



Pengaruh Paparan Mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) Terhadap Performa Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Srikandi Ayu Kartini^{1*}, Bagus Dwi Hari Setyono¹, Muhammad Marzuki¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

²Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

³Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

ARTICLE INFO

Keywords: Ikan lele, mikroplastik, *Polyvinyl Chloride* (PVC), pertumbuhan.

Format
Journal
Depik

DOI: 10.13170/depik.x.x.xxxxx

ABSTRACT

Polyvinyl Chloride (PVC) merupakan salah satu mikroplastik yang banyak digunakan oleh masyarakat sebagai bahan konstruksi. Ikan lele termasuk ke dalam jenis ikan karnivora yang hidupnya di dasar perairan, yang cenderung memakan mangsanya secara utuh. Jenis ikan karnivora dapat terkontaminasi mikroplastik melalui dasar substrat pasir yang mengandung mikroplastik telah teraduk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) terhadap performa pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele (*Clarias gariepinus*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan, yaitu P1 (0 mg/L mikroplastik), P2 (5 mg/L mikroplastik), P3 (10 mg/L mikroplastik), dan P4 (15 mg/L mikroplastik). Nilai terbaik dari penelitian ini adalah pada perlakuan P1 (0 mg/L mikroplastik) dengan nilai pertumbuhan panjang mutlak sebesar 3,36 cm, pertumbuhan bobot mutlak 27 gram, pertumbuhan bobot spesifik 29,96 %, pertumbuhan panjang spesifik 11,21 %, *Feed Conversion Ratio* 1,51 %, Tingkat Kelangsungan Hidup 86,6 %, kelimpahan mikroplastik pada usus ikan 0,06 partikel/individu, dan kelimpahan mikroplastik pada daging ikan 1 partikel/individu. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) dengan dosis 5 mg/L, 10 mg/L, dan 15 mg/L sudah berpengaruh terhadap pertumbuhan bobot mutlak, pertumbuhan bobot spesifik, dan tingkat kelangsungan hidup (SR) ikan lele. Sedangkan tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan panjang mutlak dan pertumbuhan panjang spesifik ikan lele (*Clarias gariepinus*).

Pendahuluan

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang banyak dialami oleh berbagai Negara yang sifatnya sulit terurai. Seiring bertambahnya jumlah penduduk, maka semakin banyak pula sampah plastik yang akan dihasilkan. Saat ini, Indonesia merupakan Negara kedua penyumbang sampah plastik ke laut setelah Negara Cina. Jumlah sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun, dimana 3,2 juta ton yang dibuang ke laut. Sampah plastik yang masuk ke laut dapat terurai menjadi partikel-partikel kecil yang disebut dengan mikroplastik dengan ukuran 0,3 – 5 milimeter (Krisyanti *et al.* 2020). Hakim (2010)

mengatakan, permasalahan sampah plastik di Indonesia dapat dilihat dari data berikut, yaitu total populasi Indonesia (Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua) menghasilkan sampah plastik sebanyak 232,8 juta atau sampah yang dihasilkan sebesar 38,5 juta ton per tahunnya.

Setelah terpapar sinar ultraviolet dan terjadinya proses degradasi, limbah plastik yang terdapat di laut akan mengalami perubahan ukuran. Ukuran sampah plastik tersebut dibagi menjadi 4 yaitu, makroplastik (>25 mm), mesoplastik (5-25 mm), mikroplastik (< 5 mm) dan nanoplastik (<1 µm). Adanya limbah di perairan dapat diakibatkan

* Corresponding author.

Email address: xxxxxx@xxx

oleh berbagai macam hal, antara lain adanya aktivitas manusia, terbawa angin dan terbawa arus perairan. Mikroplastik dibedakan menjadi dua, mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer, yaitu plastik yang dibuat dengan ukuran yang mikroskopis, sedangkan mikroplastik sekunder merupakan mikroplastik yang terbentuk karena adanya proses degradasi dari plastik ukurannya makro (Hanif *et al.* 2021).

Berdasarkan karakter morfologinya, mikroplastik digolongkan menjadi ukuran, warna, dan bentuk. Biasanya mikroplastik memiliki ukuran berkisar antara 1-5 mm. Warna mikroplastik yang biasanya ditemukan yaitu warna hitam, putih, biru, hijau, dan merah. Sedangkan bentuk dari mikroplastik sendiri dapat berupa fragmen (potongan, serpihan, bubuk, granula), serat (fiber, filament, microfiber), busa (polistiren), butiran (butiran resinat, nib, dan nurdles), dan manik-manik (bulatan manik, biji, helaian, dan bulatan mikro (Asrul *et al.* 2022).

Menurut Marlina (2010), salah satu jenis mikroplastik yang banyak digunakan oleh masyarakat yaitu *Polyvinyl Chloride* (PVC) seperti pipa PVC. *Polyvinyl Chloride* (PVC) biasanya berbentuk serbuk putih atau butiran berwarna, tahan terhadap kelembaban dan perubahan iklim, tahan terhadap asam, hidrokarbon, lemak, minyak bumi, dan jamur. Kandungan dari *Polyvinyl Chloride* (PVC) sendiri yaitu klorin (unsur pembentuk garam) dan etilena (dari minyak mentah). *Polyvinyl Chloride* (PVC) memiliki rumus kimia ($-H_2C=CHCl$) merupakan polimer termoplastik (jenis plastik yang melunak jika mengalami pemanasan dan akan mengeras jika mengalami pendinginan). Di seluruh dunia, lebih dari 50% PVC yang diproduksi digunakan sebagai bahan konstruksi karena memiliki harga yang relatif murah, mudah dirangkai, dan tahan lama (Hanggara *et al.* 2017).

