

Histomorfometri Hepatopankreas Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) yang Dipelihara Pada Berbagai Tingkat Aerasi dan Filtrasi

Histomorphometry of the Hepatopancreas of Red Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Reared at Various Levels of Aeration and Filtration

Muhammad Anwar Djaelani*, Nurul Fathia Khairunnisa, Kasiyati, Sunarno

Program Studi Biologi, Fakultas sains dan Matematika, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275

*Email: anwardjaelani1962@gmail.com

Diterima 4 Maret 2024 / Disetujui 12 November 2024

ABSTRAK

Kualitas air yang buruk seperti oksigen terlarut, pH, salinitas, amonia, nitrit, nitrat, dan suhu air yang melebihi kisaran optimum normal dapat berdampak buruk pada proses fisiologis dan struktur organ seperti hepatopankreas pada ikan. Aerasi dan filtrasi pada pemeliharaan ikan dapat meningkatkan kualitas air, selanjutnya akan berdampak pada peningkatan fungsi hepatopankreas pada ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*). Penelitian ini menganalisis penggunaan aerator dan filter dalam untuk menjaga kualitas air. Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial terdiri dari dua faktor perlakuan yaitu aerasi dan filtrasi. Perlakuan aerasi menggunakan aerator tunggal dan ganda, filtrasi menggunakan filter dan tanpa filter. Hewan coba yang digunakan 24 ikan nila merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara aerator dan filter berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap Indeks Hepatosomatik (HSI), diameter hepatosit, diameter asinar pankreas, dan diameter pulau Langerhans. Kesimpulan penelitian ini adalah kombinasi aerator dan filter dapat menjaga kualitas fisik dan kimia air sehingga tidak berdampak negatif terhadap struktur histologis hepatopankreas.

Kata kunci: aerator, filter, hepatopankreas, kualitas air

ABSTRACT

Poor water quality such as dissolved oxygen, pH, salinity, ammonia, nitrite, nitrate, and water temperature that exceeds the normal optimum range can have a negative impact on physiological processes and organ structures such as the hepatopancreas in fish. Aeration and filtration in fish farming can improve water quality, which will then have an impact on improving hepatopancreatic function in red tilapia (*Oreochromis niloticus*). This research analyzes the use of aerators and internal filters to maintain water quality. This research uses a factorial design consisting of two treatment factors, namely aeration and filtration. Aeration treatment using single and double aerators, filtration using filters and without filters. The experimental animals used were 24 red tilapia fish. The results showed that the interaction between the aerator and filter had a significant effect ($P < 0.05$) on the Hepatosomatic Index (HSI), hepatocyte diameter, pancreatic acinar diameter, and islet of Langerhans diameter. The conclusion of this research is that the combination of aerators and filters can maintain the physical and chemical quality of water so that it does not have a negative impact on the histological structure of the hepatopancreas.

Keywords : aerator, filter, hepatopancreas, water quality

PENDAHULUAN

Ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*) merupakan ikan air tawar yang mempunyai potensi besar di Indonesia dan dunia (Arief dkk., 2015). Potensi budidaya ikan nila merah mempunyai kaitan erat dengan kemampuan adaptasi yang baik di berbagai lingkungan perairan (Iskandar dan Elrifadah, 2015). Ikan nila merah mempunyai toleransi yang baik terhadap kondisi lingkungan perairan, namun kualitas air pada lingkungan budidaya harus diperhatikan dengan baik agar pertumbuhan ikan nila merah dapat optimal (Istiqomah, 2018).

Kualitas air memang menjadi faktor krusial dalam budidaya ikan nila merah (Fuadi dkk., 2020). Kualitas air yang buruk dapat berdampak buruk pada kelangsungan hidup ikan. Masalah umum dalam budidaya ikan termasuk penumpukan kotoran, sisa pakan, dan peningkatan kadar nitrit, nitrat, dan amonia di dalam air. Permasalahan tersebut muncul akibat penguraian bahan organik secara aerobik oleh mikroorganisme, mengakibatkan penurunan oksigen terlarut, peningkatan karbon dioksida, dan peningkatan kadar amonia. Kondisi tersebut dapat mengganggu pencernaan, mengurangi konsumsi pakan, menghambat proses metabolisme, menghambat pertumbuhan, bahkan mengancam kelangsungan hidup ikan. Untuk mengatasi tantangan ini, perbaikan sistem filtrasi dan aerasi diperlukan untuk meningkatkan kualitas air dalam pemeliharaan ikan nila merah (Diansari dkk., 2013). Aerasi melibatkan penggunaan peralatan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air (Laksana dkk., 2020). Sedangkan sistem filtrasi menggunakan berbagai media untuk menyaring kotoran yang ada di dalam air. Selain itu, sistem resirkulasi (Nasir dan Khalil, 2016), memainkan peran penting dalam budidaya ikan nila merah dengan terus mengalirkan air bersih melalui proses penyaringan untuk menjaga kualitas air dalam kisaran yang dapat diterima.

