. Sig: 0,559 ^{ns}
	Batu apung	14,0250 ± 2,3542 ^a	0,006*		
Amonia	Bioball	0,4625 ± 0,3944 ^a	0,614	0,641	0,820 ^{ns}
	Batu apung	0,3900 ± 0,4631 ^a	0,268		
Nitrat	Bioball	12,5000 ± 8,6602 ^a	0,195	0,713	0,706 ^{ns}
	Batu apung	9,7500 ± 10,8435 ^a	0,175		
Fosfat	Bioball	1,1250 ± 0,4787 ^a	0,272	0,697	0,426 ^{ns}
	Batu apung	0,8125 ± 0,5543 ^a	0,798		

Keterangan: huruf superskrift pada kolom yang sama mengindikasikan tidak adanya perbedaan antar perlakuan ($\text{sig.} > 0,05$) pada taraf kepercayaan 95%, *ns* (*nonsignificant*), * $p < 0,05$ menunjukkan data tidak berdistribusi normal.

1. Suhu

Hasil pengukuran suhu selama penelitian menunjukkan bahwa nilai suhu pada perlakuan bioball (P1) berkisar antara 26,9–29,7°C, sedangkan pada perlakuan batu apung (P2) berkisar antara 26,2–

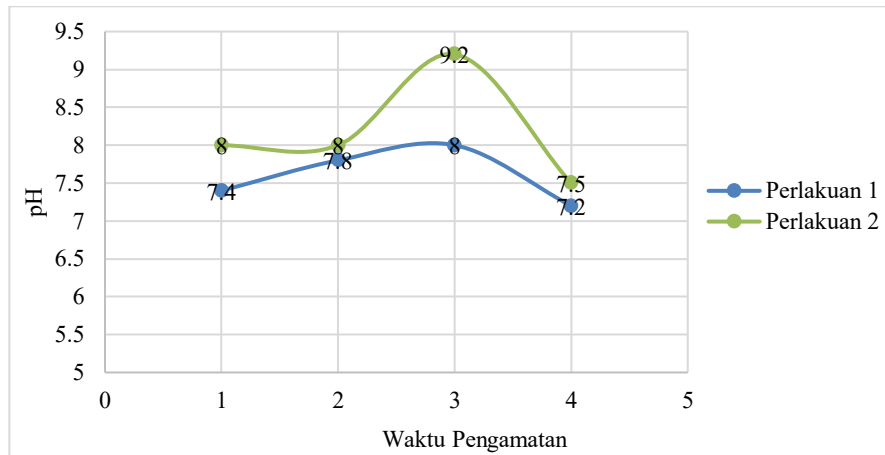
33,1°C. Fluktuasi suhu tertinggi terjadi pada minggu ke-3 (M3) pada perlakuan batu apung. Berdasarkan hasil analisis Uji T, tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p>0,05$) antara kedua perlakuan terhadap suhu air. Hal ini menunjukkan bahwa jenis media biofilter tidak berpengaruh nyata terhadap parameter suhu. Secara umum, suhu lebih dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti suhu lingkungan dan intensitas cahaya matahari dibandingkan oleh jenis media biofilter. Namun demikian, keberadaan sistem resirkulasi berperan dalam menjaga kestabilan suhu melalui proses sirkulasi air yang berkelanjutan, sehingga distribusi panas dalam sistem menjadi lebih merata dan mengurangi fluktuasi suhu yang ekstrem. Sistem resirkulasi juga membantu mempertahankan keseimbangan termal karena volume air yang relatif konstan dan pergerakan air yang terus-menerus dapat meredam perubahan suhu secara tiba-tiba (Ahmed dan Turchini, 2021). Suhu yang relatif stabil ini mendukung aktivitas metabolisme ikan dan proses biologis dalam sistem, termasuk aktivitas mikroorganisme pada biofilter. Kisaran suhu selama penelitian masih berada dalam batas toleransi ikan nila yaitu 27–32°C (Mengistu et al., 2020). Suhu perairan diketahui mempengaruhi fisiologi, metabolisme, dan pertumbuhan ikan, sehingga peningkatan suhu dalam kisaran optimal akan meningkatkan laju metabolisme dan kebutuhan energi ikan (Hamed et al., 2024). Oleh karena itu, stabilitas suhu yang dihasilkan dalam sistem resirkulasi menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan pemeliharaan ikan. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengukuran Suhu

2. pH

Nilai pH selama penelitian menunjukkan pola fluktuasi selama periode pengamatan. Pada perlakuan bioball (P1), nilai pH berkisar antara 7,2–8,0, sedangkan pada perlakuan batu apung (P2) berkisar antara 7,5–9,2. Nilai pH tertinggi terjadi pada perlakuan P2 pada pengamatan minggu ke-3 (M3), yaitu sebesar 9,2, sedangkan nilai terendah tercatat pada perlakuan P1 pada minggu ke-4 (M4), yaitu sebesar 7,2. Hasil Uji T menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p>0,05$) antara perlakuan terhadap nilai pH. Hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 4.