Ikan lele (*Clarias gariepinus*) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Ikan lele memiliki beberapa keunggulan diantaranya mudah untuk dibudidayakan, pertumbuhannya cepat, adaptasi terhadap lingkungan yang baik, tahan terhadap penyakit, dan lain sebagainya. Keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan ikan lele banyak dibudidayakan oleh para pembudidaya, sehingga produksi ikan lele akan terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data Kementerian dan Kelautan Perikanan Republik Indonesia tahun 2022, produksi ikan lele di Indonesia sebesar 1,06 juta ton dengan nilai Rp. 18,93 triliun pada tahun 2021. Produksi ikan lele yang berasal dari hasil budidaya

sebanyak 1,03 juta ton dengan nilai Rp. 17,79 triliun sepanjang tahun lalu. Data tersebut menjelaskan bahwa ikab lele merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang paling berkembang karena peluang pasar domestik dan internasional, dimana ikan lele yang diekspor dalam bentuk fillet, utuh, tanpa kepala, dan lain sebagainya (Dahlia *et al.* 2023). Ikan lele termasuk ke dalam jenis ikan karnivora yang hidupnya di dasar perairan, yang cenderung memakan mangsanya secara utuh. Jenis ikan karnivora dapat terkontaminasi mikroplastik melalui dasar substrat pasir yang mengandung mikroplastik telah teraduk (Rasid, 2022)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroplastik pada ikan, seperti kebiasaan makan ikan dan sumber mikroplastik di perairan. Mikroplastik akan masuk ke perairan melalui aktivitas transportasi darat, limbah pertanian, dan terbawa oleh aliran air hujan. Menurut Bahri (2022), mikroplastik memiliki ukuran yang kecil dan bentuk yang hampir mirip dengan fitoplankton dan zooplankton di perairan, sehingga kemungkinan besar ikan tidak sengaja menelan mikroplastik tersebut. Selain itu, karena mikroplastik memiliki senyawa polimer yang bersifat racun, apabila termakan oleh ikan dalam jumlah yang besar, maka dapat menyumbat saluran pencernaan ikan sehingga mengganggu pertumbuhan ikan lele, dapat menyebabkan komplikasi pada sistem produksi, dan dapat mengakibatkan ikan lele (*Clarias gariepinus*) mengalami stress bahkan kematian. Menurut Hermawan *et al.* (2022), mengatakan bahwa paparan mikroplastik dalam jangka panjang dapat menyebabkan perubahan usus yang signifikan, sehingga terjadi perubahan fungsi dan struktural usus ikan. Selanjutnya, dampak dari paparan mikroplastik ini dapat mengakibatkan kerusakan yang signifikan pada perkembangan ikan, sehingga dapat mempengaruhi keberhasilan dalam bereproduksi, ukuran populasi, dan dapat meningkatkan potensi kematian ikan tersebut. Hal ini tentu akan mempengaruhi hasil produksi budidaya. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) terhadap performa pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele (*Clarias gariepinus*).

Bahan dan Metode

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – Juli 2023 di Laboratorium Produksi dan Reproduksi Ikan dan Laboratorium Kesehatan Ikan, Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan

Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.

Alat dan Bahan

Penelitian ini memerlukan alat berupa aerasi, cawan petri, DO meter, erlenmeyer, gerinda, kontainer 45 liter, mikroskop, nampan, oven, penggaris, pH meter, pisau, pinset, plastik klip, saringan, scoop net, test kit amonia, test kit nitrat, test kit nitrit, timbangan digital, dan timbangan analitik. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu ikan lele, air tawar, akuades, aluminium foil, kertas saring, H₂O₂ 3 %, pellet, *Polyvinyl Chloride* (PVC), sabun cuci, spons, dan tisu.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan 4 perlakuan yaitu P1 (0 mg/L mikroplastik), P2 (5 mg/L mikroplastik), P3 (10 mg/L mikroplastik), dan P4 (15 mg/L mikroplastik) dengan 3 ulangan sehingga diperoleh 12 unit percobaan.

Prosedur Penelitian

Adapun media pemeliharaan ikan lele yang digunakan yaitu kontainer ukuran 45 L. Kontainer dicuci terlebih dahulu menggunakan sabun kemudian bilas lalu dikeringkan. Selanjutnya masing-masing kontainer diisi dengan air sebanyak 30 L. Biota uji yaitu ikan lele yang berukuran 8-12 cm dengan padat tebar 15 ekor per kontainer. Selama pemeliharaan dilakukan pengecekan kualitas air satu minggu sekali, ikan diberi pakan sebanyak dua kali sehari. Untuk pengecekan kelimpahan mikroplastik pada usus dan daging ikan dimulai dari menimbang bobot dan panjang ikan lele, kemudian dibedah dan ditimbang usus dan dagingnya, ditambahkan H₂O₂ 3 %, kemudian dilakukan pengovenan selama 24 jam dengan suhu 60 °C, setelah itu disaring dan kembali dioven selama 1 jam dengan suhu 105 °C, tahap terakhir yaitu pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10 x.

Analisis Data

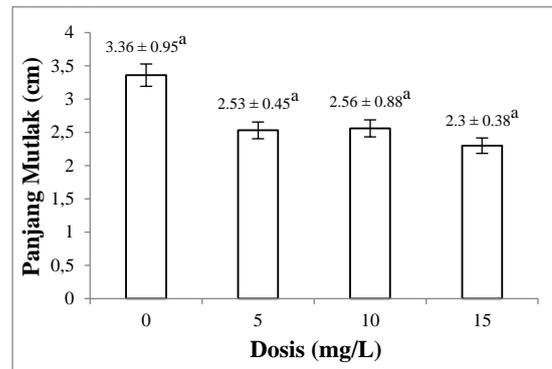
Parameter penelitian diolah menggunakan Exel serta dianalisis menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan taraf 5%. Jika uji ANOVA memberikan hasil yang berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji Duncan.

Hasil

Pertumbuhan Panjang Mutlak

Hasil dari uji ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride*

(PVC) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan panjang mutlak ikan lele (*Clarias gariepinus*). Nilai pertumbuhan panjang mutlak ikan lele (*Clarias gariepinus*) dapat dilihat pada Gambar 1.

