

RANCANG BANGUN SISTEM FILTRASI KUALITAS AIR PADA SISTEM AQUAPONIK

1st Fadli Septian Anugrah
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

anugrahfadli@telkomuniversity.ac.id

2nd Dudi Darmawan
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

dudidw@telkomuniversity.ac.id

3rd Asep Suhendi
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

suhendi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Sistem filterisasi dengan sirkulasi air tertutup pada kolam budidaya ikan nila dirancang untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan air dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup ikan. Dalam sistem ini, air kolam yang telah tercemar oleh sisa pakan, kotoran ikan, dan zat organik lainnya akan diproses melalui serangkaian filter. Proses filterisasi bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel padat, mengurangi kadar amonia, nitrit, dan nitrat, serta menjaga keseimbangan pH air. Setelah melalui proses ini, air yang telah bersih akan dikembalikan ke dalam kolam, memungkinkan penggunaan kembali air tanpa perlu sering mengganti air baru. Optimalisasi rancangan melibatkan pemilihan material filter yang tepat, desain jalur sirkulasi yang efisien, dan pengaturan laju aliran air yang sesuai. Dengan demikian, sistem ini dapat menjaga stabilitas kualitas air yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal ikan nila. Penggunaan sistem sirkulasi air tertutup tidak hanya mengurangi konsumsi air dan biaya operasional, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi limbah air yang dihasilkan oleh kolam budidaya.

Kata kunci— Kualitas Air, Sirkulasi Air, Filter

I. PENDAHULUAN

Budidaya ikan air tawar merupakan salah satu sektor perikanan terbesar di Indonesia, termasuk di dalamnya budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Ikan nila adalah jenis ikan air tawar yang memiliki potensi tinggi dan mampu beradaptasi dengan baik terhadap perubahan kondisi lingkungan perairan. Ikan ini dapat tumbuh dengan cepat dan bereproduksi dengan jumlah yang cukup banyak jika dipelihara secara teratur. Pemantauan intensif terhadap ekosistem budidaya sangat diperlukan untuk menjaga kesehatan ikan dan mencegah stres. Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi ekosistem budidaya ikan nila adalah kualitas air kolam [1].

Untuk menjaga ekosistem ikan secara optimal, diperlukan perhatian khusus terhadap kualitas air. Penanganan yang tidak tepat terhadap kualitas air dapat menyebabkan peningkatan pH dan kadar amonia [2]. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh feses ikan, pakan yang tidak dimakan, serta organisme akuatik lainnya seperti bakteri, jamur, dan infusoria. Limbah dalam kolam budidaya ikan mengandung amoniak yang cukup tinggi, sementara ikan memerlukan standar kualitas air tertentu

untuk tetap hidup [3]. Beberapa parameter kualitas air yang perlu dijaga meliputi keasaman pH, oksigen terlarut, suhu, kekeruhan, dan kadar amoniak. Kelima parameter ini mudah dipengaruhi oleh limbah yang menumpuk di kolam ikan. Kisaran pH air yang ideal untuk budidaya ikan nila adalah antara 6,5 – 8,5, dengan oksigen terlarut lebih dari 6,2 mg/L. Suhu yang sesuai bagi ikan nila adalah antara 25 - 35°C, kekeruhan yang baik \leq 50 NTU, dan kadar amonia yang optimal adalah lebih dari 1 ppm [4].

Untuk menjaga kualitas air tetap sesuai dengan kebutuhan ikan, diperlukan media filter pada sistem sirkulasi kolam. Filter berfungsi sebagai sistem yang dirancang untuk memisahkan partikel padat, senyawa kimia, serta organisme yang dapat mencemari kualitas air atau udara. Namun, perlu diingat bahwa filter memiliki batas kemampuan. Setelah digunakan berkali-kali, kotoran yang terakumulasi pada filter akan semakin banyak sehingga filter tidak dapat berfungsi dengan optimal. Oleh karena itu, filter perlu dibersihkan setidaknya dua kali dalam sebulan untuk menghilangkan kotoran yang telah tersaring, sehingga filter dapat kembali berfungsi secara efektif dalam menjaga kualitas air di kolam budidaya.

Pengelolaan kebersihan otomatis bisa menjadi alternatif yang mendukung pemeliharaan kolam budidaya. Pemilihan filter perlu disesuaikan dengan perangkat otomatisasi yang digunakan dalam sistem, sehingga perangkat tersebut dapat membersihkan media filter secara efektif. Mengingat sistem sirkulasi pada kolam bersifat tertutup, perlu juga dipertimbangkan desain alur sirkulasi yang mendukung keseluruhan sistem agar berfungsi dengan baik.

II. KAJIAN TEORI

2.1 Sirkulasi Air

Sistem ini dirancang dengan kolam terpal sebagai media uji coba, yang sering digunakan untuk membudidayakan berbagai jenis ikan air tawar, seperti lele, nila, gurame, dan mas. Kolam terpal ini memiliki dimensi panjang 1,3 meter, lebar 0,8 meter, dan kedalaman 0,63 meter, dengan total volume air sebesar 0,6552 meter kubik, yang setara dengan 655,2 liter.

Untuk menjaga agar kualitas air di kolam budidaya tetap bersih dan seimbang, sistem ini dilengkapi dengan filter. Filter berfungsi untuk menjaga agar kondisi air sesuai dengan kebutuhan ikan. Sistem ini juga dilengkapi dengan perangkat monitoring dan ruang filter untuk memastikan kualitas air tetap terjaga.

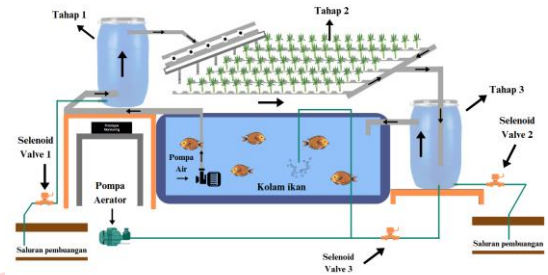
Filter dalam sistem ini dipisahkan dari kolam ikan dan terdiri dari dua ruang filter (*chamber filter*). Masing-masing ruang filter memiliki diameter 40 cm dan tinggi 83 cm, dengan kapasitas masing-masing sebesar 80 liter. Fungsi dari ruang filter ini adalah untuk menyaring partikel dan kontaminan dari air kolam.

