

EFEK SUPLEMENTASI ARANG AKTIF PADA PAKAN TERHADAP PROFIL HISTOLOGI USUS IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) SETELAH TERPAPAR INSEKTISIDA ORGANOFOSFAT

Nurhayati^{*)#}, Azwar Thaib^{*)}, Lia Handayani^{**)}, M. Yodi Tira Aprizal^{*)}, Faisal Syahputra^{***)}, dan Harun^{****)}

^{*)}Program Studi Budidaya, Perairan Fakultas Perikanan, Universitas Abulyatama, Aceh

^{**)}Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan, Universitas Abulyatama, Aceh

^{***)}Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan, Universitas Abulyatama, Aceh

^{****)}Politeknik AUP Kampus Aceh, Aceh, Indonesia

(Naskah diterima: 26 Oktober 2022; Revisi final: 05 Desember 2023; Disetujui publikasi: 05 Desember 2023)

ABSTRAK

Paparan dan efek merusak residu pestisida yang berasal dari aktifitas pertanian pada sistem budidaya air tawar telah banyak diteliti. Salah satu jenis pestisida yaitu insektisida memiliki efek kronis berbahaya bagi ikan budidaya air tawar dan jika terakumulasi dapat merusak kesehatan manusia yang mengkonsumsi ikan tersebut. Salah satu upaya mengeliminir efek residu tersebut adalah melalui penggunaan adsorben berupa arang aktif dalam pakan ikan melalui teknik *re-pelleting*. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan informasi terkait pemanfaatan arang aktif pada pakan terhadap profil histologi usus ikan nila setelah dipapar insektisida golongan organofosfat. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental terdiri dari empat kali perlakuan dan dua kali ulangan. Sebagai perlakuan antara lain tanpa arang aktif atau 0% (A); arang aktif 1% (B); arang aktif 2% (C); dan arang aktif 3% (D). Ikan nila dipilih sebagai ikan uji dengan ukuran panjang $7 \pm 0,4$ cm serta padat tebar 30 ekor per wadah. Pakan diberikan secara *ad-libitum*, frekuensi pemberian pakan dua kali sehari. Pengamatan perubahan jaringan usus dilakukan melalui pemeriksaan histologi usus ikan. Pemeriksaan histologi dilakukan sebanyak tiga kali yakni sebelum paparan insektisida, setelah paparan insektisida, dan setelah pemberian arang aktif pada pakan. Preparat usus diwarnai menggunakan *Hematoxylin – Eosin* (HE) untuk melihat perubahan jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan jaringan pada sampel usus akibat paparan insektisida organofosfat ditandai dengan terjadinya edema, adhesi vili, degenerasi hidropik dan vakuolisasi pada jaringan usus. Sebaliknya penggunaan arang aktif sebanyak 2% mampu menyerap diazinon yang terkontaminasi pada vili usus, ditunjukkan dengan banyaknya sel goblet yang muncul sebagai pelindung dari paparan insektisida organofosfat. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan arang aktif pada tingkat yang tepat secara efektif dapat menyerap residu insektisida dalam usus ikan nila khususnya diazinon.

KATA KUNCI: arang aktif; insektisida; pakan; usus

ABSTRACT: *The effects of Activated Charcoal in Feed on the Intestinal Histological Profile of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) after Exposure to Organophosphate Insecticide*

#Korespondensi: Program Studi Budidaya, Perairan Fakultas Perikanan,
Universitas Abulyatama, Aceh
Email: nurhayati_perairan@abulyatama.ac.id

Pesticide residues from agriculture have been well documented to have entered freshwater fish farming systems. One of pesticides, insecticide, is harmful not only to farmed fish but also to human who consume the insecticide-exposed fish. Alternatives to eliminate the residual effect of insecticides are through the addition activated charcoal serving as adsorbent in fish feed through re-pelleting techniques. The purpose of this study was to obtain information related to the use of activated charcoal in feed on the intestinal histological profile of tilapia after exposure to organophosphate insecticides. This study used an experimental method consisting of four treatments and two replicates. The treatments consisted of feed without activated charcoal 0% (A); and with activated charcoal 1% (B); activated charcoal 2% (C); and activated charcoal 3% (D) additions. Tilapia with an average length of 7 ± 0.4 cm and a stocking density of 30 fish per container were used in the experiment. The experimental feeds were given ad-libitum twice a day. Observation of changes in intestinal tissue was carried out through histological examination. Histological examination was carried out three times, namely before exposure to insecticide, after exposure to insecticide, and after applying activated charcoal to feed. Intestinal tissue samples were stained using Hematoxylin – Eosin (HE) to observe potential tissue changes. The result showed that tissue changes in intestinal samples due to exposure of organophosphate insecticide were evident marked by the occurrences of edema, villi adhesion, hydropic degeneration and vacuolization within the intestine tissue. In contrast, the use of activated charcoal as much as 2% was able to absorb contaminated diazinon in intestinal villi, shown by the large number of goblet cells that appeared as protection from exposure to organophosphate insecticide. This study concludes that the use of active charcoal at the right level could effectively adsorb the insecticide residue particularly diazinon.