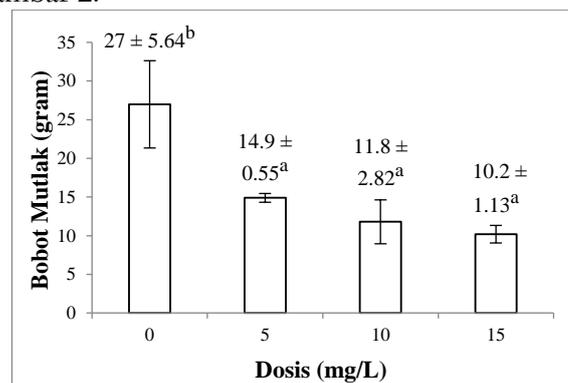


Gambar 1. Pertumbuhan Panjang Mutlak Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Pada Gambar 1. Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antar perlakuan P1, P2, P3, dan P4. Nilai pertumbuhan panjang mutlak ikan lele pada semua perlakuan berkisar antara 3,36cm – 2,3 cm.

Pertumbuhan Bobot Mutlak

Hasil dari uji ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan lele (*Clarias gariepinus*). Nilai pertumbuhan bobot mutlak ikan lele (*Clarias gariepinus*) dapat dilihat pada Gambar 2.



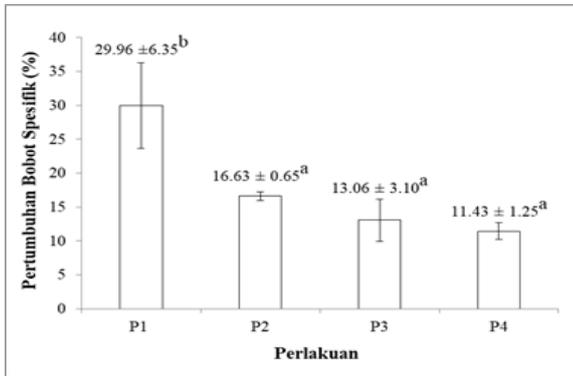
Gambar 2. Pertumbuhan Bobot Mutlak Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Pada Gambar 2. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa P1 berbeda nyata dengan P2, P3, dan P4. Nilai pertumbuhan bobot mutlak ikan lele pada semua perlakuan berkisar antara 27 gram – 10,2 gram.

Pertumbuhan Bobot Spesifik

Hasil dari uji ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) memberikan pengaruh yang signifikan

terhadap pertumbuhan bobot spesifik ikan lele (*Clarias gariepinus*). Nilai pertumbuhan bobot spesifik ikan lele (*Clarias gariepinus*) dapat dilihat pada Gambar 3.

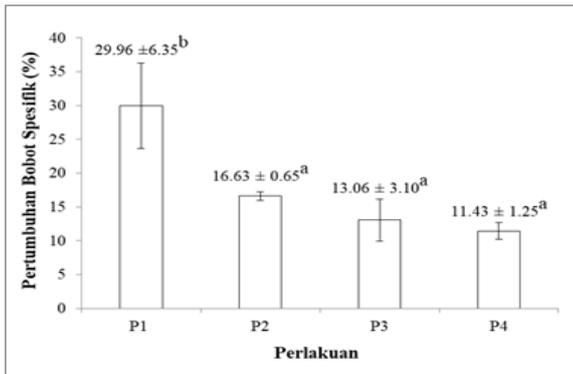


Gambar 3. Pertumbuhan Bobot Spesifik Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Pada Gambar 3. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa P1 berbeda nyata dengan P2, P3, dan P4. Nilai Pertumbuhan Bobot Spesifik ikan lele pada semua perlakuan berkisar antara 11,43 % - 29,96 %.

Pertumbuhan Panjang Spesifik

Hasil dari uji ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan panjang spesifik ikan lele (*Clarias gariepinus*). Nilai pertumbuhan panjang spesifik ikan lele (*Clarias gariepinus*) dapat dilihat pada Gambar 4.



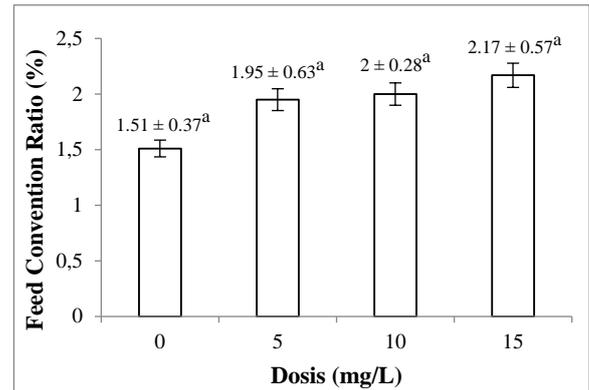
Gambar 4. Pertumbuhan Panjang Spesifik Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Pada Gambar 3. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa P1 berbeda nyata dengan P2, P3, dan P4. Nilai Pertumbuhan Bobot Spesifik ikan lele pada semua perlakuan berkisar antara 11,43 % - 29,96 %.

Feed Convention Ratio (FCR)

Hasil dari uji ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan lele

(*Clarias gariepinus*). Nilai *Feed Convention Ratio* (FCR) ikan lele (*Clarias gariepinus*) dapat dilihat pada Gambar 5.

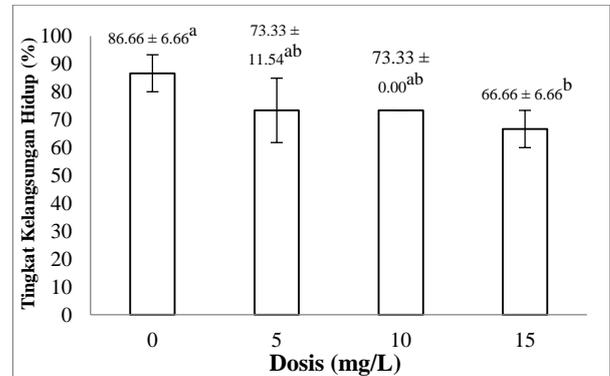


Gambar 5. *Feed Convention Ratio* (FCR) Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Pada Gambar 4. Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antar perlakuan P1, P2, P3, dan P4. Nilai *Feed Convention Ratio* (FCR) ikan lele pada semua perlakuan berkisar antara 1,51 % – 2,17 %.

Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)

Hasil dari uji ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup (SR) ikan lele (*Clarias gariepinus*). Nilai Tingkat Kelangsungan Hidup (SR) ikan lele (*Clarias gariepinus*) dapat dilihat pada Gambar 6.



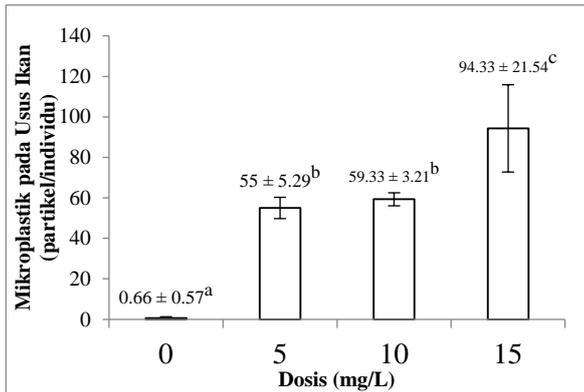
Gambar 6. Tingkat Kelangsungan Hidup (SR) Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Pada Gambar 5. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa P1 berbeda nyata dengan P4, tetapi tidak berbeda nyata dengan P2, dan P3. Nilai Tingkat Kelangsungan Hidup (SR) ikan lele pada semua perlakuan berkisar antara 66,66 % - 86,66 %.

Kelimpahan Mikroplastik Pada Usus Ikan

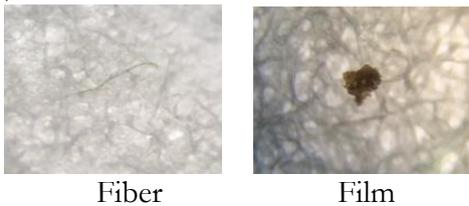
Hasil dari uji ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kelimpahan mikroplastik pada usus ikan

lele (*Clarias gariepinus*). Nilai kelimpahan mikroplastik pada usus ikan lele (*Clarias gariepinus*) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kelimpahan Mikroplastik Pada Usus Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Pada Gambar 6. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa P1 berbeda nyata dengan P2, P3, dan P4. Nilai kelimpahan mikroplastik pada usus ikan lele pada semua perlakuan berkisar antara 0,66 – 94,33 partikel/individu.

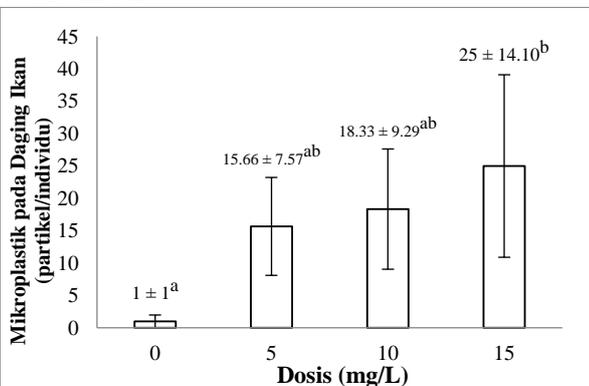


Fiber Film

Gambar 8. Mikroplastik Pada Usus Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Kelimpahan Mikroplastik Pada Daging Ikan

Hasil dari uji ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kelimpahan mikroplastik pada daging ikan lele (*Clarias gariepinus*). Nilai kelimpahan mikroplastik pada daging ikan lele (*Clarias gariepinus*) dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kelimpahan Mikroplastik Pada Daging Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Pada Gambar 9. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa P1 berbeda nyata

dengan P4, tetapi tidak berbeda nyata dengan P2, dan P3. Nilai kelimpahan mikroplastik pada daging ikan lele pada semua perlakuan berkisar antara 1 – 25 partikel/individu.



Fiber Film

Gambar 10. Mikroplastik Pada Daging Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Kualitas Air

Kualitas air berperan dalam mendukung keberlangsungan hidup ikan lele (*Clarias gariepinus*). Kualitas air yang di ukur selama 30 hari dalam penelitian yaitu kadar Suhu, pH, oksigen terlarut (DO), Amonia, Nitrat, serta Nitrit. Nilai kualitas air dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas Air

Parameter	Kisaran yang Diperoleh	Kisaran Optimal	Referensi
Suhu (°C)	25,0 – 28,1	25 – 30	Sugianti & Hafiludin (2022)
pH	6,8 – 7,6	6,5 – 8	Ratulangi <i>et al.</i> (2022)
DO (mg/L)	3,5 – 6,2	> 3	Kesuma <i>et al.</i> (2019)
Amonia (mg/L)	0,15 – 1,5	< 1	Wicaksana <i>et al.</i> (2015)
Nitrat (mg/L)	0,0 – 25,0	< 20	Effendi <i>et al.</i> (2015)
Nitrit (mg/L)	0,1 – 1,0	< 31	Suarjuniarta <i>et al.</i> (2021)

Pembahasan

Pertumbuhan Panjang Mutlak

Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan bahwa paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) tidak berbeda nyata (>0,05) terhadap pertumbuhan panjang mutlak ikan lele, hal ini dapat dikarenakan pada masing-masing perlakuan memiliki dosis mikroplastik yang masih terbilang rendah. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan panjang ikan seperti kemampuan memanfaatkan makanan, kualitas air, dan pembelahan sel otot dan tulang. Dosis mikroplastik yang terbilang rendah tidak terlalu mempengaruhi kualitas air media budidaya dan tidak menghambat pembelahan sel otot dan tulang ikan, sehingga ikan masih dapat bertumbuh panjang. Hal ini sejalan

dengan pendapat Mulqan *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa pembelahan sel dan otot tulang merupakan bagian terbesar pada tubuh ikan yang dapat menyebabkan pertumbuhan ikan baik pertumbuhan berat maupun panjang ikan.