Oksigen diperlukan dalam reaksi oksidasi pada proses metabolisme produksi energi dalam sel. Produksi energi metabolik tergantung pada ketersediaan oksigen sel. Organ yang berperan

dalam fungsi metabolisme dan penyimpanan komponen organik hasil metabolisme adalah hati. Peran vital hepatopankreas dalam mendukung pencernaan dan metabolisme energi dapat terhambat jika kebutuhan oksigen tidak terpenuhi (Wang et al., 2014). Histomorfometri adalah metode yang digunakan untuk mengukur diameter, panjang, dan lebar suatu sel atau jaringan. Organ ikan seperti hepatopankreas dapat menunjukkan perubahan struktural dan fungsional sebagai respons terhadap kondisi lingkungan budidaya (Vatsos, 2021).

Penelitian yang berfokus pada peningkatan sistem aerasi dan filtrasi penting untuk menentukan pengaruhnya terhadap struktur sel dan fungsi hepatopankreas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh penerapan berbagai tingkat aerasi dan filtrasi terhadap histomorfometri ikan nila merah. Penelitian ini diharapkan bermanfaat dalam memberikan informasi mengenai pengaturan aerator dan filter untuk memperoleh hasil yang optimal dalam budidaya ikan nila merah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu 5 bulan. Perlakuan pemeliharaan ikan nila berlangsung selama 2 bulan di fasilitas penelitian yang berlokasi di Jalan Parang Baris VII Nomor 18, Tlogosari Kulon, Semarang, Jawa Tengah 50196. Selanjutnya dilakukan preparasi sampel histologi hepatopankreatik dan pengamatan histomorfometri hepatopankreatik di Laboratorium Kesehatan Hewan.

Persiapan Hewan Uji

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*) yang bersumber dari Balai Benih Ikan Siwarak di Ungaran Kabupaten Semarang. Spesimen ikan nila merah terpilih mempunyai panjang ± 10 cm dan berat ± 15 gram. Ikan nila awalnya diaklimatisasi dengan jangka waktu 2 minggu seminggu untuk menyesuaikan dengan manajemen pemeliharaan khususnya pemberian pakan dengan metode ad satiation serta kondisi air dan lingkungan. Setelah

masa aklimatisasi, ikan dipindahkan ke 4 wadah pemeliharaan terpisah, yang masing-masing wadah menampung 40 liter air. Pada setiap wadah ditempatkan 6 ekor ikan nila sebagai ulangan.

Kelompok perlakuan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 1. Setiap kelompok perlakuan terdiri dari enam ulangan.

Tabel 1. Kelompok perlakuan

Ulangan	Aerator tunggal (A)		Aerator ganda (AA)	
	Tanpa filter (NF)	Dengan filter (F)	Tanpa filter (NF)	Dengan Filter (F)
1	ANF1	AF1	AANF1	AAF1
2	ANF2	AF2	AANF2	AAF2
3	ANF3	AF3	AANF3	AAF3
4	ANF4	AF4	AANF4	AAF4
5	ANF5	AF5	AANF5	AAF5
6	ANF6	AF6	AANF6	AAF6

Jenis filter yang digunakan pada penelitian ini adalah merk Yamano khususnya model SP1000L. Jenis aeratornya adalah Pompa Udara merk RESUN khusus model LP20. Aerator memainkan peran penting dalam mengumpulkan oksigen dari udara. Sistem aerasi dirancang untuk menjaga tingkat oksigen terlarut yang cukup dalam media pemeliharaan. Sistem filtrasi beroperasi dalam siklus yang memasukkan oksigen ke dalam air melalui pembentukan gelombang. Selain itu, filter berfungsi untuk menghilangkan kotoran pada media pemeliharaan. Filter menangkap dan menahan kotoran, memastikan air yang mengalir kembali ke media pemeliharaan bersih.

Perlakuan

Perawatan dilakukan selama 2 bulan. Pemberian pakan pada hewan uji diberikan 3 kali sehari pada pagi, siang, dan sore hari dengan metode *ad satiation*.

Pengukuran Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur adalah oksigen terlarut dan suhu air menggunakan DO meter, pH menggunakan pH meter, salinitas menggunakan konduktivitas meter, serta amonia, nitrit, dan nitrat menggunakan spektrofotometer. Pengukuran salinitas, nitrit, nitrat, dan amonia dilakukan pada awal penelitian. Pengukuran oksigen terlarut, pH, dan suhu air dilakukan 2 kali dalam seminggu. Pengurasan air dilakukan apabila hasil pengukuran kualitas air belum memenuhi

syarat kualitas air yang baik dengan cara mengganti air pada wadah sebanyak 70%.