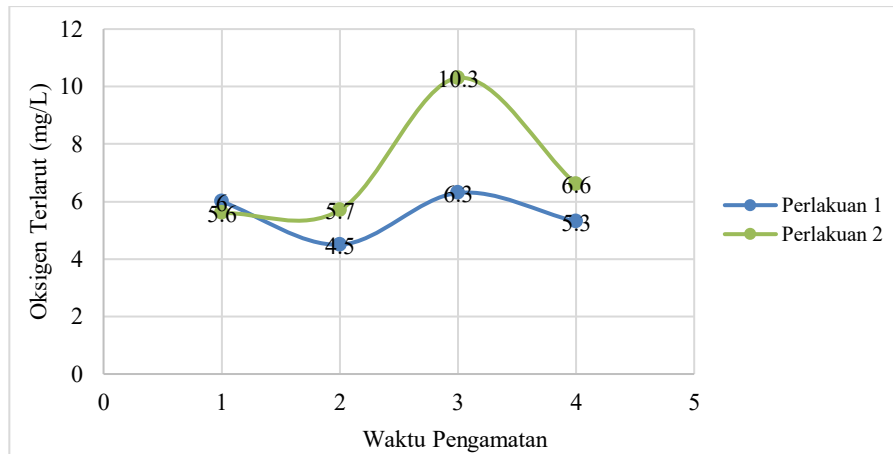
Gambar 4. Grafik Pengukuran pH

Secara umum, nilai pH pada perlakuan bioball cenderung lebih stabil dibandingkan perlakuan batu apung. Penurunan pH yang terjadi diduga disebabkan oleh proses nitrifikasi, yaitu oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat oleh bakteri nitrifikasi yang menghasilkan ion hidrogen (H^+). Akumulasi ion H^+ ini menyebabkan penurunan pH air. Selain itu, respirasi organisme dan dekomposisi bahan organik juga berkontribusi terhadap peningkatan CO_2 yang dapat menurunkan pH. Kisaran pH selama penelitian masih berada dalam batas toleransi untuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*), yaitu antara 7–8 (El-Hack et al., 2022). Nilai pH yang relatif stabil sangat penting dalam menjaga keseimbangan proses fisiologis ikan serta mendukung aktivitas mikroorganisme dalam biofilter. Parameter pH diketahui mempengaruhi hampir seluruh proses biologis dan kimia dalam sistem akuakultur, termasuk aktivitas mikroorganisme dan kondisi fisiologis ikan, sehingga kestabilannya menjadi faktor kunci dalam menjaga performa sistem budidaya (Jamil et al., 2025).

3. Oksigen Terlarut

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada perlakuan bioball (P1) berkisar antara 4,5–6,3 mg/L, sedangkan pada batu apung (P2) berkisar antara 5,6–10,3 mg/L. Nilai DO tertinggi tercatat pada perlakuan batu apung pada minggu ke-3. Berdasarkan hasil Uji T, bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) antara perlakuan terhadap kadar DO. Menurut Pratiwi et al. (2023) bahwa oksigen terlarut yang optimal untuk pertumbuhan budidaya ikan adalah >3 mg/L. Namun demikian, secara deskriptif perlakuan batu apung menunjukkan kecenderungan nilai DO yang lebih tinggi dibandingkan bio ball. Kondisi ini mengindikasikan adanya potensi perbedaan kinerja media filter, meskipun secara statistik belum menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini disebabkan oleh karakteristik fisik batu apung yang memiliki porositas tinggi dan luas permukaan spesifik yang besar, sehingga sesuai pernyataan Mulyadi dan Ajid (2020) bahwa volume rongga yang tinggi (porositas) mampu menyediakan habitat optimal bagi bakteri sehingga dapat melekatkan bakteri dalam jumlah yang besar. Kondisi ini mendukung efisiensi proses dekomposisi bahan organik dan nitrifikasi yang membutuhkan

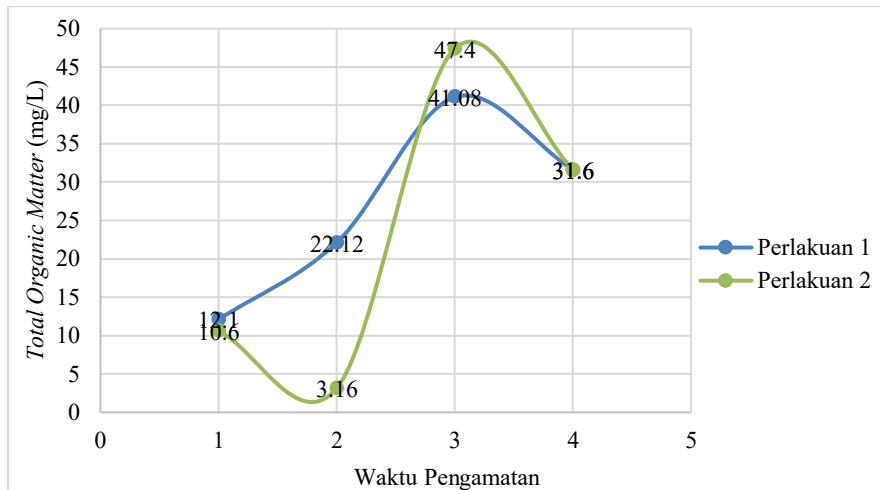
oksigen. Struktur permukaan media yang kasar dan luas berkontribusi terhadap peningkatan kolonisasi bakteri nitrifikasi sehingga mempercepat proses konversi amonia dalam sistem akuakultur (Suriasni et al., 2023). Hasil pengukuran oksigen terlarut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengukuran Oksigen Terlarut