Untuk mengalirkan air dari kolam ke ruang filter, digunakan pompa air dengan kapasitas aliran sebesar 5800 liter per jam (*l/h*). Pompa ini memiliki daya 38 watt dan *head pump* sebesar 5,2 meter. *Head pump* adalah jarak vertikal maksimum yang bisa dicapai oleh pompa untuk mengalirkan air. Pompa ini mampu menghasilkan tekanan sebesar $4,9 \times 10^4$ Pascal (Pa), yang cukup untuk memastikan sirkulasi air yang efisien antara kolam dan ruang filter. Filter tidak menyala terus-menerus, melainkan hanya saat alat pemantauan memberikan perintah. Alat pemantauan akan menentukan kapan filter harus diaktifkan berdasarkan beberapa parameter. Filter akan dijalankan jika pH air berada di luar rentang 6,5 hingga 8,5, jika kadar oksigen terlarut kurang dari 6,2 mg/L, jika suhu air tidak berada dalam rentang optimal 25 hingga 35°C, jika kekeruhan air melebihi 50 NTU, atau jika konsentrasi amonia dalam air melebihi 1 mg/L atau 1 ppm. Hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan daya oleh sistem.

Chamber filter dibagi menjadi dua bagian. *Chamber* pertama berisi media filter *bioball*, sedangkan *chamber* kedua berisi media filter mekanik berupa *biofoam* dan jaring nelayan. Diameter masing-masing *chamber* adalah 40 cm dan tingginya 83 cm. *Chamber filter* terbuat dari *high-density polyethylene* (HDPE) atau *polyethylene terephthalate* (PET), yang merupakan jenis plastik tahan terhadap berbagai bahan kimia, korosi, dan kebocoran. Kedua media filter memiliki fungsi yang berbeda. Media filter *bioball* berfungsi untuk menyaring kotoran fisik (besar), sedangkan media filter mekanik berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran kecil. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Kangkung dapat memberikan hasil optimal pada kondisi dataran rendah tropika dengan temperatur tinggi dan penyinaran pendek. Temperatur ideal untuk kangkung adalah 25–30 °C. Di bawah 10 °C, tanaman akan rusak. Ada dua jenis kangkung, yaitu kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir*) dan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Kangkung darat berdaun sempit dan beradaptasi pada tanah yang lembab, serta hanya dipanen satu kali. Sedangkan kangkung air berdaun lebih lebar dan berbentuk panah.

Chamber filter akan memiliki ketinggian yang berbeda-beda. Hal ini dilakukan karena air yang kembali ke dalam kolam akan jatuh dengan gravitasi. Oleh karena itu, *chamber filter* membutuhkan pondasi untuk menopangnya. Tinggi pondasi *chamber* pertama adalah 70 cm dan memiliki sisi 55 cm, sedangkan tinggi pondasi *chamber* kedua tidak memiliki pondasi karena lubang *chamber* nya sesuai dengan ketinggian kolam ikan. Untuk

chamber kedua terdapat sekat pada dasar kolam, sekat ini berfungsi untuk menahan media filter serta memberikan ruang untuk kotoran yang telah mengendap di dasar *chamber filter*, sehingga kotoran yang mengendap akan dapat dikeluarkan melalui pipa pembuangan yang menuju selokan.



Gambar 2.1 1 Sistem akuaponik NFT

Ukuran pipa dalam sistem ini disesuaikan dengan kapasitas *output* pompa dan ukuran *chamber filter* untuk mencegah kebocoran selama sirkulasi air. Terdapat empat jenis pipa yang digunakan dalam sistem ini, yaitu pipa *input chamber* pertama, pipa *output chamber* pertama, pipa tanaman hidroponik, pipa *input* dan *output chamber* kedua, pipa pembuangan, serta pipa penyuplai air. Setiap pipa memiliki ukuran yang berbeda-beda: pipa *input chamber* pertama berukuran 1 inci; pipa *output chamber* pertama dan pipa *input/output chamber* kedua berukuran 1 ½ inci; pipa tanaman hidroponik berukuran 2 ½ inci; dan pipa pembuangan serta pipa suplai air berukuran ½ inci. Ukuran pipa-pipa ini dipilih berdasarkan kecepatan aliran pompa. Pada sistem resirkulasi, laju aliran yang diinginkan umumnya berkisar antara 0,2 hingga 1 m/s.

a. Pipa *Input Chamber* Pertama (diameter 1 inci = 32 mm):

- Jari – jari pipa (r) = $\frac{\text{diameter}}{2} = \frac{32 \text{ mm}}{2} = 16 \text{ mm} = 16 \times 10^{-3} \text{ m}$ (1)

- Luas penampang (A) = $\pi \cdot r^2 = \pi \cdot (16 \times 10^{-3})^2 = 0,05 \text{ m}^2$ (2)

- Kecepatan aliran air (V) = $\frac{Q}{A} = \frac{1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0,05 \text{ m}^2} = 3,2 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ (3)

b. Pipa *output chamber* pertama dengan posisi lurus (diameter 1 ½ inci = 48 mm) dan pipa mengarah ke bawah menuju tanaman hidroponik (diameter 1 inci):

- Jari – jari pipa (r) = $\frac{\text{diameter}}{2} = \frac{48 \text{ mm}}{2} = 24 \text{ mm} = 24 \times 10^{-3} \text{ m}$ (4)

- Luas penampang (A) = $\pi \cdot r^2 = \pi \cdot (24 \times 10^{-3})^2 = 0,0018 \text{ m}^2$ (5)

- Kecepatan aliran air (V) = $\frac{Q}{A} = \frac{1,6 \times 10^{-3} m^3/s}{0,0018 m^2} = 8,9 \times 10^{-2} m/s$ (6)

c. Pipa tanaman hidroponik (diameter 2 ½ inci = 76 mm) dan pipa output dari tanaman hidroponik menuju chamber kedua (diameter 1 ½ inci = 48 mm):

- Jari - jari pipa (r) = $\frac{diameter}{2} = \frac{76 mm}{2} = 38 \times 10^{-3} m$ (7)

- Luas penampang (A) = $\pi \cdot r^2 = \pi \cdot (38 \times 10^{-3})^2 = 0,0045 m^2$ (8)

- Kecepatan aliran air (V) = $\frac{Q}{A} = \frac{1,6 \times 10^{-3} m^3/s}{0,0045 m^2} = 3,56 \times 10^{-1} m/s$ (9)

d. Pipa output chamber kedua (diameter 1 ½ inci).