Pertumbuhan Bobot Mutlak

Dari hasil uji lanjut Duncan menunjukkan pertumbuhan bobot mutlak tertinggi terdapat pada P1 berbeda nyata ($<0,05$) dengan P2, P3, dan P4. Sedangkan pertumbuhan bobot mutlak terendah terdapat pada P4 tidak berbeda nyata ($>0,05$) dengan P2 dan P3. Adanya perbedaan pertumbuhan bobot mutlak antara P1, P2, P3, dan P4 karena ikan pada P1 yang tidak terpapar oleh mikroplastik dapat memanfaatkan atau mengkonsumsi pakan yang diberikan dengan baik. Berbeda dengan P4, P4 tidak berbeda nyata ($>0,05$) dengan P2 dan P3 karena pada perlakuan tersebut ikan terpapar oleh mikroplastik, mikroplastik tersebut dapat menyumbat usus ikan, sehingga ikan akan mengalami kenyang palsu. Kenyang palsu ini dapat menghilangkan nafsu makan ikan, sehingga ikan akan mengalami kelaparan yang dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan bobot ikan. Hal ini sejalan dengan pendapat Wildan *et al.* (2022), yang menyatakan bahwa mikroplastik yang terakumulasi dalam waktu yang lama di dalam saluran pencernaan ikan dapat menimbulkan rasa kenyang palsu yang akan berdampak terhadap turunnya nafsu makan ikan sehingga dapat menyebabkan kerusakan fisik pada saluran pencernaan ikan.

Pertumbuhan Bobot Spesifik

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa, paparan mikroplastik Polyvinyl Chloride (PVC) berbeda nyata ($<0,05$) terhadap pertumbuhan bobot spesifik ikan lele. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan pertumbuhan bobot spesifik tertinggi terdapat pada P1 berbeda nyata ($<0,05$) dengan P2, P3, dan P4. Sedangkan pertumbuhan bobot spesifik terendah terdapat pada P4 tidak berbeda nyata ($>0,05$) dengan P2 dan P3. Perbedaan pertumbuhan bobot spesifik yang didapatkan pada P1 berbeda nyata ($<0,05$) dengan P2, P3, dan P4 dapat disebabkan karena pada P1 tidak terdapat mikroplastik pada media budidayanya, sehingga tidak mempengaruhi tingkat nafsu makan ikan dan ikan dapat mengkonsumsi pakannya dengan baik sehingga tidak mempengaruhi pertumbuhan ikan lele tersebut. Sedangkan nilai pertumbuhan bobot spesifik yang rendah pada P4 tidak berbeda nyata ($>0,05$) dengan P2 dan P3 dapat disebabkan karena

adanya mikroplastik pada media budidayanya. Mikroplastik tersebut dapat menyebabkan nafsu makan ikan berkurang yang akan berpengaruh pada konsumsi pakan. Kurangnya konsumsi pakan pada ikan ini tentu sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan tersebut.

Selain itu, mikroplastik pada media budidayanya dapat masuk ke dalam organ ikan seperti insang dan saluran pencernaannya. Apabila mikroplastik yang masuk ke dalam organ tersebut dalam jumlah yang banyak, maka dapat menyebabkan kerusakan. Apabila terjadi kerusakan pada organ, maka ikan akan menggunakan energi yang didapatkan dari konsumsi pakan bukan untuk pertumbuhannya, melainkan untuk memperbaiki atau mempertahankan organ yang telah mengalami kerusakan agar bisa berfungsi secara optimal. Hal ini sejalan dengan pendapat Yin *et al.* (2018), yang menyatakan bahwa ikan yang mengonsumsi mikroplastik dapat menghambat pertumbuhan spesifik ikan, yang dapat menyebabkan rendahnya nilai pertumbuhan spesifik (SGR) ikan. Hal ini dapat terjadi karena ikan akan melawan lingkungan perairan yang telah tercemar oleh mikroplastik dengan cara mengurangi energinya untuk pertumbuhan, energi tersebut akan digunakan sebagai kebutuhan metabolisme untuk mempertahankan fungsi organ agar berfungsi secara normal.

Pertumbuhan Panjang Spesifik

Berdasarkan hasil Anova yang telah dilakukan menunjukkan bahwa paparan mikroplastik Polyvinyl Chloride (PVC) tidak berbeda nyata ($>0,05$) terhadap pertumbuhan panjang spesifik ikan lele. Hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan antara P1, P2, P3, dan P4. Tidak adanya perbedaan antar keempat perlakuan tersebut dikarenakan dosis mikroplastik yang terbilang rendah. Ikan lele masih mampu beradaptasi dengan dosis yang rendah, sehingga tidak mempengaruhi konsumsi pakan ikan yang akan berdampak terhadap pertumbuhan panjang spesifik ikan.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan panjang spesifik ikan yaitu pembelahan sel dan otot tulang, kondisi kualitas air media budidaya, kemampuan ikan dalam memanfaatkan pakannya, dan lain sebagainya. Hal ini sejalan dengan pendapat Rijal *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa pertumbuhan merupakan perubahan berat tubuh, ukuran, dan panjang ikan dalam periode waktu tertentu yang dapat menyebabkan bertambahnya panjang dan berat ikan. Perubahan yang terjadi seperti penambahan jaringan

yang disebabkan oleh pembelahan sel-sel otot dan tulang pada ikan. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan yaitu faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam terdiri dari keturunan, kemampuan ikan dalam memanfaatkan makanan, serta imunitas tubuh ikan. Sedangkan faktor luar terdiri dari kualitas air, ketersediaan makanan, serta ruang gerak.

Feed Conversion Ratio (FCR)

Nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) ikan lele yang didapatkan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara P1, P2, P3, dan P4. Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa ikan lele yang dipelihara pada P1, P2, P3, dan P4 mampu beradaptasi dengan dosis mikroplastik yang terbilang rendah. Nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) terendah terdapat pada P1 dengan nilai rata-rata sebesar 1,42 %. *Feed Conversion Ratio* (FCR) yang rendah mengindikasikan bahwa pakan yang dikonsumsi oleh ikan untuk pertumbuhan lebih efisien, sedangkan nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) tertinggi terdapat pada P4 dengan nilai rata-rata sebesar 2,17 %. *Feed Conversion Ratio* (FCR) yang tinggi mengindikasikan bahwa pakan yang dikonsumsi kurang efisien atau pakan yang termakan oleh ikan tidak terkonversi menjadi daging dan akan terbuang melalui feses, sehingga bobot yang diperoleh terbilang rendah. Hal ini sejalan dengan pendapat Ahmadrifar *et al.* (2021), yang menyatakan bahwa mikroplastik tidak berpengaruh terhadap FCR ikan jika tingkat pencemarannya masih terbilang rendah yang membuat ikan masih dapat beradaptasi. Naria *et al.* (2022) mengatakan, FCR yang tinggi dapat disebabkan oleh pakan yang diberikan pada ikan kurang dimanfaatkan ikan sehingga nutrisi yang terkandung dalam pakan tidak terserap maksimal oleh tubuh dan hanya terbuang melalui feses sehingga laju pertumbuhan yang diperoleh relatif rendah.