4. *Total Organic Matter (TOM)*

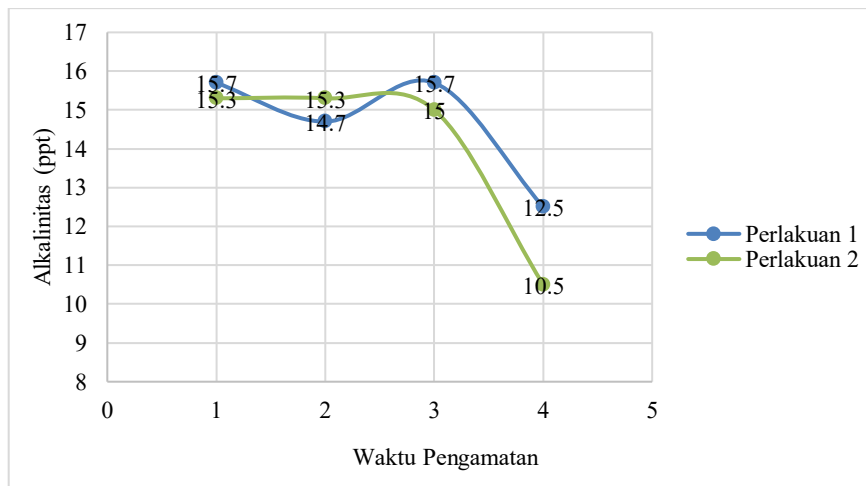
Nilai *Total Organic Matter (TOM)* menunjukkan fluktuasi selama penelitian. Pada bioball (P1), terjadi peningkatan pada minggu ke-3 (47,4) sebelum menurun pada minggu ke-4 (31,6). Hasil analisis Uji T menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) antara perlakuan terhadap nilai TOM. Namun, secara deskriptif batu apung menunjukkan kecenderungan efektivitas yang lebih tinggi dalam menurunkan kandungan bahan organik dibandingkan bioball. Efektivitas ini berkaitan dengan struktur pori batu apung yang kompleks sehingga menyediakan area kolonisasi yang luas bagi mikroorganisme heterotrof. Dos Santos et al (2020) menjelaskan bahwa luas permukaan yang besar memungkinkan kepadatan mikroba lebih tinggi, yang secara langsung meningkatkan laju penyisihan *Total Organic Matter (TOM)* dan amonia. Mikroorganisme tersebut berperan dalam proses biodegradasi bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan biofilm yang lebih stabil sehingga proses dekomposisi bahan organik berjalan dengan baik (Fouad et al., 2022). Kadar bahan organik yang terlalu tinggi dapat berdampak pada oksigen terlarut karena proses dekomposisi yang semakin intensif (Pratiwi et al., 2023). Kadar bahan organik total pada perairan budidaya yang baik tidak lebih dari 10 mg/l (Dina et al., 2025). Pengukuran *total organic matter* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Pengukuran *Total Organik Matter*

5. Alkalinitas

Nilai alkalinitas pada perlakuan bioball (P1) berkisar antara 10,5–15,3 mg/L, sedangkan pada batu apung (P2) berkisar antara 12,5–15,7 mg/L. Hasil Uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($Asympt.Sig > 0,05$) antara perlakuan terhadap alkalinitas. Secara umum, nilai alkalinitas cenderung stabil pada kedua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa kedua media memiliki kemampuan yang relatif sama dalam mempertahankan kapasitas buffer air. Pengukuran alkalinitas dapat dilihat pada Gambar 7.



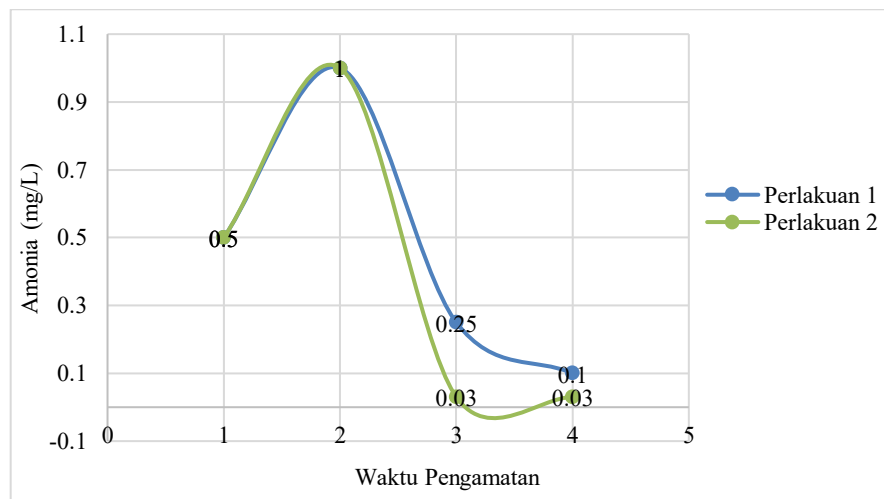
Gambar 7. Grafik Pengukuran Alkalinitas

Alkalinitas berperan penting dalam menjaga kestabilan pH, terutama dalam sistem yang mengalami proses nitrifikasi. Penurunan alkalinitas yang tidak terkendali akan menyebabkan fluktuasi pH yang drastis, sehingga dapat menghambat efisiensi biofilter (Swain et al., 2025). Penurunan alkalinitas yang terjadi selama penelitian menunjukkan adanya konsumsi ion bikarbonat oleh bakteri nitrifikasi. Chen et al., (2021) menyebutkan bahwa proses nitrifikasi dipengaruhi oleh alkalinitas karena bakteri nitrifikasi menggunakan ion bikarbonat sebagai sumber karbon anorganik untuk pertumbuhan mereka. Jika

alkalinitas kurang dari 20 mg/L, maka bakteri nitrifikasi tidak akan bekerja dengan baik (Wahyuningsih & Gitarama, 2020).