Pengukuran Berat Hepatopankreas dan Indeks Hepatosomatik (HSI)

Berat hepatopankreas ikan nila merah diperoleh setelah ikan dibunuh, kemudian dilakukan tindakan pembedahan, organ hepatopankreas diisolasi, dan ditimbang menggunakan timbangan mikro. Pengukuran Indeks Hepatosomatik (HSI) dilakukan sesuai dengan rekomendasi Moesch et al. (2016):

$$\text{HSI (\%)} = (\text{HW (g)}) / (\text{BW (g)}) \times 100\%$$

HSI: Indeks Hepatosomatik (%)

HW: Berat Hepatopankreas Weight (g)

BW: Berat Badan (g)

Persiapan Histologi Hepatopankreas

Histologi hepatopankreas dibuat menggunakan metode parafin. Sampel diproses untuk analisis histologis, khususnya dengan fokus pada jaringan hepatopankreas. Slide yang telah disiapkan diwarnai dengan teknik pewarnaan HE (Hematoxylin Eosin). Pengamatan histomorfometri hepatopankreas dilakukan dengan menggunakan mikroskop fotomikrograf untuk mengukur parameter seperti diameter hepatosit, diameter pulau Langerhans, dan diameter asinar. Pengukuran dilakukan pada perbesaran 400 kali.

Analisis Data

Seluruh data hasil pengukuran dianalisis menggunakan SPSS rilis 23. Data observasi diuji normalitasnya dengan Uji Normalitas dan homogenitasnya dengan Uji Homogenitas Varians (Levene Statistics). Data yang berdistribusi normal dan homogen dianalisis dengan menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) dua arah (Santosa, 2016). Pengaruh interaksi antar perlakuan dilanjutkan dengan uji interaksi menggunakan uji BNJ (Sanjaya dan Alhanannasir, 2018). Uji selanjutnya adalah uji korelasi dan regresi untuk mengetahui hubungan dan pengaruh variabel diameter asinar pankreas terhadap diameter pulau Langerhans pankreas (Nazda dkk., 2016). Analisis dilanjutkan dengan analisis deskriptif histologi hepatopankreas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa variabel dalam penelitian ini diukur dan diamati untuk menganalisis histomorfometri hepatopankreas pada ikan nila merah, antara lain berat hepatopankreas, HSI (*Hepatosomatic Index*), diameter hepatosit, diameter asinar pankreas, dan diameter pulau Langerhans pankreas (Tabel 2). Berdasarkan data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa aerasi, filtrasi, dan interaksi antara aerasi dan filtrasi berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap HSI, diameter hepatosit, diameter asinar, dan pulau Langerhans, namun tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) pada berat hepatopankreas. Pemberian aerator dan filter dapat menjaga kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu air pada kisaran normal (Tabel 3). Beberapa kelompok perlakuan tampak mengalami perubahan diameter hepatosit akibat pengendapan lipid pada hepatosit, namun peningkatan diameter hepatosit pada penelitian ini tidak diikuti dengan peningkatan berat hepatopankreas.

Tabel 2. Hasil berat hepatopankreas, Indeks Hepatosomatik, diameter hepatosit, diameter asinar, dan diameter pulau Langerhans tipapia merah yang dipelihara pada berbagai tingkat aerasi dan filtrasi

Perlakuan	Berat Hepatopankreas (g)	Indeks Somatik	Diameter hepatosit (μm)	Diameter Asinar (μm)	Diameter pulau Langerhans (μm)
<i>Aerator (A)</i>					
A	1.01 \pm 0.30	2.58 ^b \pm 0.47	11.85 ^b \pm 0.70	100.25 ^a \pm 15.39	28.35 ^a \pm 6.39
AA	0.87 \pm 0.26	1.97 ^a \pm 0.71	10.95 ^a \pm 1.04	112.61 ^b \pm 13.83	32.70 ^b \pm 4.38
<i>Filter (F)</i>					
NF	1.16 \pm 0.18	2.69 ^b \pm 0.48	11.90 ^b \pm 0.73	99.08 ^a \pm 13.90	27.86 ^a \pm 5.45
F	0.72 \pm 0.18	1.86 ^a \pm 0.56	10.90 ^a \pm 0.96	113.78 ^b \pm 14.16	33.18 ^b \pm 5.02
<i>Aerator x Filter</i>					
A x NF	1.27 \pm 0.09	2.80 ^b \pm 0.59	11.97 ^b \pm 0.91	87.54 ^a \pm 6.91	23.72 ^a \pm 4.21
AA x NF	1.06 \pm 0.19	2.58 ^b \pm 0.38	11.84 ^b \pm 0.58	110.61 ^b \pm 7.63	32.01 ^b \pm 2.55
A x F	0.76 \pm 0.21	2.35 ^b \pm 0.16	11.73 ^b \pm 0.45	112.95 ^c \pm 9.30	32.98 ^{bc} \pm 4.57
AA x F	0.67 \pm 0.14	1.36 ^a \pm 0.28	10.06 ^a \pm 0.40	114.61 ^d \pm 18.79	33.39 ^c \pm 5.88