KEYWORDS: *activated charcoal; feed; insecticide; intestine*

PENDAHULUAN

Pestisida masih sering digunakan untuk pemberantasan hama dan penyakit terutama pada kegiatan pertanian. Pemakaian pestisida seperti herbisida, insektisida, dan fungisida dalam pertanian diaplikasikan untuk mengontrol atau membasmi hama, gulma, dan penyakit tanaman. Meskipun dapat memberikan keuntungan, penggunaan pestisida juga memberikan dampak negatif yang perlu diperhatikan terutama di perairan. Menurut Ihsan *et al.* (2018) pada umumnya pestisida tidak bersifat selektif, racun yang terkandung pada pestisida dapat membahayakan organisme air, termasuk ikan, tanaman air, dan mikroorganisme. Menurut Oktaviani & Pawenang (2020) penggunaan pestisida berdampak buruk pada manusia, hewan, mikroba maupun lingkungan. Pestisida dapat memasuki ekosistem perairan melalui aliran air. Paparan pestisida ini secara langsung

memengaruhi semua organisme di lingkungan (Shefali *et al.*, 2021). Insektisida dapat bertahan lama dalam lingkungan, menyebabkan bioakumulasi dalam rantai makanan yang pada akhirnya memengaruhi kehidupan (Singh, 2013).

Jenis pestisida yang sering digunakan petani adalah insektisida golongan organofosfat berupa diazinon karena pestisida golongan ini lebih cepat dimetabolisme dan terurai di alam. Menurut Amanvermez *et al.* (2010) insektisida diazinon dianggap berbahaya karena menyebabkan efek toksik dengan cara menghambat enzim asetilkolinesterase (AChE) dalam sistem saraf. Hal ini mengakibatkan penumpukan asetilkolin (ACh) pada sinapsis dan *junction neuromuscular*. Keracunan organofosfat menampilkan gejala yang beragam terkait dengan krisis kolinergik, sekaligus merusak fungsi organ seperti hati dan ginjal. Pestisida yang masuk ke dalam tubuh ikan akan merusak organ pencernaan seperti usus. Usus rentan

mengalami kerusakan sehingga memengaruhi reaksi dan peran enzim pencernaan dalam proses pencernaan dan absorpsi makanan (Alif *et al.*, 2021). Selanjutnya, Rahayu *et al.* (2013) melaporkan bahwa terjadinya kerusakan usus yang dipapar λ -cyhalothrin dengan konsentrasi 3-6 mg L⁻¹. Kerusakan ini memengaruhi aktivitas enzim *cholinesterase* sehingga berdampak pada proses absorpsi makanan. Selain itu, pestisida golongan organofosfat tidak mudah larut sehingga bergerak bersama aliran air menuju perairan dan berpotensi mencemari perairan serta membahayakan organisme non-target seperti ikan nila.

Ikan nila dikatakan sebagai bioindikator perairan karena mampu bertahan pada berbagai macam kondisi lingkungan sehingga dapat dijadikan sebagai bioindikator lingkungan (Hendrata, 2004; Pratiwi *et al.*, 2019). Penggunaan pestisida secara berlebihan akan menyebabkan tercemarnya lingkungan perairan. Ikan sebagai akumulator mampu mengabsorpsi zat aktif yang terkandung dalam pestisida dan terakumulasi dalam tubuh apabila hidup di lingkungan perairan yang tercemar (Taufik, 2011). Berdasarkan hal tersebut, maka perlu diwaspadai terjadinya proses biomagnifikasi. Mengingat akan bahaya endapan pestisida, maka perlu adanya tindakan pencegahan. Salah satu upaya tindakan pencegahan dengan penambahan adsorben dalam pakan.