6. Amonia

Konsentrasi amonia pada bioball (P1) menurun dari 1 pada minggu ke-2 menjadi 0,1 pada minggu ke-4. Pada batu apung (P2), penurunan terjadi lebih signifikan hingga mencapai 0,03 mg/L pada minggu ke-3 dan ke-4. Hasil Uji T menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p>0,05$) antara perlakuan terhadap kadar amonia. Secara deskriptif, batu apung menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dalam menurunkan amonia dibandingkan bioball. Hal ini mengindikasikan bahwa proses nitrifikasi berlangsung lebih optimal pada media batu apung, yang didukung oleh luas permukaan dan porositas tinggi sehingga meningkatkan jumlah dan aktivitas bakteri nitrifikasi. Menurut penelitian Sirajuddin dan Saleh (2020) bahwa batu apung dapat menurunkan kadar amoniak dalam air limbah domestic dengan efisiensi penyisihan sebesar 68,75%. Media filter yang terdapat pori-pori yang halus menandakan bahwa luas permukaan tinggi, kondusif untuk pertumbuhan dan imobilisasi mikroorganisme serta pertumbuhan biofilm, yang secara langsung berkontribusi pada laju penurunan amonia yang lebih cepat (Dong et al., 2020). Konsentrasi kadar amonia menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 (Kelas II) bahwa batas maksimum amonia untuk kegiatan perikanan bagi ikan yaitu $\leq 0,02$ mg/L, sehingga pada penelitian ini menunjukkan bahwa amonia belum memenuhi baku mutu perairan. Pengukuran amonia dapat dilihat pada Gambar 8.

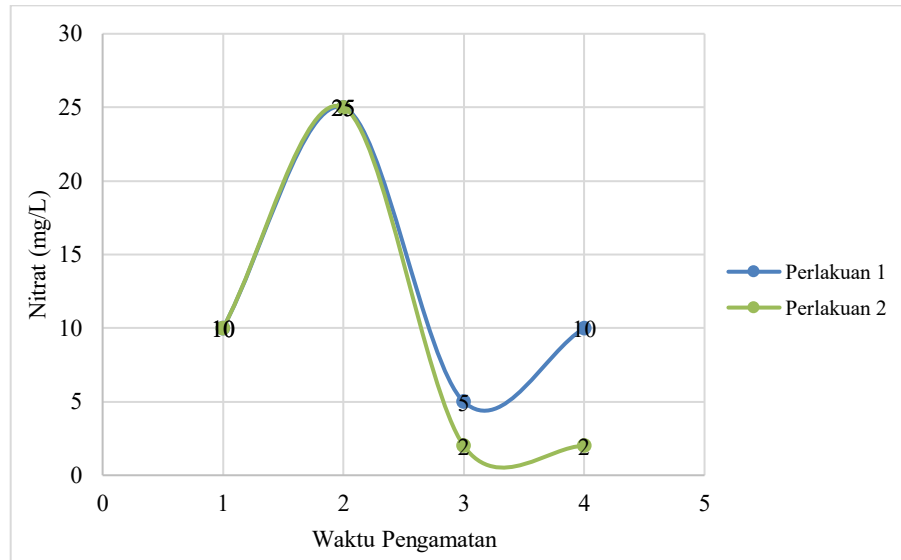


Gambar 8. Grafik Pengukuran Amonia

7. Nitrat

Konsentrasi nitrat pada bioball (P1) menunjukkan fluktuasi dengan nilai tertinggi pada minggu ke-2 (25), sedangkan pada batu apung (P2) mengalami penurunan hingga 2 pada minggu ke-3 dan ke-4. Hasil Uji T menunjukkan tidak berbeda nyata secara signifikan ($p>0,05$) antara perlakuan terhadap nitrat. Menurut Mado et al., (2023) bahwa kandungan nitrat di perairan dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut bakteri pengoksidasi, bakteri pengoksidasi akan mengoksidasi nitrit dalam air menjadi

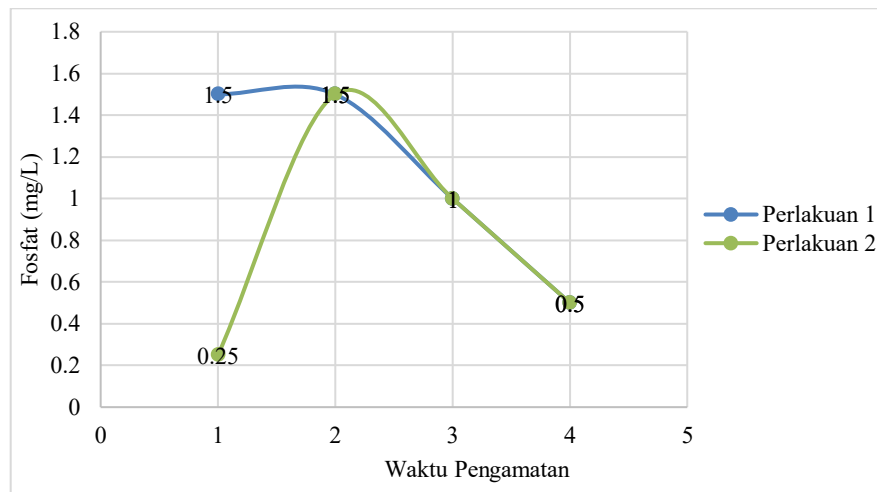
nitrat. Penurunan nitrat pada batu apung mengindikasikan kemungkinan terjadinya proses denitrifikasi atau pemanfaatan oleh mikroorganismenya, sehingga akumulasi nitrat dapat ditekan. Nilai ini masih dalam batas aman dalam kegiatan budidaya yaitu 20 mg/L (Dhiba et al., 2019; Fadillah et al., 2022), sehingga pada penelitian ini kadar nitrat masih tergolong baik kecuali pada saat minggu ke 2 pengamatan. Pengukuran nitrat dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Pengukuran Nitrat