Keterangan: Rerata yang diikuti superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$). Data yang ditampilkan adalah mean \pm SD. Terdapat pengaruh interaksi ($P < 0,05$) antara pemberian aerator dan filter. A (aerator); AA (aerator ganda); NF (tanpa filter); F (menyaring); ANF (aerator tunggal tanpa filter); AANF (aerator ganda tanpa filter); AF (aerator tunggal dengan filter); AAF (aerator ganda dengan filter).

Tabel 3. Data parameter lingkungan air

Parameter	Perlakuan			
	ANF	AANF	AF	AAF
D.O (mg/L)	5,59	6,74	7,36	8,46
pH	6,66	6,69	6,78	6,9
Temperatur air (°C)	28,13	28,28	28,51	28,33
Salinitas (ppt)	0,1	0,1	0,1	0,1
Nitrit (mg/L)	0,198	0,128	0,045	0,042
Nitrat (mg/L)	0,89	0,4	0,2	0,15
Ammonia (ppm)	0,58	0,52	0,21	0,19

Diameter Hepatosit dan Indeks Hepatosomatik (HSI)

Interaksi aerasi dan filtrasi berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap rata-rata diameter hepatosit dan HSI. Gambar 4.1 menunjukkan peningkatan ukuran hepatosit yang ditandai dengan pengendapan lipid pada hepatosit pada kelompok perlakuan ANF (single aerator tanpa filter), AANF (double aerator tanpa filter), dan AF (single aerator with filter). Deposisi lipid di hepatosit mempengaruhi ukuran sel. Lipid yang ditimbun ke dalam vakuola hepatosit meningkat, sehingga dapat mendorong inti sel ke arah tepi. Vakuola hepatosit tampak mengandung tetesan lipid yang merupakan sumber cadangan energi baik selama pertumbuhan maupun reproduksi.

Akumulasi lipid pada hepatosit disebabkan oleh pengaruh polutan dalam air seperti amonia. Pribadi dkk. (2017) menyatakan ikan nila yang terkontaminasi amonia berpotensi mengubah bentuk sel. Aliran darah membawa amonia ke hepatopankreas. Ion amoniak (NH_4^+) tidak dapat menembus dinding sel organisme, namun berpotensi toksik jika berbentuk molekul NH_3 karena tidak bermuatan dan larut dalam lemak sehingga mudah menembus jaringan, terutama bila konsentrasi NH_3 tinggi. Amonia kemudian dapat berikatan dengan lipid dari membran hepatosit. Hal ini menyebabkan ukuran hepatosit bertambah, sehingga terjadi perubahan ukuran sel

Hepatosit pada kelompok interaksi dengan aerator ganda dengan filter berukuran lebih kecil dan tampak tersusun lebih rapat antara hepatosit satu dengan hepatosit lainnya. Hal ini diduga berkaitan dengan laju metabolisme pada kelompok

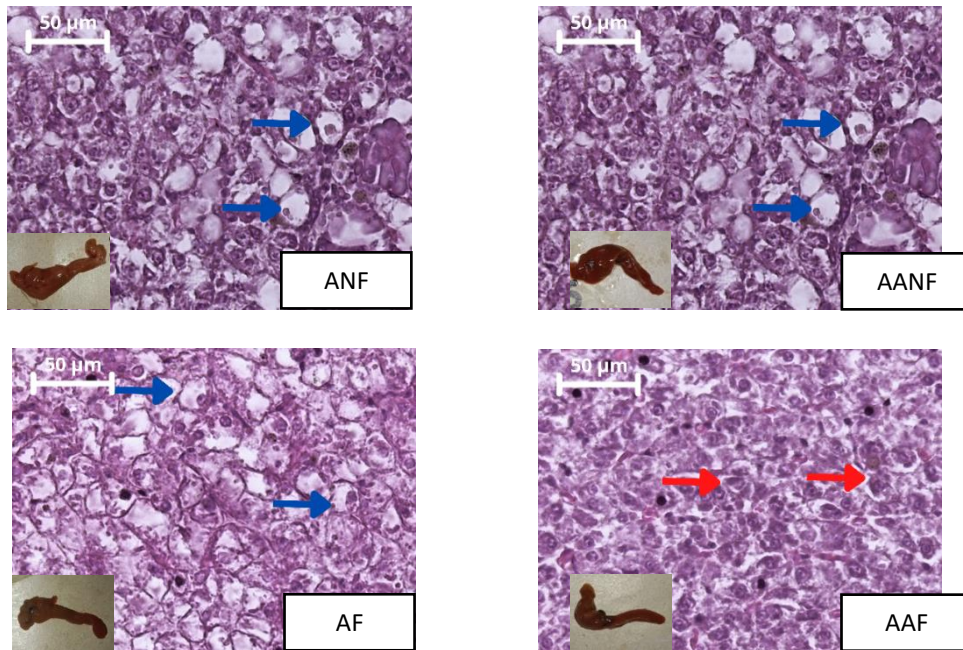
interaksi perlakuan aerator ganda dan filter yang terjadi lebih cepat sehingga memicu peningkatan proliferasi sel hati dan timbunan lemak yang lebih sedikit. Solhi dkk. (2021) menjelaskan bahwa peningkatan laju metabolisme akan meningkatkan energi dan nutrisi sel sehingga memicu peningkatan proliferasi sel hati.