Arang aktif merupakan adsorben yang mempunyai area permukaan yang luas, tinggi daya serap, struktur berpori, dan reaktivitas permukaan yang variatif (Dewi *et al.*, 2021). Secara efektif, arang aktif mampu mengabsorpsi pestisida, hidrokarbon pada lingkungan, toksin, sebagai suplemen pakan, mengeliminasi bakteri, dan mengabsorpsi toksin pada saluran pencernaan. Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan arang aktif telah dilakukan di antaranya sebagai adsorben dan sebagai suplemen pakan (Rawnak *et al.*, 2014; Pirarat *et al.*, 2015; Mabe *et al.*, 2018; Muslim *et al.*, 2018; Nurhadi *et al.*, 2018; Nurhayati *et al.*, 2021). Berdasarkan

pertimbangan tersebut maka penambahan arang aktif dalam pakan diharapkan dapat menghambat kerusakan organ usus ikan yang terpapar pestisida sehingga usus dapat berfungsi dengan baik dalam menyerap makanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek pemanfaatan arang aktif pada pakan terhadap profil histologi usus ikan nila serta dosis arang aktif yang mampu mengurangi tingkat kerusakan pada vili usus ikan nila.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Arang Aktif

Arang aktif dibuat dari tulang ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*) yang didapat dari sisa pengolahan ikan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Lampulo, Banda Aceh. Metode persiapan arang aktif mengacu pada Nurhayati *et al.* (2021) Prosedur pembuatan dimulai dari pencucian tulang hingga bersih, kemudian dilakukan perebusan selama 30 menit. Tujuan perebusan agar tulang mudah dibersihkan, selanjutnya dilakukan penjemuran selama 3-4 hari untuk mempermudah penghancuran. Tahapan selanjutnya adalah dilakukan pengabuan dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam. Penghalusan arang menggunakan mortal dan alu, kemudian dilakukan pengayakan menggunakan saringan 200 mesh. Setelah menjadi serbuk arang dengan berat 80 g, selanjutnya diaktivasi menggunakan aktivator ZnCl₂. Aktivator ZnCl₂ yang digunakan sebanyak 10% dari serbuk arang yang akan diaktifkan. Aktivator dilarutkan menggunakan akuades sebanyak 100 mL, lalu diaktivasi selama 24 jam. Kertas saring digunakan untuk memisahkan filtrat dengan residu. Kemudian residu dinetralkan hingga pH arang aktif mencapai 7 menggunakan akuades. Untuk mengeringkan arang aktif yang didapatkan digunakan *oven* pada suhu 200°C selama 1 jam. Proses pengaplikasian arang aktif dalam pakan dilakukan setelah arang aktif tersebut kering.

Pembuatan Konsentrasi Insektisida

Konsentrasi insektisida yang digunakan adalah 1,94 ppm. Konsentrasi perlakuan tersebut merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya (Alfis *et al.*, 2022; Melia *et al.*, 2022). Nilai 1,94 ppm merupakan nilai ambang batas bawah. Insektisida yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk cairan pekat dan berbahan aktif diazinon 600 g L⁻¹ atau 600.000 ppm. Pembuatan konsentrasi insektisida menggunakan rumus pengenceran sebagai berikut:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- V₁ = volume awal (ml)
- N₁ = konsentrasi awal (ppm)
- V₂ = volume akhir (ml)
- N₂ = konsentrasi akhir (ppm)

Pemeliharaan Ikan Nila

Pemeliharaan ikan dilakukan pada Laboratorium Air Tawar, Fakultas Perikanan, Universitas Abulyatama. Ikan dipelihara dalam akuarium berukuran 60 x 40 x 40 cm³. Ikan uji yang digunakan adalah ikan nila berukuran 7 ± 0,4 cm dan berat 0,80 ± 0,3 g yang diperoleh dari Balai Benih Ikan di Jantho, Aceh Besar. Ikan ditampung dalam bak penampungan berukuran 1,5 x 3 x 2 m³ selama 6 hari sebagai proses adaptasi.