- Jari - jari pipa (r) = $\frac{diameter}{2} = \frac{48 mm}{2} = 24 mm = 24 \times 10^{-3} m$ (10)

- Luas penampang (A) = $\pi \cdot r^2 = \pi \cdot (24 \times 10^{-3})^2 = 0,0018 m^2$ (11)

- Kecepatan aliran air (V) = $\frac{Q}{A} = \frac{1,6 \times 10^{-3} m^3/s}{0,0018 m^2} = 8,9 \times 10^{-2} m/s$ (12)

Debit aliran air yang masuk ke dalam chamber (Q_{input}) dapat dihitung dengan mengalikan luas penampang pipa output dengan laju aliran:

$$Q_{input} = A_{output} \cdot V_{output}$$

$$Q_{input} = (1,8 \times 10^{-3} m^2) \cdot (8,9 \times 10^{-2} m/s)$$

$$Q_{input} = \left(0,00010174 \frac{m^3}{s}\right) \cdot \left(\frac{1}{0,001 m^3}\right) \cdot \left(\frac{1}{1,61}\right)$$

$$Q_{input} = 6,3 \times 10^{-2} l/s$$
 (13)

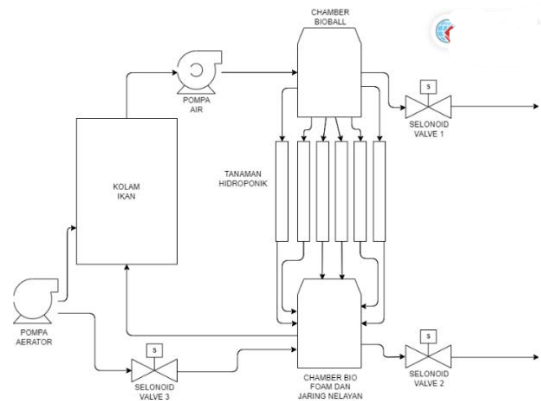
e. Pipa pembuangan dan pipa penyuplai air (diameter ½ inci).

Hbb

- Jari - jari pipa (r) = $\frac{diameter}{2} = \frac{22 mm}{2} = 11 \times 10^{-3} m$ (14)

- Luas penampang (A) = $\pi \cdot r^2 = \pi \cdot (11 \times 10^{-3})^2 = 0,00038 m^2$ (15)

- Kecepatan aliran air (V) = $\frac{Q}{A} = \frac{1,6 \times 10^{-3} m^3/s}{0,00038 m^2} = 4,21 m/s$ (16)



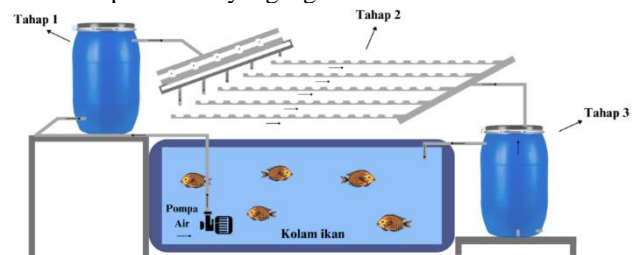
Gambar 2.1 2 Skema sirkulasi air

Air kolam budidaya sirkulasi tertutup bergerak dari kolam ke pompa yang memompa air untuk melakukan penyaringan, sehingga kualitas air tetap terjaga. Air mengalir dari kolam ke chamber filter biologis melalui pipa yang terpasang di dasar chamber, sehingga air mengalir ke atas dan jatuh ke tanaman hidroponik dengan bantuan gravitasi. Kemudian, air dari tanaman hidroponik mengalir ke filter mekanik dengan gravitasi di dasar chamber, dan air akan mengalir ke atas sebelum jatuh kembali ke kolam. Sistem ini menggunakan tiga solenoid valve dengan fungsi yang berbeda. Valve 1 dan 2 berfungsi sebagai katup pembuangan air, sedangkan valve 3 berfungsi sebagai katup aliran udara dari pompa aerator yang ditempatkan di dasar chamber biofoam dan jaring nelayan.

2.2 Media Filter

Media filter berperan penting dalam sistem proyek ini dengan tujuan menyaring air kolam untuk menjaga kualitas air agar tetap terjaga, menciptakan lingkungan yang nyaman bagi ikan budidaya. Media filter meningkatkan kebersihan air sehingga ikan dapat berkembang biak secara optimal dan tetap sehat. Media filter yang digunakan dalam proyek ini adalah jenis media biofilm (biocarrier), di mana terdapat kumpulan sel mikroorganisme yang menempel pada permukaan media, membentuk struktur kompleks yang terikat pada substrat.

Dalam proyek ini, berbagai jenis filter media digunakan, seperti biofoam, jaring nelayan, bioball, dan tanaman kangkung, semuanya termasuk dalam kategori filter media biofilm. Meskipun ketiganya merupakan jenis filter media biofilm, peran masing-masing dalam sistem memiliki perbedaan yang signifikan.