Nilai suhu dan oksigen terlarut pada masing-masing kelompok perlakuan masih dalam kisaran normal. Kadar oksigen terlarut minimum adalah 4 mg/L (Amri dan Khairuman, 2013) dan kisaran suhu air adalah 25-30°C (Panggabean et al., 2016). Kelompok yang tidak diberi filter memiliki suhu air dan kadar oksigen terlarut yang lebih rendah dibandingkan kelompok yang diberi perlakuan menggunakan filter. Suhu yang lebih rendah dan kadar oksigen terlarut dapat menurunkan laju metabolisme pada ikan.

Standar normal kadar amonia adalah $< 0,02$ ppm (Wahyuningsih dan Gitarama, 2020), nitrit $< 0,06$ mg/L (Sulastri et al., 2016), dan nitrat antara 0,3-0,9 mg/L (Patty, 2015). Kadar amonia dan nitrit pada masing-masing kelompok perlakuan melebihi batas normal sehingga dapat disebut pencemaran sedangkan kadar nitrat masih dalam batas normal. Parameter lingkungan seperti salinitas dan pH juga berada dalam kisaran normal untuk budidaya ikan nila, yaitu 0-35 ppt (Athirah et al., 2013) dan 6-8,5 (Panggabean dkk., 2016). Jumlah kandungan amonia dan nitrit pada kelompok perlakuan tanpa filter mempunyai nilai lebih besar dibandingkan kelompok perlakuan menggunakan filter. Memelihara ikan tanpa filter mengakibatkan air tidak tersaring dengan baik sehingga terjadi penumpukan feses dan sisa pakan. Hal ini memicu peningkatan kadar amonia dan nitrit di dalam air.

Aktivitas hati dalam detoksifikasi kotoran menyebabkan pengendapan lipid. Hal ini membuat diameter hepatosit menjadi lebih besar dan berpengaruh pada peningkatan nilai HSI. Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 2, diperoleh hasil bahwa diameter hepatosit dan HSI pada kelompok perlakuan ANF, AANF, dan AF tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata atau lebih tinggi dengan kelompok perlakuan AAF.

Penelitian Burlakov et al.. (2021) menunjukkan bahwa ikan dengan nilai HSI lebih tinggi rata-rata memiliki diameter hepatosit 18,8% lebih besar ($P < 0,05$). Ikan air tawar yang dipelihara pada lingkungan tercemar mempunyai keunggulan nilai HSI sebesar 13,75% dibandingkan ikan dengan umur yang sama yang dipelihara pada lingkungan bersih.



Gambar 1. Pengamatan histologis diameter hepatosit pada masing-masing kelompok perlakuan (pewarnaan HE; Pembesaran 400×). Deskripsi: Deposisi lipid di hepatosit (panah biru); Proliferasi sel (panah merah); ANF (aerator tunggal tanpa filter); AANF (aerator ganda tanpa filter); AF (aerator tunggal dengan filter); AAF (aerator ganda dengan filter).

Diameter Asinar

Pankreas terdiri dari kelenjar eksokrin dan endokrin. Asinar pankreas berbentuk polihedral dan berperan sebagai kelenjar eksokrin yang menghasilkan berbagai enzim pencernaan seperti tripsin, lipase, dan amilase. Enzim akan disekresikan secara asinar ke saluran pankreas dan bermuara di duodenum. Asinar pankreas menghasilkan natrium bikarbonat yang bertindak sebagai pelindung duodenum dengan menetralkan asam lambung. Interaksi antara aerator dan filter akan meningkatkan kadar oksigen terlarut dan mengurangi kontaminan seperti amonia dan nitrit

yang melebihi batas normal pada setiap kelompok perlakuan.