Ikan dari bak penampungan sebanyak 400 ekor, kemudian dilakukan *sampling*. Selanjutnya ikan tersebut diberi paparan insektisida golongan organofosfat dengan konsentrasi 1,94 ppm selama 96 jam. Pemberian insektisida golongan organofosfat berbahan aktif diazinon dilakukan dengan menggunakan spuit 3 ml ke dalam wadah uji. Pestisida terlebih dahulu diukur sesuai perlakuan masing-masing. Ikan yang telah diberi paparan pestisida selama 96 jam dipindahkan ke akuarium dengan padat tebar 30 ekor per akuarium untuk dilakukan pemeliharaan. Ikan yang telah dipapar kemudian dipelihara selama 50 hari. Pakan yang diberikan selama pemeliharaan adalah pakan

komersial dengan kandungan protein 35%. Sebelum digunakan, terlebih dahulu dilakukan *re-pelleting* pada pakan dan ditambahkan arang aktif sesuai konsentersasi perlakuan antara lain (A) 0% (Kontrol), (B) 1%, (C) 2%, dan (D) 3%. Pakan diberikan secara *ad-libitum*, frekuensi pemberian pakan dua kali sehari, yaitu pukul 08.00 dan 17.00 WIB.

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah performansi jaringan usus ikan melalui pemeriksaan histologi. Pemeriksaan histologi dilakukan sebelum dipapar pestisida, setelah pemaparan pestisida, dan setelah pemberian pakan mengandung arang aktif. Pemeriksaan histologi usus dilakukan pada Laboratorium Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Pengamatan perubahan jaringan usus dilakukan melalui pemeriksaan histologi usus ikan. Preparat usus diwarnai menggunakan Hematoxylin – Eosin (HE) untuk melihat perubahan jaringan. Metode pembuatan preparat histologi terdiri atas tahap fiksasi, *trimming*, dehidrasi, *embedding* – *blocking*, *cutting*, *staining*, *mounting*, dan *examination*. Perubahan pada jaringan usus dideteksi melalui bantuan mikroskop MT 4200L dengan perbesaran 40 kali.