Gambar 2.2 1 Penempatan media filter berdasarkan fungsinya

Dalam sistem akuaponik, terdapat dua jenis filter mekanis yang digunakan untuk menjaga kebersihan air, yaitu jaring nelayan dan biofoam. Jaring nelayan berfungsi

untuk menangkap partikel-partikel besar seperti sisa makanan ikan, daun, dan kotoran lainnya, yang ditempatkan di berbagai titik aliran air untuk mencegah masuknya partikel besar ke dalam sistem sirkulasi air. Penggunaan jaring nelayan ini membantu menjaga kualitas air, mendukung pertumbuhan tanaman, dan kesehatan ikan, serta memudahkan proses pembersihan dan pemeliharaan kolam karena kotoran dapat diangkat dan dibuang secara teratur. Sementara itu, *biofoam* memiliki struktur berpori rapat dan seragam yang efektif menangkap partikel padat seperti kotoran dan debris. Porositas tinggi pada *biofoam* memungkinkan aliran air yang lancar dengan resistensi minimal, serta mudah dibersihkan dan dirawat, sehingga dapat digunakan kembali dalam jangka waktu panjang. Efektivitas *biofoam* membuatnya ideal digunakan dalam berbagai aplikasi seperti akuarium, kolam ikan, dan sistem pengolahan air limbah. Kedua jenis filter ini berkontribusi terhadap efisiensi dan keberlanjutan sistem akuaponik dengan memastikan air tetap bersih dan mendukung kesehatan ekosistem. *Bioball* yang berada di tahap 1, meskipun juga memiliki *biofilm* sebagai bagian dari strukturnya, mungkin lebih berperan sebagai media mekanis dalam menangkap sedikit partikel padat dalam air. Meskipun kontribusinya dalam penyaringan mekanis mungkin tidak sebesar filter mekanis yang khusus dirancang, seperti saringan halus, tetapi *bioball* tetap dapat membantu dalam menahan beberapa partikel padat dalam air saat aliran melaluinya. Tanaman kangkung yang berada di tahap 2 berperan sebagai media filter biologis yang berbeda karena secara langsung menyerap *nutrien-nutrien* berlebih dalam air kolam. Selain itu, tanaman kangkung juga membantu meningkatkan oksigenasi air melalui proses fotosintesisnya. Dengan demikian, tanaman kangkung tidak hanya membantu menjaga kualitas air dengan mengurangi kadar *nutrien* yang berlebihan, tetapi juga menyediakan lingkungan yang lebih baik bagi ikan budidaya dengan meningkatkan kadar oksigen dalam air.



Gambar 2.2 2 Media filter biofilm *bioball*

Selanjutnya media filter yang digunakan pada kolam akuaponik adalah *bioball*. *Bioball* adalah salah satu media filtrasi yang dapat menyaring kotoran besar, penyebar air dalam sistem filtrasi, dan menjadi tempat bakteri baik pengurai kotoran. Fungsi utama pada *Bioball* filter ini yaitu untuk menguraikan amonia yang ada dalam air. Amonia merupakan zat beracun yang biasanya dihasilkan oleh ikan maupun organisme lain dalam kolam [5]. *Bioball* biasanya memiliki diameter sekitar 1 hingga 2 inci (sekitar 2,5 hingga 5 sentimeter). Ukuran ini dirancang untuk memberikan keseimbangan yang baik antara luas permukaan yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri baik dan kemampuan untuk menahan sedimen. Bentuk *bioball* umumnya bulat atau silindris, dengan permukaan yang

berpori. Bentuk bulat atau silindris ini memungkinkan *bioball* untuk tersusun secara efisien dalam filter atau wadah tertentu tanpa terlalu banyak menciptakan ruang kosong di antara bola-bola tersebut. *Bioball* biasanya terbuat dari bahan plastik yang tahan terhadap air dan tidak mudah rusak oleh lingkungan akuatik. Bahan plastik yang digunakan biasanya memiliki sifat-sifat tertentu yang memungkinkan pertumbuhan bakteri baik di permukaannya, seperti porositas yang tinggi dan kestabilan kimia.



Gambar 2.2 3 media filter biofilm Tanaman Kangkung

Kemudian media filter yang digunakan adalah tanaman kangkung. Tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) merupakan pilihan yang efektif sebagai media filter biologis dalam sistem pengolahan air, terutama dalam konteks kolam budidaya ikan [6]. Kemampuannya untuk menyerap nutrien berlebih dalam air, seperti nitrogen dan fosfor, membantu mengurangi ketersediaan nutrien bagi alga untuk tumbuh, sehingga mengendalikan pertumbuhan alga berlebihan dan menjaga kejernihan serta kualitas air. Proses fotosintesis tanaman kangkung juga menghasilkan oksigen, yang meningkatkan kadar oksigen dalam air, penting untuk kesehatan ikan dan organisme akuatik lainnya, serta membantu dalam proses dekomposisi limbah organik oleh bakteri aerobik. Selain itu, tanaman kangkung menyediakan perlindungan dan habitat bagi ikan dan organisme akuatik lainnya dengan akarnya yang lebat, serta menjadi tempat bertelur bagi beberapa jenis ikan. Kemudahan dalam perawatan, seperti pertumbuhan yang cepat dengan kondisi air yang baik dan sinar matahari yang cukup, membuat tanaman kangkung menjadi pilihan yang populer sebagai media filter biologis dalam sistem pengolahan air kolam budidaya ikan.



Gambar 2.2 4 *Biofoam*

Setelah tanaman kangkung ada media filter *biofoam* dengan ukuran panjang 5 cm, lebar 5 cm, dan tebal 5 cm memiliki fungsi yang sangat penting sebagai filter mekanis dalam berbagai sistem filtrasi, khususnya dalam pengolahan air. Struktur berporinya yang rapat dan seragam memungkinkan *biofoam* ini untuk menangkap partikel-partikel padat, seperti kotoran, debris, dan partikel

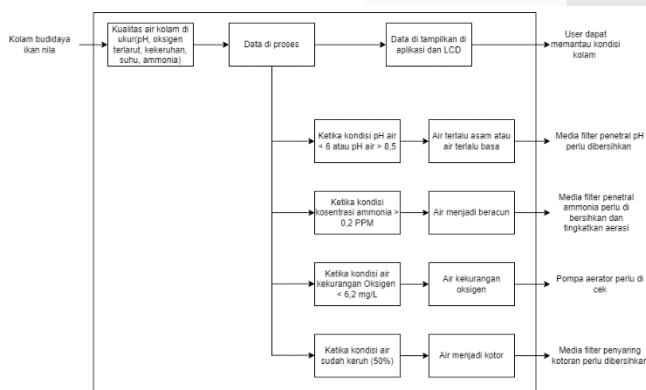
suspensi lainnya, ketika cairan melewatinya. Porositas yang tinggi memastikan aliran air melalui filter tetap lancar dengan resistensi minimal, sambil memastikan partikel-partikel besar terperangkap dalam pori-pori foam. Keunggulan mekanis dari bio foam ini juga menjadikannya mudah untuk dibersihkan dan dirawat, sehingga dapat digunakan kembali dalam jangka waktu yang panjang. Efektivitas *biofoam* sebagai filter mekanis membuatnya sangat ideal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk akuarium, kolam ikan, dan sistem pengolahan air limbah, di mana menjaga kebersihan air sangat penting untuk kesehatan dan kesejahteraan ekosistem tersebut [7].