Kelompok perlakuan aerator ganda dengan filter mempunyai kadar oksigen lebih tinggi dibandingkan kelompok perlakuan lainnya sehingga memicu peningkatan laju metabolisme asinar. Hal ini menyebabkan ukuran sel meningkat seiring dengan meningkatnya kinerja asinar. Penelitian Mokhtar (2015) mengenai karakteristik histologi, histokimia, dan ultrastruktur pankreas ikan mas rumput (*Ctenopharyngodon idella*) menunjukkan asinar ikan berbentuk polihedral dengan diameter 70-100 µm. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa interaksi antara aerasi dan filtrasi

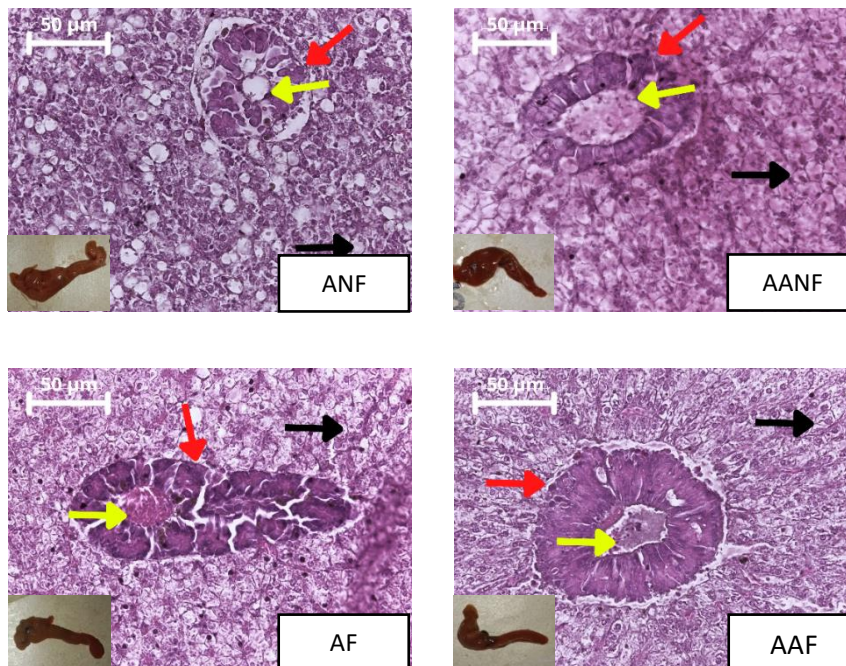
berpengaruh terhadap ukuran sel yang ditunjukkan dengan bertambahnya diameter asinar mencapai 100 μm .

Berdasarkan pengamatan histologis pada Gambar 2 terdapat perbedaan struktur histologi asinar antara kelompok perlakuan ANF dengan kelompok perlakuan lainnya. Kelompok perlakuan AANF, AF, dan AAF mengalami kepadatan pembuluh darah di asinar, berbeda dengan kelompok perlakuan ANF yang tidak mengalami kepadatan pembuluh darah. Hal ini disebabkan karena kelompok ANF mempunyai suhu air yang lebih rendah dibandingkan kelompok perlakuan lainnya. Penelitian Esam et al. (2022) menyatakan bahwa suhu tinggi dapat menyebabkan kemacetan pada sinusoid darah di pankreas.