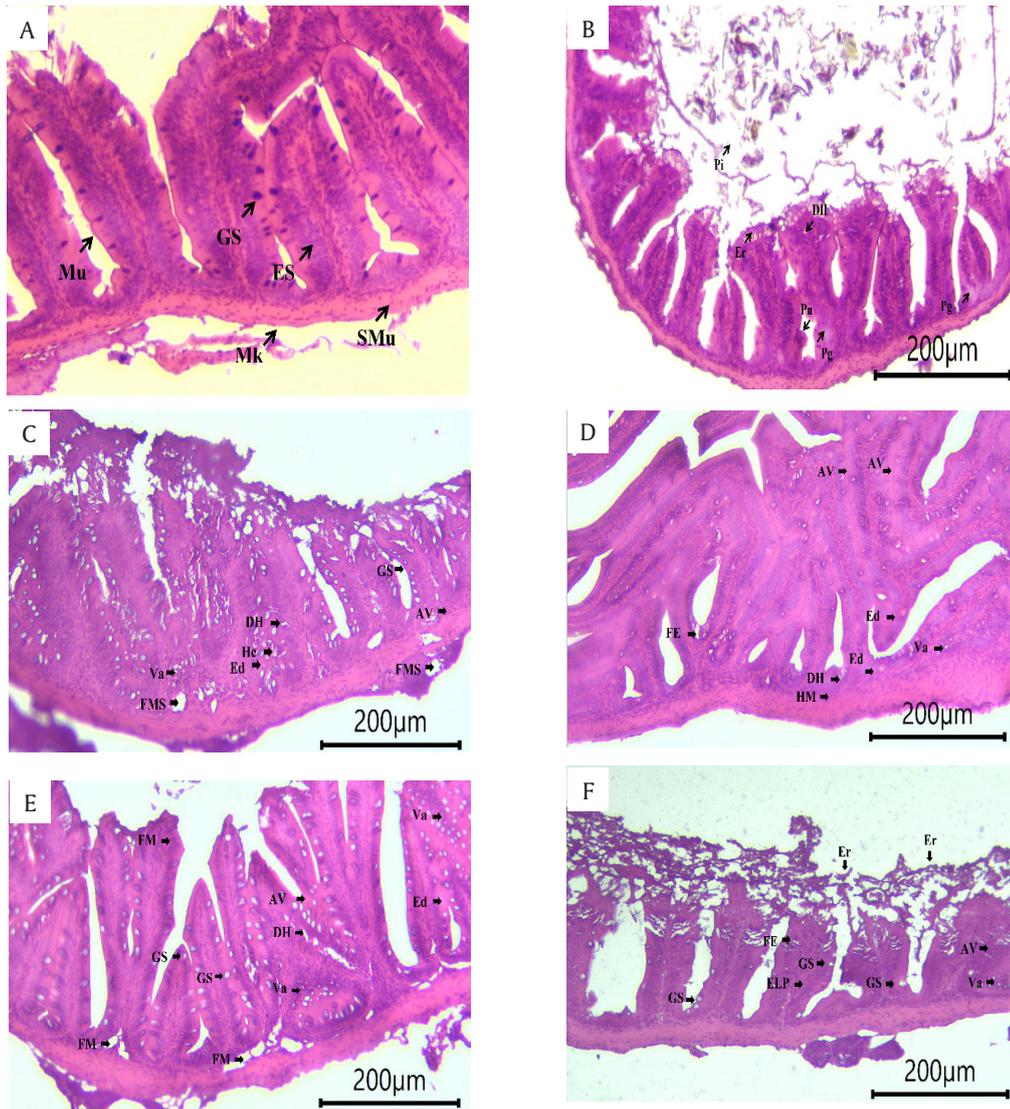
Analisis Data

Data hasil pengamatan berupa perubahan jaringan pada preparat usus dianalisis secara deskriptif. Selanjutnya disajikan dalam bentuk gambar.

HASIL DAN BAHASAN

Analisis Histologi Usus Ikan Nila

Perubahan lingkungan akan memengaruhi keberadaan, tingkah laku atau kelangsungan hidup organisme di perairan dan sekitarnya terutama pada ikan. Pengaruh yang ditimbulkan baik secara langsung atau tidak langsung akan berpengaruh pada kerusakan organ tubuh ikan salah satunya usus. Adanya perubahan atau abnormalitas pada jaringan usus dapat diamati melalui pemeriksaan histologi pada setiap pengujian paparan insektisida yang diterapkan



Gambar 1. Profil histologi jaringan usus ikan nila. Pembesaran 40x dengan pewarnaan Hematoxylin – Eosin pada uji sebelum paparan, setelah dipapar insektisida organofosfat, dan setelah penambahan arang aktif dalam pakan. A. sebelum paparan insektisida; B. setelah paparan insektisida; C; D; E; dan F (perlakuan arang aktif 0, 1, 2, dan 3%). Keterangan: GS (sel goblet); ES (sel epitel); Er (erosi di epitel); Pi (pigmentasi di sel goblet); Mu (mukosa); Smu (submukosa); Mk (muskularis); Pn (penebalan epitelium mukosa); Pg (pengapuran daerah submukosa); DH (degenerasi hidropik); HM (hiperplasia mukosa); AV (adhesi vili usus); Ed (edema); ELP (edema di lamina propia); FE (fusi di epitelium); FM (fusi sub-mukosa); FMS (fusi daerah mukosa, muskularis, dan serosa); Va (vakuolisasi); dan He (hemoragi)

Figure 1. Histological profile of tilapia intestines. Magnification of 40x and Hematoxylin Eosin staining in pre-exposure tests, post-exposure of organophosphate insecticides, and post-addition of activated charcoal in the feed. A. Pre-exposure Insecticide; B. Post-exposure Insecticide; C; D; E; and F (Post addition of activated charcoal in the feed 0%; 1%; 2%; and 3%). Description: GS (cell goblet); ES (epithelial cells); Er (erosion in the epithelium); Pi (pigmentation in goblet cells); Mu (Mucosa); Smu (sub mucosa); Mk (Muscularist); Pn (thickening of the epithelium of the mucosa); Pg (liming of the sub-mucosal area); DH (hydropic degeneration); HM (Mucosal hyperplasia); AV (adhesion of intestinal villi); Ed (edema); ELP (edema in the lamina propia); FE (fusion in the epithelium); FM (sub-mucosal fusion); FMS (fusion of mucosal, muscular and serous regions); Va (vacuolization); He (hemorrhaging).