Secara umum FCR yang cukup baik berkisar antara 0,8 – 1,6. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya FCR ikan yaitu, kualitas pakan, kondisi ikan, serta keadaan lingkungan perairan media budidayanya. Paparan mikroplastik yang terdapat pada air media budidaya ikan ini dapat mempengaruhi FCR ikan. Hal ini sejalan dengan pendapat Arifin dan Rumondang (2017), yang menyatakan bahwa nilai konversi pakan yang rendah menunjukkan bahwa semakin sedikit pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg daging ikan, yang artinya akan semakin efisien pakan yang diberikan untuk menjadi daging. Tinggi rendahnya konversi pakan dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, kualitas dan kuantitas pakan, serta

kondisi ikan. Ihsanudin *et al.* (2014) mengatakan, nilai FCR cukup baik berkisar 0,8 – 1,6. Nilai konversi pakan yang rendah berarti kualitas pakan yang diberikan baik. Sedangkan bila konversi pakan tinggi berarti kualitas pakan yang diberikan kurang baik.

Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)

Tingkat kelangsungan hidup (SR) tertinggi terdapat pada P1 berbeda nyata ($<0,05$) dengan P4, tetapi tidak berbeda nyata dengan P2, dan P3. Tingginya SR pada P1 berbeda nyata ($<0,05$) dengan P4 dapat dikarenakan tidak adanya paparan dari mikroplastik sehingga kemungkinan besar ikan mengalami kematian akibat faktor lain seperti kualitas air. Sedangkan SR terendah terdapat pada P4 tidak berbeda nyata ($>0,05$) dengan P2 dan P3. Nilai SR yang rendah dapat dikarenakan pada P2, P3, dan P4 telah terpapar oleh mikroplastik. Karena mikroplastik mengandung bahan kimia yang berbahaya, jika ikan tidak mampu bertahan dan beradaptasi pada media budidaya yang telah terpapar mikroplastik akan mengalami stres bahkan kematian. Selain itu, apabila mikroplastik termakan oleh ikan dalam jumlah yang banyak maka dapat menyumbat saluran pencernaan ikan sehingga mengganggu pertumbuhan ikan lele. Hal ini sejalan dengan pendapat Hermawan *et al.* (2022), yang menyatakan bahwa paparan mikroplastik dalam jangka panjang dapat menyebabkan perubahan usus yang signifikan, sehingga terjadi perubahan fungsi dan struktural usus ikan. Selanjutnya, dampak dari paparan mikroplastik ini dapat mengakibatkan kerusakan yang signifikan pada perkembangan ikan, sehingga dapat mempengaruhi keberhasilan dalam bereproduksi, ukuran populasi, dan dapat meningkatkan potensi kematian ikan tersebut.

Kelimpahan Mikroplastik Pada Usus dan Daging Ikan

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10 x, kelimpahan mikroplastik pada usus dan daging ikan yang terdapat pada P1 berbeda dengan mikroplastik yang didapatkan pada P2, P3, dan P4. Mikroplastik yang terdapat pada P1 merupakan mikroplastik jenis *Polypropylene* (PP) dan *Polyethylene* (PE) yang berbentuk fiber. Mikroplastik fiber ini memiliki bentuk seperti serat atau benang. Mikroplastik ini dapat berasal dari jaring dan serat bahan dari kolam terpal. Adanya mikroplastik ini dapat disebabkan karena sebelum dilakukan penebaran ke dalam kontainer, ikan lele terlebih dahulu diaklimatisasi di dalam kolam terpal. Selain itu, mikroplastik dengan

bentuk fiber ini dapat berasal dari tempat budidaya sebelumnya. Sedangkan mikroplastik yang terdapat pada P2, P3, dan P4 yaitu jenis *Polyvinyl Chloride* (PVC) berbentuk film. Mikroplastik bentuk film ini memiliki bentuk yang tipis dan transparan.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberadaan mikroplastik pada usus ikan seperti sumber mikroplastik, habitat, dan kebiasaan makan ikan. Ikan lele termasuk ke dalam jenis ikan karnivora yang hidupnya di dasar perairan, yang cenderung memakan mangsanya secara utuh. Hal ini dapat menyebabkan mikroplastik yang berada pada media budidayanya secara sengaja atau tidak sengaja ikut tertelan dan masuk ke dalam ususnya. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa mikroplastik banyak terkandung di pada usus ikan. Karena ukurannya yang kecil dan menyerupai pakan alami di perairan seperti fitoplankton, mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh ikan melalui mulut, kemudian insang yang kemudian akan diproses ke dalam organ pencernaan ikan. Hal ini sejalan dengan pendapat Absar (2023), yang menyatakan bahwa mikroplastik bentuk fiber berasal dari tali, kain, dan benang sintesis, hal ini didapatkan dari alat tangkap yang digunakan pembudidaya seperti jaring. Fiber paling banyak digunakan dalam kegiatan industri tekstil yang berasal dari mikroplastik jenis *Polypropylene* (PP) dan *Polyethylene* (PE). Arisanti *et al.* (2023) mengatakan, masuknya mikroplastik ke dalam tubuh ikan dapat disebabkan oleh kebiasaan makan ikan. Habitat yang tercemar oleh mikroplastik dapat berpotensi tertelan oleh ikan secara sengaja maupun tidak sengaja.