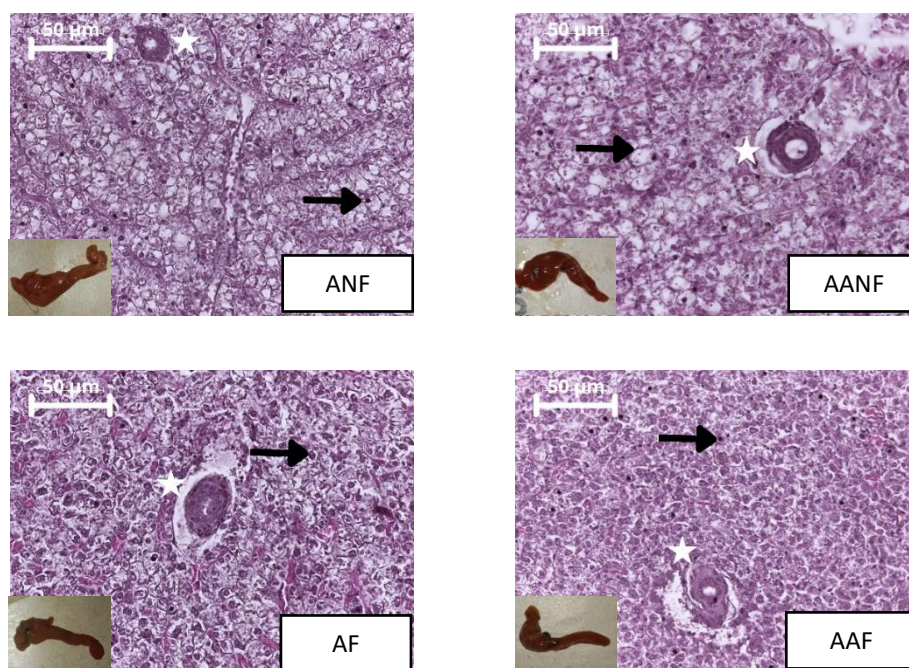
Diameter Pulau Langerhans

Pulau Langerhans merupakan bagian pankreas yang berfungsi menghasilkan hormon, salah satunya insulin. Metabolisme tubuh dapat

bekerja lebih optimal jika insulin yang disintesis dan dikeluarkan lebih banyak. Insulin mempunyai peran penting dalam metabolisme glukosa dalam jaringan. Glukosa berfungsi sebagai sumber energi yang digunakan untuk pertumbuhan. Berdasarkan pengamatan histologis yang dilakukan terhadap diameter pulau Langerhans (Gambar 3), terlihat bahwa kelompok perlakuan aerator tunggal tanpa filter mempunyai pulau Langerhans yang lebih kecil dibandingkan kelompok perlakuan lain dengan ukuran lebih besar. Kinerja metabolisme yang tinggi dalam sel menyebabkan peningkatan ukuran sel (hipertrofi). Barreto dkk. (2010) menyatakan bahwa insulin yang diproduksi pulau Langerhans mempunyai dua fungsi yaitu memicu pertumbuhan pankreas dan pengambilan glukosa di jaringan. Texas et al. (2019) menjelaskan bahwa kondisi kadar oksigen yang rendah dapat menurunkan kinerja sel sehingga menghambat konversi glukosa menjadi glikogen dan mengirimkan sinyal ke sel agar sel dapat mengambil glukosa.



Gambar 2. Pengamatan histologis diameter asinar pada masing-masing kelompok perlakuan (pewarnaan HE; Pembesaran 400 \times). Deskripsi: Hepatosit (panah hitam); Asinar (panah merah); Sinusoid (panah kuning); ANF (aerator tunggal tanpa filter); AANF (aerator ganda tanpa filter); AF (aerator tunggal dengan filter); AAF (aerator ganda dengan filter).



Gambar 3. Pengamatan histologis diameter pulau Langerhans pada masing-masing kelompok perlakuan (pewarnaan HE; Pembesaran 400×). Deskripsi: Hepatosit (panah hitam); pulau langerhans (bintang putih); ANF (aerator tunggal tanpa filter); AANF (aerator ganda tanpa filter); AF (aerator tunggal dengan filter); AAF (aerator ganda dengan filter).

KESIMPULAN

Kombinasi aerator dan filter dapat menjaga kualitas fisik dan kimia air sehingga tidak berdampak buruk pada struktur histologis hepatopankreas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan dana penelitian yang diberikan melalui PNPB DIPA Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. Penelitian tersebut dilakukan berdasarkan kontrak penelitian nomor 2174/UN7.5.8.2/PP/2021.

DAFTAR PUSTAKA

Amri, K dan Khairuman. 2013. Budidaya Ikan Nila. Agro Media Pustaka, Jakarta.
 Arief, M., D. Faradiba dan M. A. Al-Arief. 2015. Pengaruh pemberian probiotik plus herbal pada pakan komersil terhadap retensi protein dan retensi lemak ikan nila merah

(*Oreochromis niloticus*). Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan 7(2): 207-212.

Athirah, A., A. Mustafa dan M. A. Rimmer. 2013. Perubahan kualitas air pada budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di tambak Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 1(1): 1065-1075.
 Barreto, S. G., C. J. Carati, J. Toouli and G. T. P. Saccone. 2010. The islet-acinar axis of the pancreas: more than just insulin. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 299(1): 10-22.
 Burlakov, I., I. Volkova, V. Kryuchkov, V. Egorova and L. Seidalieva. 2021. Adaptive and pathological responses of Cyprinidae liver towards habitat in the volga delta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 937(2): 1-7.
 Diansari, R. R. V. R., E. Arini dan T. Elfitasari. 2013. Pengaruh kepadatan yang berbeda terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem resirkulasi dengan filter zeolit. *Journal of Aquaculture Management and Technology* 2(3): 37-45.