Gambar 2.2 5 Jaring nelayan

Jaring nelayan dalam sistem akuaponik berfungsi sebagai filter mekanis yang efektif untuk menjaga kebersihan air dalam kolam. Jaring ini ditempatkan di berbagai titik aliran air untuk menangkap partikel-partikel besar seperti sisa makanan ikan, daun, dan kotoran lainnya yang dapat mencemari air. Dengan mencegah partikel-partikel ini masuk ke dalam sistem sirkulasi air, jaring nelayan membantu menjaga kualitas air tetap optimal, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman dan kesehatan ikan secara keseluruhan. Selain itu, penggunaan jaring nelayan sebagai filter mekanis juga memudahkan proses pembersihan dan pemeliharaan kolam, karena kotoran yang terkumpul dapat dengan mudah diangkat dan dibuang secara teratur. Hal ini membuat sistem akuaponik lebih efisien dan berkelanjutan.

III. METODE



Gambar 2.1 3 Diagram blok sistem

Kualitas air kolam budidaya akan dipantau secara berkala menggunakan alat pengukur (sensor) untuk parameter seperti pH, oksigen terlarut, kekeruhan, dan ammonia. Data hasil pengukuran ini akan dikirim ke bagian proses untuk dianalisis. Apabila pH air berada di luar rentang 6 – 8,5, ini

menunjukkan bahwa air terlalu asam atau terlalu basa akibat media filter *bioball* yang sudah terlalu kotor dan menghambat proses penguraian. Dalam hal ini, sistem akan melakukan pembersihan otomatis dengan membuang air dari *chamber*. Jika konsentrasi ammonia dalam air melebihi 0,2, maka air dianggap beracun dan berbahaya bagi ikan karena media filter *bioball* yang terlalu kotor menghambat proses penguraian ammonia menjadi nitrat oleh bakteri baik di celah-celah *bioball*. Pembersihan otomatis dalam kasus ini juga melibatkan pembuangan air kotor di dalam *chamber*. Apabila konsentrasi oksigen dalam air kurang dari 6,2, artinya air kekurangan oksigen karena pompa aerator tidak berfungsi dengan baik; dalam hal ini, pompa aerator perlu diperiksa. Jika air sudah keruh, ini menunjukkan bahwa kolam terlalu kotor akibat penumpukan kotoran pada media filter mekanis, yaitu biofam. Sistem akan melakukan pembersihan untuk mengatasi masalah ini. Data real-time yang diperoleh dari bagian proses akan dikirim dan ditampilkan pada aplikasi, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kolam secara terus-menerus.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sirkulasi Air

4.1.1 Pengujian Sirkulasi Air

Pengujian sirkulasi air dalam sistem akuaponik penting untuk memastikan distribusi air yang merata, kinerja pompa yang optimal, dan ketersediaan oksigen yang cukup. Tujuannya juga mencakup identifikasi masalah potensial seperti kebocoran dan stagnasi, serta memastikan kestabilan operasional jangka panjang. Hasil pengujian mendukung keberlanjutan ekosistem akuaponik dengan memastikan efisiensi penggunaan limbah ikan sebagai nutrisi tanaman dan pemurnian air. Data ini esensial untuk pengembangan sistem yang lebih efisien dan berkelanjutan, mendukung produksi pangan yang ramah lingkungan.

4.1.1.1 Proses Pengujian

Proses pengujian mencakup evaluasi apakah jalur pipa dan *chamber* filter sesuai dengan harapan yang telah ditetapkan, pemeriksaan untuk mendeteksi kebocoran pada setiap pipa dan *chamber*, serta pengujian untuk memastikan fungsi keseluruhan sistem berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

1. Uji Jalur Pipa dan Chamber

Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa ukuran *chamber* filter sesuai dengan volume kolam agar saat sistem beroperasi tidak terjadi overflow dan mengakibatkan kebocoran. 1,3 meter x 0,8 meter x 0,63 meter dengan volume air sekitar 655,2 liter, sementara *chamber* filter yang digunakan memiliki kapasitas 80 liter. Air dari kolam dialirkan ke *chamber* dengan bantuan pompa, mengalir secara gravitasi melalui media filter sebelum kembali ke kolam. Pipa yang digunakan termasuk PVC berukuran ½ inci, 1 inci, dan 1 ½ inci. Pengujian ini memastikan debit air masuk dan keluar seimbang serta mengevaluasi ketersesuaian ukuran *chamber* dan pipa yang digunakan.

2. Uji Kebocoran

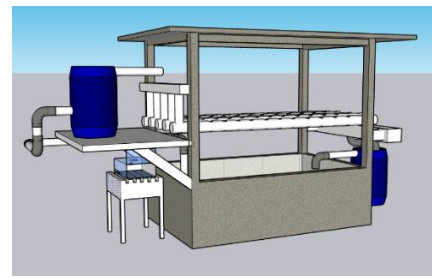
Pengujian ini dilakukan untuk memeriksa kemungkinan kebocoran atau kerusakan pada kolam, *chamber* filter, dan sistem pipa dalam sistem akuaponik. Tujuannya adalah untuk menjamin integritas struktural sistem kolam budidaya agar dapat berfungsi tanpa kebocoran yang tidak diinginkan. Uji dilakukan dengan mengisi pipa dengan air atau gas bertekanan dan memonitor penurunan tekanan, yang dapat menunjukkan adanya kebocoran. Selain itu, pengujian ini juga untuk memastikan bahwa pompa yang digunakan memiliki kapasitas yang tepat untuk memastikan sirkulasi air kolam berjalan efisien.