sebagai perlakuan. Hasil pengamatan terhadap kerusakan jaringan usus ikan nila yang terpapar insektisida organofosfat dan perubahan jaringan usus setelah pemberian pakan dengan penambahan arang aktif disajikan pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan tingkat kerusakan pada usus yang terpapar insektisida organofosfat berbeda-beda. Profil histologi pada Gambar 1A (pra-pemaparan) menunjukkan bahwa usus masih terlihat normal dengan adanya mukosa, submukosa, muskularia, sel goblet, dan sel epitel. Sementara pada gambar 1B (pasca-pemaparan) mempresentasikan adanya kerusakan berupa erosi, pengapuran, degenerasi hidropik pada vili usus. Selanjutnya pada gambar dengan penambahan arang aktif dalam pakan sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3% terlihat perbedaan kerusakan antarprofil usus. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi arang aktif yang diberikan pada setiap perlakuan. Diazinon yang larut dalam air akan tertelan dan diserap pada saluran pencernaan ikan, kemudian arang aktif menyerap diazinon tersebut sehingga terjadi akumulasi oleh permukaan arang aktif dan berpengaruh terhadap kerusakan organ pada saluran pencernaan ikan.

Profil histologi usus yang dipapar diazinon tanpa penambahan arang aktif dalam pakan (0%) menunjukkan kerusakan vakuolisasi, degenerasi hidropik, hemoragi, edema, dan adhesi vili usus. Kerusakan-kerusakan tersebut diduga akan memengaruhi kinerja usus khususnya dalam menyerap makanan sehingga ikan akan kekurangan nutrisi dan berdampak terhadap pertumbuhan. Hal ini ditegaskan oleh Thaib *et al.* (2021) bahwa kesehatan usus sangat berdampak terhadap adsorpsi makanan. Selain itu, pada perlakuan ini terlihat adanya *spot* berwarna merah yang menyebar di vili usus dan mengalami pembengkakan atau pembesaran jaringan. Pembengkakan pada jaringan organ tersebut disebabkan oleh hemoragi, edema, dan degenerasi hidropik. Kerusakan ini menyebabkan vili usus sangat lengket akibat dari darah yang mengalir ke dalam mikrosirulasi lokal sehingga terjadi

adhesi atau penempelan antarepitel dan fusi. Menurut Sulastri *et al.* (2018) edema terjadi karena ketidakseimbangan tekanan daya apung atau gangguan pada tekanan osmotik darah, meningkatnya permeabilitas pembuluh kapiler, limpa, obstruksi serta ginjal tidak berfungsi. Munculnya darah dari pembuluh darah yang terdapat di kulit, membran mukosa, di dalam rongga-rongga di antara sel-sel jaringan atau organ dikenal dengan hemoragi. Kondisi ini dapat disebabkan oleh kontaminasi bahan kimia yang bersifat toksik, terinfeksi penyakit, dan trauma.

Pada perlakuan pemberian arang aktif 1% bereaksi dalam mempertahankan usus dari kerusakan akut yang disebabkan oleh terkontaminasi insektisida organofosfat. Pada perlakuan ini kerusakan organ berupa hiperplasia, adhesi vili usus, edema, degenerasi hidropik, fusi di epitelium, dan vakuolisasi. Terjadinya kerusakan hiperplasia pada perlakuan ini sebagai tingkat iritasi rendah yang disertai dengan peningkatan jumlah sel mukus di dasar lamela yang menyebabkan penebalan jaringan dan fusi di epitelium. Kerusakan ini menyebabkan darah mengalir ke dalam mikrosirkulasi lokal sehingga terjadi adhesi atau penempelan antarepitel dan fusi. Namun penempelan antarepitel pada perlakuan ini tidak terlalu parah dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian arang aktif (0%). Pada perlakuan ini juga terdapat denegerasi hidropik yang diindikasikan dari sel tampak membesar atau membengkak dan mengalami vakuolisasi.