Mikroplastik dapat masuk menuju daging ikan melewati dinding saluran gastrointestinal yang kemudian akan menyebar ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah. Hal ini sejalan dengan pendapat Utomo dan Farid (2022), yang menyatakan bahwa mikroplastik yang dikonsumsi ikan selanjutnya akan masuk ke dalam saluran gastrointestinal. Apabila mikroplastik tersebut tidak dikeluarkan dari tubuh ikan melalui urin atau feses, mikroplastik akan melewati dinding saluran gastrointestinal yang kemudian akan menyebar ke jaringan tubuh atau organ lain melalui pembuluh darah. Jaringan yang dapat menjadi tempat terakumulasinya mikroplastik yaitu bagian daging atau jaringan otot. Fauziah (2020) mengatakan, saluran gastrointestinal disebut juga dengan saluran pencernaan terbagi menjadi 4 bagian, yaitu headgut (mulut dan faring), foregut (esofagus dan lambung), midgut (usus), dan hindgut (bagian akhir dari usus yang meliputi rektum).

Kualitas Air

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air pada Tabel 1, suhu yang didapatkan selama pemeliharaan berkisar antara 25,0 - 28,1°C. Hasil pengukuran tersebut masih dalam kondisi yang optimal, yang dimana suhu optimal untuk budidaya ikan lele berkisar antara 25 - 32°C. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan kandungan oksigen terlarut di perairan rendah, sehingga asupan oksigen akan berkurang dan dapat menimbulkan stress pada ikan. Begitupun sebaliknya, suhu yang optimal dapat meningkatkan aktivitas makan ikan, sehingga dapat mempercepat pertumbuhan ikan yang dibudidayakan. Hal ini sejalan dengan pendapat Effendi *et al.* (2015), yang menyatakan bahwa suhu yang optimal untuk pertumbuhan ikan berkisar antara 25 - 32°C.

Derajat keasaman (pH) yang diperoleh selama pemeliharaan berkisar antara 6,8 - 7,6. Nilai pH yang didapat terbilang optimal dalam budidaya ikan lele. Nilai pH yang tinggi dapat menyebabkan meningkatnya kadar amonia di perairan. Sedangkan nilai pH yang terlalu rendah dapat mengganggu reproduksi dan pertumbuhan ikan lele. Hal ini sejalan dengan pendapat (Ernawati, 2014), yang menyatakan bahwa derajat keasaman (pH) yang baik dalam budidaya ikan lele berkisar antara 6,5-8,5.

Oksigen terlarut (DO) yang didapatkan selama pemeliharaan yaitu berkisar antara 3,5 - 6,3 mg/L, hasil pengukuran ini masih dalam kondisi yang optimal dalam budidaya ikan lele. DO yang rendah dapat mengganggu pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele. Hal ini sejalan dengan pendapat (Dhiba *et al.* 2019), yang menyatakan bahwa oksigen terlarut (DO) merupakan faktor pembatas dalam kegiatan budidaya ikan lele. Kadar DO yang optimal dalam budidaya ikan lele adalah >5 mg/L.

Kadar amonia yang diperoleh selama pemeliharaan berkisar antara 0,5 - 1,5 mg/L. Hasil yang didapatkan masih terbilang optimal, meskipun terjadi kenaikan kadar amonia pada akhir pemeliharaan, hal ini dapat disebabkan oleh feses dan sisa pakan yang tidak termakan oleh ikan mengendap di dasar kolam. Walaupun terdapat kenaikan kadar amonia, ikan lele masih mampu bertahan dan beradaptasi. Hal ini sejalan dengan pendapat Effendi *et al.* (2015), yang menyatakan bahwa kadar amonia yang optimal yakni < 1 mg/L.

Hasil pengukuran nitrat yang didapatkan selama penelitian yaitu berkisar antara 0,0 - 25,0 mg/L dan nitrit berkisar antara 0,1 - 1,0 mg/L. Pada akhir pemeliharaan kadar nitrat dan nitrit mengalami kenaikan tetapi tidak terlalu signifikan. Kadar nitrat yang tinggi dapat disebabkan oleh terjadinya proses

nitrifikasi amonia oleh bakteri. Sedangkan kadar nitrit yang tinggi dapat disebabkan oleh rendahnya pemanfaatan senyawa nitrit oleh mikroba yang diubah menjadi senyawa nitrat. Hal ini sejalan dengan pendapat (Dhiba *et al.* 2019), yang menyatakan bahwa Ikan lele akan tumbuh dengan baik pada konsentrasi nitrat <20 mg/L. Suarjuniarta *et al.* (2021) mengatakan, nilai optimal nitrit dalam perairan untuk budidaya ikan lele yaitu < 1 mg/L.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh paparan mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC) dengan dosis 5 mg/L, 10 mg/L, dan 15 mg/L sudah berpengaruh terhadap pertumbuhan bobot mutlak, pertumbuhan bobot spesifik, dan tingkat kelangsungan hidup (SR) ikan lele. Sedangkan tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan panjang mutlak dan pertumbuhan panjang spesifik ikan lele (*Clarias gariepinus*).

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih saya ucapkan kepada rekan-rekan satu tim penelitian serta Laboratorium Produksi dan Reproduksi Ikan dan Laboratorium Kesehatan Ikan, Universitas Mataram yang telah menyediakan sarana dan prasarana selama penelitian. Penelitian ini sulit terlaksana tanpa bantuan dari pihak yang terlibat.

Referensi

Absar, A. A. 2023. Pencemaran Mikroplastik Pada Ikan Kembung (*Rastrelliger jaughni*) di Perairan Kwatisore Taman Nasional Teluk Cenderawasih Papua Barat. [Skripsi]. Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.

Ahmadhrifar, E., Kalhor, N., Dawood, M. A., Ahmadifar, M., Moghadam, M. S., Abarghouei, S., & Hedayati, A. 2021. Effects of *Polystyrene* Microparticles On Inflammation, Antioxidant Enzyme Activities, and Related Gene Expression in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 14909-14916.

Arifin, Z., Rumondang. 2017. Pengaruh Pemberian Suplemen Madu Pada Pakan Terhadap Pertumbuhan dan FCR Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Fisherina*, 1: 4-9.