8. Fosfat

Konsentrasi fosfat pada kedua perlakuan menunjukkan tren penurunan dari awal hingga akhir penelitian. Pada bioball (P1), fosfat menurun dari 1,5 menjadi 0,5, sedangkan pada batu apung (P2) menunjukkan pola yang serupa. Hasil Uji T menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) antara perlakuan terhadap fosfat. Hal ini menunjukkan bahwa kedua media memiliki kemampuan yang relatif sama dalam mengendalikan fosfat. Penurunan fosfat diduga disebabkan oleh pemanfaatan oleh mikroorganismenya serta proses adsorpsi pada permukaan media biofilter. Media filter air dengan karakteristik luas permukaan yang tinggi mampu mengikat fosfat melalui proses adsorpsi fisik (Usman et al., 2022). Mikroorganismenya dalam biofilm menggunakan fosfat sebagai nutrisi esensial untuk sintesis sel dan metabolisme selama operasional sistem filtrasi (Bi et al., 2023). Konsentrasi fosfat yang baik untuk budidaya ikan adalah 0,2 mg/L (Suraya et al., 2021; Mado et al., 2023). Pengukuran fosfat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Pengukuran Fosfat

B. Parameter Pertumbuhan Ikan

Hasil pengukuran parameter pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*), yang meliputi pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik (SGR), dan tingkat kelangsungan hidup (SR), pada masing-masing perlakuan biofilter disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter pertumbuhan ikan

Parameter	Perlakuan	Rata-Rata ± Standart Deviasi	Normalitas (Shapiro-Wilk, p-value)	Homogenitas (Levene, p-value)	Sig. (2-tailed) (p-value)
Pertumbuhan Mutlak	Bioball	1.93 ± 0.19	< 0,001*	0,440	Asympt.Sig: 0,046
	Batu apung	2.52 ± 0.26	0,352		
Laju Pertumbuhan Spesifik	Bioball	2.08 ± 0.15 ^a	0,850	0,743	0,053 ^{ns}
	Batu apung	2.53 ± 0.18 ^a	0,939		
Survival Rate	Bioball	76.7 ± 4.7 ^a	< 0,001*	1,000	Asympt.Sig: 0,099 ^{ns}
	Batu apung	86.7 ± 4.7 ^a	< 0,001*		

Keterangan: huruf supersrift pada kolom yang sama mengindikasikan tidak adanya perbedaan antar perlakuan (sig.>0,05) pada taraf kepercayaan 95%, ns (nonsignificant), *p < 0,05 menunjukkan data tidak berdistribusi normal.

1. Pertumbuhan Mutlak

Berdasarkan hasil penelitian, nilai pertumbuhan mutlak ikan nila pada perlakuan bioball (P1) berkisar antara 1,79–2,15 g, sedangkan pada perlakuan batu apung (P2) berkisar antara 2,22–2,67 g. Nilai rata-rata pertumbuhan mutlak pada perlakuan P1 adalah sebesar 1,93 ± 0,19 g, sedangkan pada perlakuan P2 sebesar 2,52 ± 0,26 g. Hasil Uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan (Asympt.Sig<0,05) antara perlakuan terhadap pertumbuhan mutlak ikan. Perlakuan batu apung menunjukkan pertumbuhan mutlak yang lebih tinggi dibandingkan bioball. Hal ini diduga berkaitan dengan kualitas air yang lebih baik pada media batu apung, terutama dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut dan menurunkan senyawa toksik seperti amonia. Perlakuan batu apung mampu menurunkan kadar ammonia dengan efisiensi penurunan sebesar 94%, sehingga kondisi media budidaya optimal untuk pertumbuhan ikan. Kondisi lingkungan yang optimal akan meningkatkan efisiensi

metabolisme dan pemanfaatan pakan oleh ikan. Kushayadi et al. (2018) menjelaskan bahwa penggunaan batu apung sebagai media biofilter mampu menurunkan konsentrasi amonium dan fosfat dalam media pemeliharaan, sehingga menciptakan kualitas air yang lebih baik dan mendukung pertumbuhan ikan secara optimal.

2. Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)

Nilai laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate/SGR*) pada perlakuan bioball (P1) berkisar antara 1,90–2,26%/hari, sedangkan pada perlakuan batu apung (P2) berkisar antara 2,30–2,74%/hari. Rata-rata nilai SGR pada perlakuan P1 adalah $2,08 \pm 0,15\%$ /hari, sedangkan pada perlakuan P2 sebesar $2,53 \pm 0,18\%$ /hari. Hasil Uji Independent Sample T-test menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) antara perlakuan terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan (SGR). Namun secara deskriptif, perlakuan batu apung menunjukkan SGR yang lebih tinggi dibandingkan bioball. Nilai SGR yang lebih tinggi pada perlakuan batu apung menunjukkan bahwa ikan mampu tumbuh lebih cepat pada kondisi lingkungan yang lebih mendukung. Hal ini diduga karena media batu apung cenderung lebih efektif dalam meningkatkan kualitas air melalui proses biofiltrasi, sehingga energi yang diperoleh dari pakan lebih banyak dialokasikan untuk pertumbuhan daripada untuk adaptasi terhadap stres lingkungan. Menurut Martini (2024) perlakuan dengan pemberian tanaman pakcoy dan batu apung sebagai media filter dalam sistem resirkulasi menunjukkan hasil terbaik pada parameter sintasan, bobot mutlak, dan panjang mutlak, hal ini ini diduga dipengaruhi oleh efektivitas filtrasi nitrogen hasil metabolisme pakan yang berlangsung secara optimal.

3. Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)

Tingkat kelangsungan hidup (SR) ikan nila pada perlakuan bioball (P1) berkisar antara 70–80%, dengan rata-rata sebesar $76,7 \pm 4,7\%$, sedangkan pada perlakuan batu apung (P2) berkisar antara 80–90%, dengan rata-rata sebesar $86,7 \pm 4,7\%$. Hasil Uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($Asympt.Sig > 0,05$) antara perlakuan terhadap Tingkat kelangsungan hidup ikan (SR). Secara deskriptif, nilai SR yang lebih tinggi pada perlakuan batu apung (P2) dibandingkan bioball (P1) menunjukkan bahwa media batu apung cenderung mampu menciptakan kondisi lingkungan yang lebih mendukung kehidupan ikan. Perbedaan ini diduga berkaitan dengan kualitas air yang dihasilkan oleh masing-masing media biofilter. Pada parameter amonia, perlakuan batu apung (P2) menunjukkan nilai yang lebih rendah pada minggu ke-3 dan ke-4, yaitu sebesar 0,03 mg/L, dibandingkan dengan perlakuan bioball (P1) yang berada pada kisaran 0,25–0,1 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa media batu apung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan senyawa toksik dibandingkan bioball. Selain itu, nilai oksigen terlarut (DO) pada perlakuan batu apung (P2) juga cenderung lebih tinggi dibandingkan bioball (P1), yang menunjukkan kondisi perairan yang lebih optimal bagi respirasi ikan. Kombinasi antara rendahnya kadar amonia dan tingginya DO pada perlakuan batu apung mengindikasikan bahwa proses nitrifikasi dan aktivitas mikroorganisme aerob



berlangsung lebih efektif pada media tersebut, sehingga mampu mengurangi akumulasi senyawa toksik dalam media pemeliharaan serta menjaga fungsi insang, menurunkan tingkat stres, dan mengurangi risiko kematian pada ikan (Awwalia et al., 2025). Dengan demikian, perbedaan nilai SR antara kedua perlakuan menunjukkan bahwa efektivitas media biofilter dalam mengontrol kualitas air, khususnya amonia dan oksigen terlarut, berperan penting dalam menentukan tingkat kelangsungan hidup ikan dalam sistem resirkulasi. Hal ini sejalan dengan Ardianti et al. (2023) yang menyatakan bahwa keberhasilan pemeliharaan ikan dalam sistem resirkulasi sangat dipengaruhi oleh kinerja filter dalam menjaga stabilitas kualitas air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan media biofiltrasi dalam sistem resirkulasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) terhadap parameter kualitas air, laju pertumbuhan spesifik dan tingkat kelangsungan hidup ikan nila. Namun demikian, secara deskriptif media batu apung menunjukkan kecenderungan kinerja yang lebih baik dibandingkan bioball, terutama dalam meningkatkan oksigen terlarut (DO) serta menurunkan *Total Organic Matter* (TOM) dan amonia. Pada parameter pertumbuhan, perlakuan batu apung juga menunjukkan nilai pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik (SGR), dan tingkat kelangsungan hidup (SR) yang lebih tinggi secara deskriptif dibandingkan bioball. Dengan demikian, batu apung menjadi media biofilter yang berpotensi direkomendasikan dalam sistem resirkulasi budidaya ikan nila, meskipun diperlukan penelitian lanjutan dengan desain yang lebih komprehensif untuk memperkuat hasil yang diperoleh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada PSDKU Universitas Brawijaya Kediri yang telah menyediakan fasilitas dan sarana penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim peneliti dan rekan-rekan Akuakultur angkatan 2022 yang telah membantu dalam proses pengambilan data, pemeliharaan ikan, serta analisis data selama penelitian berlangsung. Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi kepada pihak-pihak yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan naskah ini sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- El-Hack AME, El-Saadony MT, Nader MM, Salem HM, El-Tahan AM, Soliman SM, Khafaga AF. 2022. Effect of environmental factors on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International journal of biometeorology*. 66(11):2183-94. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02347-6>.
- Adi CP, Panjaitan PS, Soeprijadi L, Wulan DR. 2024. Nilai Ekonomi dan Potensi Pasar Budidaya Ikan Nila. Penerbit P4I.