- Esam, F., M. M. Khalafalla, M. S. Gewaily, S. Abdo and A. M. Hassan. 2022. Acute ammonia exposure combined with heat stress impaired the histological features of gills and liver tissues and the expression responses of immune and antioxidative related genes in Nile tilapia. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 231: 1-9.
- Fuadi, A., M. Sami dan Usman. 2020. Teknologi tepat guna budidaya ikan lele dalam kolam terpal metode bioflok dilengkapi aerasi nano bubble oksigen. *Jurnal Vokasi* 4(1): 39-45.
- Iskandar, R dan Elrifadah. 2015. Pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberi pakan buatan berbasis kiambang. *Ziraa'ah* 40(1): 18-24.
- Istiqomah, D. A., Suminto dan D. Harwanto. 2018. Efek pergantian air dengan persentase berbeda terhadap kelulushidupan, efisiensi pemanfaatan pakan dan pertumbuhan benih monosex ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology* 7(1): 46-54.
- Krull, D. L. and R. A. Peterson. 2011. Preclinical applications of quantitative imaging cytometry to support drug discovery. *Elsevier* 102: 291-308.
- Laksana, I., Mahmud dan N. S. Prihatini. 2020. Peningkatan transfer oksigen pada cascade aerator dengan inovasi bak terjunan. *JTAM Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat* 3(1): 49-60.
- Moesch, A., F. Meurer, I. V. Zadinelo, W. F. Carneiro, L. C. R. D. Silva and L. D. D. Santos. 2016. Growth, body composition and hepatopancreas morphology of Nile tilapia fingerlings fed crude glycerol as a replacement for maize in diets. *Animal Feed Science and Technology* 219: 122-131.
- Mokhtar, D. M. 2015. Histological, histochemical and ultrastructural characterization of the pancreas of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *European Journal of Anatomy* 19(2): 145-153.
- Nasir, M dan M. Khalil. 2016. Pengaruh penggunaan beberapa jenis filter alami terhadap pertumbuhan, sintasan, dan kualitas air dalam pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Acta Aquatica* 3(1): 33-39.
- Nazda, S., A. K. Muzakir dan I. Triarso. 2016. Analisis perbandingan pendapatan nelayan jaring pejer (bottom set gill net) anggota kub (kelompok usaha bersama) dan non anggota kub di Desa Sukoharjo, Kecamatan Rembang, Kabupaten Rembang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology* 5(1): 134-144.
- Panggabean, T. K., A. D. Sasanti dan Yulisman. 2016. Kualitas air, kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan efisiensi pakan ikan nila yang diberi pupuk hayati cair pada air media pemeliharaan. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia* 4(1): 67-79.
- Patty, S. I. 2015. Karakteristik fosfat, nitrat, dan oksigen terlarut di perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis* 2(1): 1-7.
- Pribadi, T. D. K., D. Syahidah, S. D. Harjanti and D. M. Malini. 2017. Alteration of gills and liver histological structure of *Cyprinus carpio* exposed to leachate. *Biosantifika* 9(2): 289-297.
- Sanjaya, D. B. dan Alhanannasir. 2018. Mempelajari frekuensi pencucian surimi terhadap nilai sensoris pempek ikan tenggiri pasir (*Scomberomorus guttatus*) yang dihasilkan. *EDIBLE* 7(1): 12-32.
- Solhi, R., M. Lotfinia, R. Gramignoli, M. Najimi and M. Vosough. 2021. Metabolic hallmarks of liver regeneration. *Trends in Endocrinology & Metabolism* 32(9): 731-745.
- Sulastri, S. Nomosatriyo dan A. Hamdani. 2016. Kondisi lingkungan perairan dan keanekaragaman sumberdaya ikan di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *BAWAL* 8(1): 1-12.
- Texada, M. J., A. F. Jorgensen, C. F. Christensen, T. Koyama, A. Malita, D. K. Smith, D. F. M. Marple, E. T. Danielsen, S. K. Petersen, J. L. Hansen, K. A. Halberg and K. F. Rewitz. 2019. A fat-tissue sensor couples growth to oxygen availability by remotely controlling insulin secretion. *Nature Communications* 10(1): 1-16.
- Vatsos, I. N. 2021. Planning and reporting of the histomorphometry used to assess the intestinal health in fish nutrition research-suggestions to increase comparability of the studies. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 1-4.
- Wahyuningsih, S dan A. M. Gitarama. 2020. Amonia pada sistem budidaya ikan. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia* 5(2): 112-125.
- Wang, W., X. Wu, Z. Liu, H. Zheng and Y. Cheng. 2014. Insights into hepatopancreatic functions for nutrition metabolism and ovarian development in the crab *Portunus trituberculatus*: gene discovery in the

comparative transcriptome of different hepatopankreas stages. PLoS ONE 9(1): 1-15.