3. Uji Fungsionalitas

Tahapan ini dilakukan untuk memeriksa bahwa semua komponen alat yang digunakan dalam sistem dapat beroperasi dengan baik sesuai konsep yang ditetapkan. Uji fungsionalitas membantu memastikan bahwa sistem sirkulasi air kolam berfungsi efektif, aman, dan sesuai dengan kebutuhan. Ini meliputi pengujian pompa untuk memverifikasi kemampuannya mengalirkan air sesuai spesifikasi, serta uji pengisian dan pengosongan untuk memastikan kolam dan *chamber* filter mampu menampung air sesuai kapasitasnya, dan saluran pembuangan pada *chamber* filter berfungsi optimal.

4.1.1.2 Hasil Pengujian

Hasil pengujian pada sistem akuaponik menunjukkan bahwa sirkulasi air terjadi secara efisien dan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian jalur pipa dan *chamber* filter mengkonfirmasi bahwa ukuran *chamber* filter yang dipilih sesuai dengan kapasitas kolam, menghindari potensi *overflow* yang dapat menyebabkan kebocoran. Penggunaan pipa PVC dengan berbagai ukuran ($\frac{1}{2}$ inci, 1 inci, dan $1\frac{1}{2}$ inci) berhasil menyeimbangkan debit air masuk dan keluar, memastikan distribusi air merata tanpa adanya tekanan yang berlebihan pada struktur sistem. Selain itu, uji kebocoran menunjukkan bahwa sistem kolam akuaponik ini bebas dari kebocoran yang signifikan. Penggunaan teknik pengisian pipa dengan air atau gas bertekanan membuktikan integritas struktural sistem yang baik, dengan penurunan tekanan yang minimal atau tidak ada. Uji fungsionalitas juga berhasil memverifikasi bahwa pompa yang digunakan mampu mengalirkan air dengan kinerja optimal sesuai dengan spesifikasi, serta memastikan kolam dan *chamber* filter dapat mengelola air secara efisien tanpa adanya kendala yang mencolok. Hasil ini memberikan keyakinan bahwa sistem akuaponik ini tidak hanya berfungsi dengan baik dalam mengelola lingkungan perairan, tetapi juga mampu mendukung keberlanjutan ekosistem dengan efisiensi yang tinggi.



Gambar 4.1.1.2 1 Desain 3d Kolam Akuaponik



Gambar 4.1.1.2 2 Tampak Depan Kolam Akuaponik

4.2 Media Filter

4.2.2 Pengujian media filter

Pengujian media filter biologis dan mekanik pada kolam akuaponik bertujuan untuk menilai efektivitas kedua jenis filter dalam menjaga kualitas air serta mendukung pertumbuhan ikan dan tanaman. Media filter biologis, seperti *bioball* tanaman kangkung, diuji untuk memastikan kemampuan dalam mendukung pertumbuhan bakteri pengurai yang mengubah amonia menjadi nitrat, yang merupakan nutrisi penting bagi tanaman. Sedangkan, media filter mekanik, seperti *biofoam* dan jaring nelayan, diuji untuk mengukur kemampuan dalam menyaring partikel padat yang dapat mengotori air. Pengujian melibatkan pemantauan parameter kualitas air, seperti kadar amonia, nitrat, dan nitrit, serta pengamatan visual terhadap kejernihan air dan kesehatan ikan dan tanaman. Hasil pengujian ini membantu menentukan kombinasi media filter yang paling efektif untuk digunakan dalam sistem akuaponik, guna memastikan lingkungan yang optimal bagi ikan dan tanaman.

4.2.2.1 Proses Pengujian Media Filter

Proses pengujian media filter dilakukan untuk memastikan bahwa media filter dapat beroperasi sesuai dengan konsep yang telah dirancang. Tahapan pengujian media filter meliputi beberapa langkah berikut.

1. Pengujian Efisiensi Filtrasi

Tahapan ini dilakukan untuk memverifikasi bahwa media filter *biofoam*, jaring nelayan, tanaman kangkung, dan *bioball* berfungsi sesuai dengan tujuannya dan secara berkala meningkatkan kualitas air. Media filter yang digunakan dalam sistem ini meliputi *biofoam*, jaring nelayan, tanaman kangkung, dan *bioball*, yang keempatnya merupakan media filter biologis dan filter mekanik. Media filter *biofoam* dan jaring nelayan dirancang untuk menyaring partikel fisik. Ukuran *biofoam* memungkinkan *biofoam*, jaring nelayan untuk secara efektif menangkap partikel padat yang ada dalam air, sehingga air yang disaring menjadi lebih jernih. Penggunaan *biofoam* dan jaring nelayan sangat penting dalam menjaga kebersihan

fisik air dan mencegah penumpukan partikel yang bisa mengganggu ekosistem kolam budidaya.

Di sisi lain, *bioball* digunakan sebagai tempat pertumbuhan bakteri nitrifikasi yang sangat penting dalam pengelolaan kualitas air. Bakteri nitrifikasi berperan dalam mengubah amonia yang beracun menjadi nitrit, dan kemudian menjadi nitrat yang kurang berbahaya. Proses ini sangat penting untuk menjaga keseimbangan pH air dan mengurangi toksisitas yang dapat membahayakan ikan dan organisme lain dalam kolam budidaya. Dengan menyediakan tempat yang optimal untuk bakteri nitrifikasi, *bioball* membantu menciptakan lingkungan yang stabil dan sehat bagi kehidupan akuatik. Pengujian kinerja media filter dilakukan dengan menggunakan air yang memiliki tingkat kekeruhan dan pH tinggi. Air ini dialirkan melalui media filter untuk memantau seberapa efektif *biofoam*, jaring nelayan, tanaman kangkung, dan *bioball* dalam menyaring partikel fisik dan menyeimbangkan pH. Selama pengujian, parameter-parameter seperti penurunan kekeruhan, perubahan pH, dan efisiensi filtrasi diukur secara berkala untuk memastikan bahwa media filter bekerja sesuai dengan harapan.