- Ahmed N, Turchini GM. 2021. Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner production*. 297:126604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126604>
- Ardianti SA, Junaidi M, Setyono HD. 2023. Penggunaan Komposisi Media Filter Pada Budidaya Ikan Koi (*Cyprinus carpio*) Dengan Sistem Resirkulasi. *Jurnal Universitas Mataram*. 1(1):1-0. <https://eprints.unram.ac.id/35606/2/jurnal%20SRI%20AYU%20ARDIANTI.pdf>.
- Ariyanti R, Noerhayati E. 2024. Olah limbah komunal: studi analisis rencana penggunaan biofilter anaerob-aerob pada Desa Kutuwetan, Ponorogo. *Spatial Planning & Management Science*. 1(1):1-7. <https://www.journal-iasssf.com/index.php/SPMS/article/view/755>.
- Awwalia N, Dindin U. 2025. Studi pengaruh kualitas air hujan terhadap kelangsungan hidup (survival rate) benih ikan komet (*Carassius auratus*). *Zebra: Jurnal Ilmu Peternakan dan Ilmu Hewani*. 3(2):01-16. <https://doi.org/10.62951/zebra.v3i2.221>.
- Azad A, Saecidian A, Mousavi SF, Karami H, Farzin S, Singh VP. 2020. Effect of zeolite and pumice powders on the environmental and physical characteristics of green concrete filters. *Construction and Building Materials*. 240:117931. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117931>.
- Bi Z, Wu J, Huang Y, Pan Y. 2023. Influence of dissolved oxygen on phosphorus removal by polyphosphate-accumulating organism biofilm: Performance and metabolic response. *Biochemical Engineering Journal*. 199:109048. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2023.109048>.
- Chen C, Song Y, Yuan Y. 2021. The operating characteristics of partial nitrification by controlling pH and alkalinity. *Water*. 13(3):286. <https://doi.org/10.3390/w13030286>.
- Dhiba AA, Syam H, Ernawati E. 2019. Analisis kualitas air pada kolam pendederan ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) dengan penambahan tepung daun singkong (*Manihot utilisima*) sebagai pakan buatan. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 17(12):2087-90.
- Dina KF, Yudo LP, Mulatsih S, Hartanti NU. 2025. Effect Of Differences with Rainwater Containers and Freshwater Containers on the Growth Rate of Tila Fish (*Oreochromis niloticus*) in Randusanga Wetan Village, Brebes District. *JFMR*. 9(1), 50-61. <https://10.21776/ub.jfmr.2025.009.01.5>.
- Dong Y, Lin H, Zhang X. 2020. Simultaneous ammonia nitrogen and phosphorus removal from micro-polluted water by biological aerated filters with different media. *Water, Air, & Soil Pollution*. 231(5):234. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04616-9>.
- Dos Santos PR, Daniel LA. 2020. A review: organik matter and ammonia removal by biological activated carbon filtration for water and wastewater treatment. *International journal of environmental science and technology*. 17(1):591-606. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02567-1>.
- Effendie, MI. 1997. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- Everhart, WH, Elipper AW, Young WD. 1975. Principles of Fisheries Science. 1st edition, Ithaca, Comstock Publishing Associates.
- Fadillah H, Junaidi M, Azhar F. Penggunaan Nitrosomonas dan Nitrobacter untuk perbaikan kualitas air media budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan Unram*. 2022 Jun 14;12(1):54-65. <https://doi.org/10.29303/JP.V12I1.274>.
- Fouad FA, Youssef DG, Shahat FM, Abd El-Ghany MN. 2022. Role of microorganisms in biodegradation of pollutants. In Handbook of biodegradable materials. 1-40. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83783-9_11-1.
- Gunawan I, Suraya U. 2020. Pengaruh perbedaan warna lampu terhadap laju pertumbuhan spesifik benih ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Ilmu Hewani Tropika (Journal Of Tropical Animal Science)*. 8(2):54-62. <https://unkripjournal.com/index.php/JIHT/article/view/151/147>.
- Hamed S, El-Kassas S, Abo-Al-Ela HG, Abdo SE, Abou-Ismael UA, Mohamed RA. 2024. Temperature and feeding frequency: interactions with growth, immune response, and water quality in juvenile Nile tilapia. *BMC veterinary research*. 20(1):520. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04366-4>.
- Iskandar R, Elrifadah E. 2015. Pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberi pakan buatan berbasis kiambang. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*. 40(1):18-24.