Arisanti, G., Defri, Y., & Rarasrum, D. K. 2023. Analisis Mikroplastik Pada Saluran Pencernaan Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*) di Pelabuhan Perikanan Samudera Belawan Sumatera Utara. *Water and Marine Pollution Journal*, 1: 54.

Astrul, N. A., Heni, M., Sartika, G. P., Nurul, H., Sahribulan., & Azrini, K. 2022. Fundamental Mikroplastik. *CV Jejak Anggota IKAPI*. Jawa Barat.

Bahri, D. A. 2022. Uji Kadar Mikroplastik Pada Air dan Ikan di Perairan Sungai Desa Pabean, Kabupaten Sumenep. [Skripsi]. Program Studi Biologi, Fakultas Sains Dan

Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya. Indonesia.

Dahlia, B., Hasmidar., & Jumardi. 2023. Strategi Pengembangan Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*) Pada Kolam Terpal. *Jurnal Pertanian Agros*, 5: 1291-1292.

Dhiba, A. A. F., Husain, S., & Ernawati. 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*, 5: 138-139.

Effendi, H., Bagus, A. U., Giri, M. D., & Rebo, E. K. 2015. Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*) Dengan Kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) Dalam Sistem Resirkulasi. *Ecolab*, 9: 83 - 86.
<https://doi.org/10.20886/jklh.2015.9.2.80-92>

Ernawati, D. 2014. Pengaruh Pemberian Bakteri Heterotrof Terhadap Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Lele Dumbo (*Clarias sp.*) Tanpa Pergantian Air. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga. Surabaya. Indonesia.

Fauziah. 2020. Karakteristik Mikroplastik Pada Saluran Gastrointestinal Ikan Pelagis dan Demersal di Perairan Laut Tuban, Jawa Timur. [skripsi]. Fakultas Sains dan Analitika data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. Indonesia.

Hakim, M. Z. 2019. Pengelolaan dan Pengendalian Sampah Plastik Berwawasan Lingkungan. *Amanna Gappa*, 7:112.

Hanif, K. H., Jusup, S., & Ibnu Pratikto. 2021. Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*. 10: 1.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v9i2.26832>

Hanggara, R., Wilma, A., & Kiryanto. 2017. Analisa Perbandingan Performance Kapal Ikan PVC "Baruna Fishtama" Dengan Kapal Ikan Tradisional (Kayu). *Jurnal Teknik Perkapalan*. 5: 238-239.

Hermawan, R., Yeldi, S. A., Renol., Mohamad, S., & Mubin. 2022. Kajian Mikroplastik Pada Ikan Konsumsi Masyarakat di Teluk Palu Sulawesi Tengah. *Journal of Marine Research*, 11: 268-269.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.32321>

Ihsanudin, I., Sri, R., & Tristiana, Y. 2014. Pengaruh Pemberian Rekombinan Hormon Pertumbuhan (rGH) Melalui Metode Oral Dengan Interval Waktu Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Benih Ikan Nila Larasati (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3: 99.

Krisyanti., Ilona, V. O. S., & Anjang, P. 2020. Pengaruh Kampanye Pantang Plastik Terhadap Sikap Ramah Lingkungan (Survei pada Pengikut Instagram GreenpeaceID). *Jurnal Komunita*, 9: 41.

Kesuma, B. W., Budiyanto., & Bieng, B. 2019. Efektifitas Pemberian Probiotik Dalam Pakan Terhadap Kualitas Air dan Laju Pertumbuhan Pada Pemeliharaan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) Sistem Terpal. *Naturalis*, 8:24.
<https://doi.org/10.31186/naturalis.8.2.9206>

Marlina, A. 2010. Uji Kualitas Polyvinyl Chlorida (PVC). 27 Oktober 2022.
<http://digilib.polban.ac.id/download.php?id=7992>

Author et al. (year)

- Mulqan, M., Sayyid, A. E. R., & Irma, D. 2017. Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila Gesit (*Oreochromis niloticus*) Pada Sistem Akuaponik Dengan Jenis Tanaman Yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 2: 190.
- Rasid, S. 2022. Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Pada Sistem Budikdamber Padi Hidrokanik Dengan Kepadatan Yang Berbeda. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Teuku Umar. Meulaboh, Indonesia.
- Ratulangi., Muhammad, J., & Bagus, D. H. S. 2022. Performa Pertumbuhan Ikan Lele (*Clarias* sp.) Pada Budidaya Teknologi Microbubblr Dengan Padat Tebar Yang Berbeda. *Jurnal Perikanan*, 2: 552.
- Suarjuniarta, I. K. A., Pande, G. S. J. Wayan, D. K. 2021. Rasio Konversi Pakan Pertumbuha dan Kelulushidupan Ikan Lele (*Clarias* sp.) yang Diberi Pelet Komersial dan Maggot BSF Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*). *Current Trends in Aquatic Science*, 4:156-157.
- Sugianti, E. P., Hafiludin. 2022. Manajemen Kualitas Air pada Pembenuhan Ikan Lele Mutiara (*Clarias gariepinus*) di Balai Benih Ikan (BBI) Pamekasan. *Juvenil*, 3: 35.
<https://doi.org/10.21107/juvenil.v3i2.15813>
- Utomo, E. A. T., Farid, K. M. 2022. Bioakumulasi Mikroplastik Pada Daging Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Keramba Jaring Apung Ranu Grati Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 11: 3.
- Wicaksana, S. N., Sri, H., & Endang, A. 2015. Performa Produksi Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Yang Dipelihara Dengan Sistem Biofilter Akuaponik dan Konvensional. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4: 113.
- Wildan, D. M., Lia, S., & Ridwan, A. 2022. Kemampuan Ikan Tawar Mencerna Mikroplastik Secara In Vitro. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 13: 217.
<https://doi.org/10.24319/jtpk.13.209-220>
- Yin, L., Chen, B., Xia, B., Shi, X., & Qu, K. 2018. *Polystyrene* Microplastics Alter The Behavior, Energy Reserve and Nutritional Composition of Marine Jacopever (*Sebastes schlegelii*). *Journal of hazardous materials*, 360 : 97-105.