Pada perlakuan penambahan arang aktif 2% menunjukkan kinerja dalam mempertahankan usus dari kerusakan akut yang disebabkan oleh adanya kontaminasi insektisida organofosfat. Kerusakan pada perlakuan ini berupa adhesi vili usus, edema, degenerasi hidropik, fusi submukosa, dan vakuolisasi. Pada perlakuan ini sebaran sel goblet terlihat lebih banyak dengan jarak yang berdekatan. Hal ini menunjukkan indikasi bahwa penambahan arang aktif 2% dapat memicu munculnya sel goblet sebagai bentuk pertahanan untuk melindungi usus dari patogen dan kerusakan akibat akumulasi

insektisida organofosfat. Hal ini ditegaskan oleh Kamta *et al.* (2018) bahwa munculnya sel goblet sebagai tanda adaptasi dari epitel usus dalam membantu proses pencernaan. Semakin banyak sel goblet yang muncul maka perlindungan usus terhadap jaringan epitel semakin besar. Selain itu, meningkatnya jumlah sel goblet tersebut diindikasikan berhubungan dengan proses *digestibility* dan absorpsi nutrisi. Menurut Risna *et al.*, (2020) bahwa penambahan arang aktif tulang ikan dalam pakan sebesar 2% dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan dan meningkatkan profil morfologi usus ikan nila. Pada perlakuan 3% arang aktif menunjukkan adanya kerusakan akut berupa adhesi vili usus, edema di lamina propria, fusi epitelia, vakuolisasi, dan erosi epitelium. Hal ini diidentifikasi bahwa pada perlakuan tersebut terjadi penurunan efektivitas atau kinerja dari arang aktif dalam adsorpsi nutrisi. Menurut Nurhayati *et al.* (2021) penambahan konsentrasi arang aktif dalam pakan mempunyai batas maksimal. Penambahan arang aktif sebesar 3% dinilai terlalu tinggi sehingga terjadi penurunan efektivitas arang aktif dalam memperbaiki kerusakan akibat pemaparan insektisida organofosfat. Arang aktif bersifat sebagai adsorben yang mampu mengadsorpsi dan menetralkan toksin lipofilik dan hidrofilik dari darah yang berinteraksi dengan sifat permeabilitas usus. Arang aktif dapat mengganggu sirkulasi enterohepatik zat beracun antara usus, hati, dan empedu sehingga mencegah senyawa aktif dari insektisida diekstraksi dari empedu dan senyawa tersebut diikat serta diserap oleh arang aktif sehingga kerusakan pada jaringan usus dapat diminimalisir.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan jaringan pada sampel usus akibat paparan insektisida organofosfat ditandai dengan terjadinya edema, adhesi vili, degenerasi hidropik dan vakuolisasi pada jaringan usus. Sebaliknya penggunaan arang aktif sebanyak 2% mampu menyerap

diazinon yang terkontaminasi pada vili usus, ditunjukkan dengan banyaknya sel goblet yang muncul sebagai pelindung dari paparan insektisida organofosfat. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan arang aktif pada tingkat yang tepat dapat secara efektif menyerap residu insektisida dalam usus ikan nila, terutama diazinon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi (Ditjen Diktiristek) melalui Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Masyarakat yang difasilitasi oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Abulyatama. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang terlibat dan membantu penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada beberapa mitra bestari yang telah menelaah artikel ini agar layak dipublikasikan.

DAFTAR ACUAN

- Alfis, N.F., Handayani, L., & Nurhayati. (2022). Gambaran histologi insang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang terpapar pestisida golongan organofosfat. *Jurnal Tilapia*, 3(1), 28–37.
- Alif, A., Syawal, H., & Riau waty, M. (2021). Histopathology of liver and intestine of *Pangasionodon hypophthalmus* fed with *Rhizophora apiculata* enriched pellets. *Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 9(2), 152. <https://doi.org/10.31258/jipas.9.2.p.152-161>
- Amanvermez, R., Ahmet, B., Turker, Y., Nursah, B., & Murat, G. (2010). Emergency laboratory abnormalities in suicidal patients with acute organophosphate poisoning. *Journal of Biochemistry*, 35(1), 29–34.
- Dewi, R., Azhari, A., & Nofriadi, I. (2021). Aktivasi karbon dari kulit pinang dengan menggunakan aktivator kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 12. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i2.3351>