- <http://dx.doi.org/10.31602/zmip.v40i1.93>.
- Jacinda AK. 2021. Resirculating aquaculture system (RAS) technology applications in Indonesia: a review. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 11(1):43-59. <http://dx.doi.org/10.33512/jpk.v11i1.11221>.
- Jamil H, Ghaffar A, Afzal F, Ahmad H, Abbas G, Fouad D, Ataya FS, Li K. 2025. Attenuation of salinity-induced stress and improvement of brackish water aquaculture of *Labeo rohita* through dietary interventions of multi-species probiotics. *Applied Water Science*. 15(6):119. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02447-9>.
- Kushayadi AG, Waspodo S, Diniarti N. 2018. Pengaruh media tanam akuaponik yang berbeda terhadap penurunan nitrat dan pospat pada pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan Unram*. 8(1):8-13.
- Mado AM, Umar NA, Aqmal A. 2023. Pengaruh eco-enzym terhadap kualitas air pada sistem budidaya akuaponik ikan nila *Oreochromis niloticus* dan tanaman sawi *Brassica juncea*. *Journal of Aquaculture and Environment*. 5(2):66-72. <https://doi.org/10.35965/jae.v5i2.2715>.
- Manik MI, Perwira IY, Ernawati NM. 2023. Kandungan Nutrien Nitrat dan Fosfat Pada Air di Kawasan Estuari DAM, Badung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 9(2):260-7. <https://doi.org/10.24843/jmas.2023.v09.i02.p11>.
- Marlida R. 2020. Bioflok sebagai solusi mengatasi permasalahan lingkungan untuk akuakultur masa depan berkelanjutan: Sebuah tinjauan. *Rawa Sains: Jurnal Sains Stiper Amuntai*. 10(1):38-44. <https://doi.org/10.36589/rs.v10i1.116>.
- Martini NN. 2024. Komparasi kinerja pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem resirkulasi dengan media filter yang berbeda. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*. 11(1):15-25. <https://doi.org/10.23887/jjpb.v11i1.76501>.
- Mengistu SB, Mulder HA, Benzie JA, Komen H. 2020. A systematic literature review of the major factors causing yield gap by affecting growth, feed conversion ratio and survival in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Reviews in Aquaculture*. 12(2):524-41. <https://doi.org/10.1111/raq.12331>.
- Muliyadi M dan Ajid SH. 2020. Efektivitas Bonggol Jagung sebagai Media Biofiltrasi dalam Menurunkan Beban Pencemar Limbah Domestik. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*. 4(2):323-32. <https://doi.org/10.15294/higeia.v4i2.34753>.
- Muliyadi M, Purwanto P, Sumiyati S, Hadiyanto H, Sudarno S, Budiyo B, Warsito B. 2024. Bacterial community dynamics and pollutant removal mechanisms in biofilters: A literature review. *Environmental Health Engineering and Management Journal*. 11(4):477-92. <https://doi.org/10.34172/EHEM.2024.47>.
- Nelvia L, Elfrida E, Basri Y. 2015. Penambahan Bioball pada Filter Media Pemeliharaan terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*). *Ejurnal bughatta*. 7(1):1-2.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pratiwi RK, Mahmudi M, Faqih AR, Arfiati D. 2023. Dynamics of water quality for vannamei shrimp cultivation in intensive ponds in coastal areas. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 9(10):56-64. <https://10.29303/jppipa.v9i10.4322>.
- Pratiwi RK, Nadiro VN, Maulidiyah V, Cahya MD, Sabrina NA, Romadhona MR. 2025. Pengaruh Metode Aplikasi Bakteri Asam Laktat terhadap Bahan Organik dan Pertumbuhan Ikan Lele Sistem Budikdamber. *FISHIANA Journal of Marine and Fisheries*. 4(2):38-51. <https://doi.org/10.61169/fishiana.v4i2.337>.
- Fauzia RS, Heri Suseno S. 2020. Resirkulasi Air Untuk Optimalisasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*. 2(5): 887–892.
- Sa'adati FT, Andayani S. 2022. Analisis kesehatan ikan berdasarkan kualitas air pada budidaya Ikan Koi (*Cyprinus Sp.*) sistem resirkulasi. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*. 6(3):20-6. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2022.006.03.4>.



- Septiandoko K, Mukti MA, Nindarwi DD. 2021. Optimalisasi kegiatan pembenihan secara alami melalui pengamatan fekunditas, fertilization rate, hatching rate dan survival rate ikan karper (*Cyprinus carpio*). *Nekton*. 1(2):60-71. <https://doi.org/10.47767/nekton.v1i2.279>.
- Sirajuddin FE, Saleh MF. 2020. Efektifitas biofiltrasi dengan media arang tempurung kelapa dan batu apung terhadap penurunan kadar COD, nitrat dan amoniak dalam air limbah domestik. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*. 5(1):27-35. <https://doi.org/10.33084/mitl.v5i1.1146>.
- Sriyanti A, Yani E, Kusuma TD, Sari FP. 2025. Pendayagunaan Barang Bekas dan Limbah Sebagai Filter Untuk Memperbaiki Kualitas Air dalam Pemeliharaan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Inprosidings Seminar Nasional Hasil Penelitian Kelautan dan Perikanan*. 348-361.
- Suraya U, Gumiri S, Permata DD. 2021. Hubungan Kualitas Air dengan Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias sp.*) yang dibesarkan di dalam Ember. *Journal of Tropical Fisheries*. 16(2):109-15. <https://doi.org/10.36873/jtf.v16i2>.
- Suriasni PA, Faizal F, Panatarani C, Hermawan W, Joni IM. 2023. A review of bubble aeration in biofilter to reduce total ammonia nitrogen of recirculating aquaculture system. *Water*. 15(4):808. <https://doi.org/10.3390/w15040808>.
- Swain P, Sahoo SN, Das R, Sarkar S, Mahapatra AS, Seshagiri B, Rangacharyulu PV, Rathod R, Mishra SS. 2025. Influence of pond water total alkalinity on disease dynamics in Indian tropical freshwater aquaculture: Evidence from case studies. *Environmental Science and Pollution Research*. 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-37050-7>.
- Trianasari T, Manurung P, Karo PK. 2017. Analisis dan Karakterisasi Kandungan Silika (SiO₂) sebagai Hasil Ekstraksi Batu Apung (*Pumice*). *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 5(2):179-86. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v5i2.155>.
- Usman MO, Aturagaba G, Ntale M, Nyakairu GW. 2022. A review of adsorption techniques for removal of phosphates from wastewater. *Water Science & Technology*. 86(12):3113-32. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.382>.
- Utami DP, Herdiana IN. 2021. Pengukuran kualitas sumber air media pemeliharaan ikan di Balai Riset Pemuliaan ikan. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*. 19(1):19-24. <http://dx.doi.org/10.15578/blta.19.1.2021.19-24>.
- Wahyuningsih S, Gitarama AM, Gitarama AM. 2020. Amonia pada sistem budidaya ikan. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. 5(2):112-25. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v5i2>.
- Widyatmoko W, Effendi H, Pratiwi NT. 2019. The growth and survival rate of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in the aquaponic system with different vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) plant density. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 19(1):157-66. <https://doi.org/10.32491/jii.v19i1.346>.