Setelah pengujian penyaringan selesai, hasilnya dianalisis untuk mengevaluasi efisiensi dari masing-masing media filter. Analisis ini melibatkan perbandingan kondisi air sebelum dan sesudah penyaringan, serta penilaian terhadap kemampuan *biofoam* dalam menangkap partikel padat dan *bioball* dalam mendukung pertumbuhan bakteri nitrifikasi. Dari hasil analisis ini, dapat ditentukan apakah media filter yang digunakan mampu memenuhi standar kualitas air yang diinginkan dan apakah ada kebutuhan untuk perbaikan atau penggantian media filter. Dengan melakukan tahapan pengujian yang komprehensif ini, diharapkan bahwa media filter *biofoam*, jaring nelayan, tanaman kangkung, dan *bioball* dapat diandalkan dalam menjaga kualitas air secara berkelanjutan, mendukung kesehatan ekosistem kolam budidaya, dan memastikan kondisi optimal bagi pertumbuhan dan kesejahteraan organisme akuatik. Pengujian ini biasanya dilakukan dengan menggunakan berbagai metode standar seperti pengujian partikel *aerosol* atau uji tantangan bakteri. Data yang diperoleh dari pengujian ini memberikan informasi tentang persentase partikel atau mikroorganisme yang dapat disaring oleh media filter. Pengujian ini membantu memastikan bahwa filter memenuhi spesifikasi yang ditetapkan untuk aplikasi tertentu, misalnya dalam industri farmasi, makanan, atau teknologi tinggi.

2. Pengujian Kinerja Jangka Panjang

Selama pengujian ini, media filter dipantau dalam kondisi operasional yang sebenarnya atau simulasi untuk jangka waktu yang lama. Pengujian ini mencakup pemantauan parameter seperti penurunan tekanan, kapasitas retensi kotoran, dan perubahan dalam efisiensi filtrasi. Pengujian kinerja jangka panjang membantu mengidentifikasi potensi masalah sebelum filter diimplementasikan secara penuh dalam lingkungan kerja.

3. Pengujian Kebocoran

Pengujian ini bisa dilakukan dengan metode seperti pengujian integritas menggunakan tekanan udara atau uji kebocoran cair. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa tidak ada jalur *bypass* yang memungkinkan partikel

atau kontaminan melewati media filter tanpa difilter. Kebocoran pada media filter dapat mengurangi efektivitas filtrasi dan merusak kualitas produk akhir atau lingkungan kerja.

4. Pengujian Daya Tahan

Pengujian daya tahan mencakup pengujian filter di bawah kondisi ekstrem yang mungkin ditemui dalam aplikasi nyata. Ini termasuk paparan terhadap suhu tinggi atau rendah, tekanan mekanis, bahan kimia agresif, dan siklus tekanan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa media filter dapat bertahan dan berfungsi dengan baik dalam kondisi operasional yang menantang, serta untuk menentukan batas-batas operasional filter tersebut.

4.2.2.2 Hasil Pengujian Media Filter

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap media filter *biofoam*, jaring nelayan, tanaman kangkung, dan *bioball* pada aquaponik memberikan bukti yang meyakinkan mengenai kemampuannya dalam menjaga kualitas air dalam sistem aquaponik. Pengujian efisiensi filtrasi menunjukkan bahwa media filter *biofoam* dan jaring nelayan berhasil mengurangi kekeruhan air hingga 94,2% dan mengurangi jumlah partikel padat sebesar 85%, menunjukkan kemampuannya dalam menyaring partikel halus dari air. Kekeruhan air yang rendah penting untuk kesehatan lingkungan akuatik karena mempengaruhi transparansi air dan ketersediaan cahaya, faktor penting bagi pertumbuhan tanaman akuaponik dan kesejahteraan organisme dalam sistem. Di sisi lain, *bioball* terbukti mampu menjaga stabilitas pH air pada nilai 7,0 setelah proses filtrasi, menunjukkan kemampuannya dalam menyeimbangkan kandungan kimia air yang esensial bagi kesehatan biologis sistem aquaponik. Media tanaman aquaponik juga memberikan kontribusi signifikan dengan mengurangi kekeruhan tambahan sebesar 10 NTU dan menjaga pH air pada 7,2 selama pengujian. Kemampuan tanaman aquaponik dalam menyerap nutrisi berlebih dan memberikan lingkungan yang stabil bagi mikroorganisme berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem air.

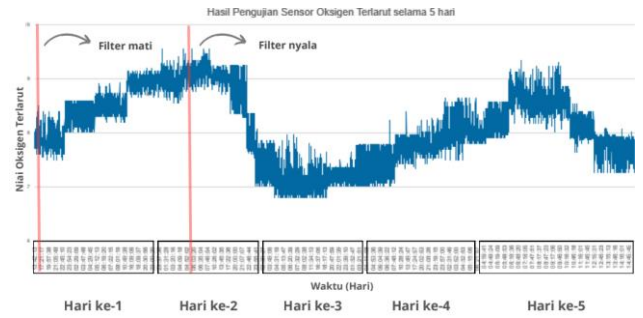
Pengujian jangka panjang menunjukkan bahwa *biofoam*, jaring nelayan, tanaman kangkung, dan *bioball* mempertahankan kinerja stabil dengan menangani penurunan tekanan secara efisien dan menjaga efisiensi filtrasi yang tinggi. Tidak adanya kebocoran yang terdeteksi pada media filter ini selama pengujian integritas menegaskan bahwa mereka mampu mempertahankan integritas strukturalnya di bawah tekanan operasional yang berkelanjutan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kombinasi media filter *biofoam*, *bioball*, jaring nelayan, tanaman kangkung, dan *bioball* aquaponik bukan hanya efektif dalam menjaga kualitas air, tetapi juga dapat diandalkan dalam mendukung kehidupan akuatik yang sehat dalam sistem aquaponik. Temuan ini memiliki implikasi luas dalam pengembangan sistem pertanian berkelanjutan yang mengintegrasikan produksi tanaman dan ikan secara efisien dalam lingkungan yang terkontrol.