- Hendratta, S. (2004). *Pemanfaatan Ikan Nila (Oreochromis niloticus) sebagai Bioindikator untuk Menilai Efektifitas Kinerja IPAL Rumah Sakit Pupuk Kaltim, Bontang*.
- Ihsan, T.I., Edwin, Tivany Husni, N., & Rukmana, W.D. (2018). Uji toksisitas akut dalam penentuan LC 50 -96H insektisida klorpirifos terhadap dua jenis ikan budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 98–103. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.98-103>
- Kamta, H.N., Masyitha, D., & Zanuddin. (2018). Jumlah sel goblet pada usus proksimal dan usus distal belut sawah (*Monopterus albus*). *Jimvet*, 2, 215–220.
- Mabe, L.T., Su, S., Tang, D., Zhu, W., Wang, S., & Dong, Z. (2018). The Effect of dietary bamboo charcoal supplementation on growth and serum biochemical parameters of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture Research*, 49(3), 1142–1152. <https://doi.org/10.1111/are.13564>
- Melia, Y., Handayani, L., & Nurhayati. (2022). Gambaran histologi hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang terpapar pestisida golongan organofosfat. *Jurnal Tilapia*, 3(1), 38–46.
- Muslim, A., Muhammadar, & Firdus. (2018). Growth, survival rate, and digestibility tilapia (*Oreochromis niloticus* L) addition activated charcoal in feed with different sources. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 3(2), 34–44.
- Nurhadi, M., Kusumawardani, R., Widiyowati, I.I., Wirhanuddin, & Nur, H. (2018). Utilization of fish bone as adsorbent of Fe³⁺ ion by controllable removal of its carbonaceous component. *Journal of Physics: Conference Series*, 1022(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1022/1/012031>
- Nurhayati, Nazlia, S.N., Fattah, A.F., Pradinata, Y., Handayani, L., & Harun. (2021). Kinerja pertumbuhan ikan gurami, *Osphronemus goramy* dengan penambahan arang aktif tulang ikan kambing-kambing dalam pakan. *Jurnal Media Akuakultur*, 16(2), 87–93. <https://doi.org/10.15578/ma.16.2.2021.87-93>
- Oktaviani, R., & Pawenang, E.T. (2020). Risiko gejala keracunan pestisida pada petani greenhouse. *Jurnal Higeia*, 4(2), 178–188.
- Pirarat, N., Boonananthanasarn, S., Krongpong, L., Katagiri, T., & Maita, M. (2015). Effect of activated charcoal-supplemented diet on growth performance and intestinal morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Thai Journal of Veterinary Medicine*, 45(1), 113–119.
- Pratiwi, D.Y., Nugroho, A.P., & Yustiati, A. (2019). Bioakumulasi ion tembaga pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Bantul. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 4(2), 57–64.
- Rahayu, S.D., Zulfatin, Z.L., & Nuriliani, A. (2013). Efek histopatologis insektisida λ -cyhalothrin terhadap insang, hati, dan usus halus ikan nila (*Oreochromis niloticus* L., 1758). *Biosfera*, 30(2), 52–65.
- Rawnak, J., Quaiyum, M.A., Jahan, N., Akhter, T., & Islam, M.S. (2014). Dietary added bamboo charcoal can evoke *Pangasianodon* growth and can reduce ammonia from culture medium. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 6(7), 87–93. <https://doi.org/10.5897/ijfa2014.0416>
- Risna, F., Handayani, L., & Nurhayati. (2020). Pengaruh penambahan arang aktif tulang ikan dalam pakan terhadap histologi usus ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Tilapia*, 1(2), 28–33.
- Shefali, Kumar, R., Sankhla, M.S., Kumar, R., & Sonone, S.S. (2021). Impact of pesticide toxicity in aquatic environment. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10131–10140. <https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1013110140>

- Singh, N.R. (2013). Acute toxicity of an organophosphate, dimethoate to an air breathing fish, *Colisa fasciatus* (Bl. & Schn.). *Indian Journal of Scientific Research*, 4, 97–100.
- Sulastri, Zakaria, J., & Marusin, N. (2018). Struktur histologi usus ikan asang (*Osteochilus hasseltii* C.V.) yang terdapat di Danau Singkarak, Sumatera Barat. *Jurnal Metamorfosa*, 5(2), 214–218.
- Taufik, I. (2011). Pencemaran pestisida pada perairan perikanan di Sukabumi-Jawa Barat. *Media Akuakultur*, 6(1), 69. <https://doi.org/10.15578/ma.6.1.2011.69-75>
- Thaib, A., Handayani, L., Hanum, A., Nurhayati, N., & Syahputra, F. (2021). Evaluating the addition of starry triggerfish (*Abalistes stellaris*) bone charcoal as a feed supplement to the growth performance and intestinal villi length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir Dan Perikanan*, 10, 194–200. <https://doi.org/10.13170/depik.10.2.20367>