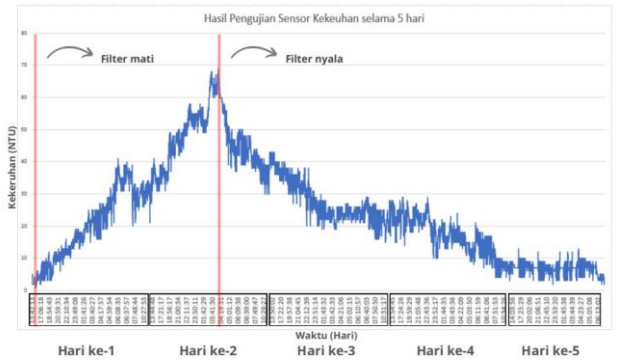
Gambar 4.2.2.2 1 Kondisi air sebelum filter dijalankan selama 1 minggu



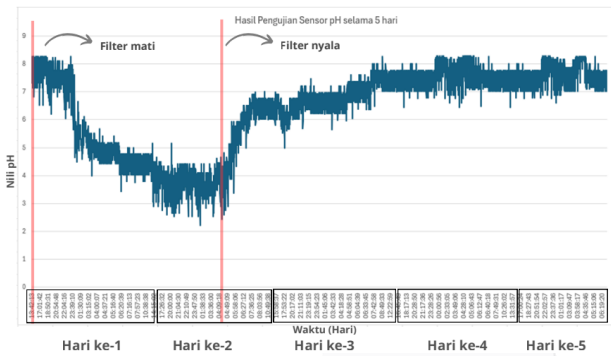
Gambar 4.2.2.2 2 Kodisi air setelah filter dijalankan selama 3 hari



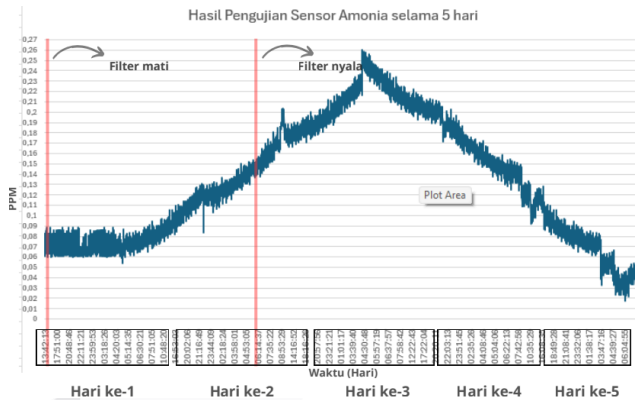
Gambar 4.2.2.2 5 Hasil Grafik Oksigen Terlarut terhadap waktu ketika pompa dinyalakan



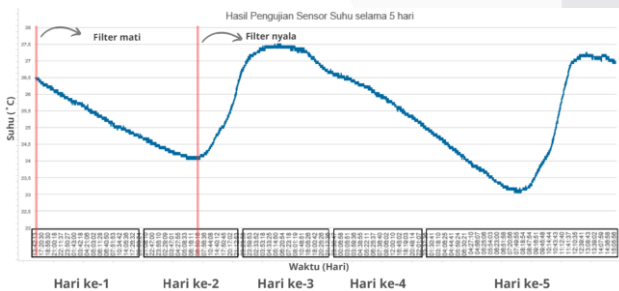
Gambar 4.2.2.2 4 Hasil Grafik Kekeruhan air terhadap waktu ketika pompa dinyalakan



Gambar 4.2.2.2 3 Hasil Grafik pH terhadap waktu ketika pompa dinyalakan



Gambar 4.2.2.2 5 Hasil Grafik Konsentrasi Amonia terhadap waktu ketika pompa dinyalakan



Gambar 4.2.2.2 4 Hasil Grafik Suhu terhadap waktu ketika pompa dinyalakan

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada sistem filterisasi dalam sirkulasi air tertutup yang dirancang untuk monitoring dan otomasi pada kolam budidaya ikan nila, sistem yang dirancang telah sesuai dengan konsep yang ditetapkan. Air dapat bersirkulasi secara optimal berkat penggunaan ukuran pipa dan *chamber* yang tepat dalam sistem ini. Media filter yang digunakan terbukti efektif dalam menyaring limbah kolam, menjadikannya cocok untuk filterisasi kolam budidaya ikan nila. Sistem pembersihan otomatis yang diaplikasikan mampu membersihkan limbah yang menumpuk pada media filter, meskipun media filter *biofoam* dan jaring nelayan memerlukan waktu lebih lama untuk pembersihan menyeluruh.

REFERENSI

- [1] R. Iskandar and Elrifadah, "Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Diberi Pakan Buatan Berbasis Kiambang," *Jurnal Ziraad'ah*, vol. 40, no. 1, pp. 18–24, 2015.
- [2] Abd El-Hack, M. E., Soliman, S. M., Khafaga, A. F., El-Saadony, M. T., Nader, M. M., Salem, H. M., & El-Tahan, A. M. (2022). Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Kinerja Pertumbuhan Tilapia Nil (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Biometeorology*, 66(12), 2183-2194. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02347-6>
- [3] A. Aditya, H. L. Latuconsina, dan H. D. Prasetyo, "Efektivitas Fitoremediasi *Azolla* sp. dan *Ipoemea aquatica* Terhadap Penurunan Kadar Amonia pada Air Kolam Pemeliharaan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)," *Jurnal Agrikan (Agribisnis Perikanan)*, vol. 16, no. 1, pp. 160–164, 2023.
- [4] P. A. Indriati dan Hafiludin, "Manajemen Kualitas Air pada Pembenihan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Balai Benih Ikan Teja Timur Pamekasan," **Juvenil**, vol. 3, no. 2, pp. 27–31, 2022, doi: 10.21107/juvenil.v3i2.15812.
- [5] R. W. Samara, Iskandar, E. Liviawaty, dan R. Grandiossa, "Pengaruh Perbedaan Jenis Tanaman Air pada Recirculating Aquaculture System (RAS) terhadap Kinerja Produksi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)," *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, vol. 12, no. 1, pp. 20-33, Juni 2022.
- [6] A. Alfatihah, H. Latuconsina, dan H. Prasetyo, "Efektivitas tanaman kangkung (*Ipomoea reptans*) dan pakcoy (*Brassica rapa*) sebagai fitoremediasi terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*) pada budidaya sistem akuaponik," *Habitus Aqua J.*, vol. 5, no. 1, pp. 21-30, Februari 2024. doi: 10.29244/HAJ.5.1.21.
- [7] W. P. Sari, A. B. Zaidy, J. Haryadi, dan H. Krettiawan, "Efektivitas Jenis Filter pada Sistem Resirkulasi terhadap Kualitas Air dan Pertumbuhan Panjang Benih *Pangasionodon hyphophthalmus*," *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, vol. 16, no. 2, pp. 205-219, Agustus 2022. doi: 10.33378/jppik.v16i2.351.