



PENGARUH EKSTRAK DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*) TERHADAP HISTOLOGI HATI IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) YANG DIINFEKSI BAKTERI *Aeromonas hydrophila*

Khusnul Adinda Arisanti¹, Efrida Pima Sari Tambunan², Nurlian Augustin Ningrum³.

^{1,2,3}Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*Corresponding author: (khusnuladindaarisanti@gmail.com)

ABSTRACT

Aeromonas hydrophila is a rod-shaped bacterium (*bacillus*), motile, with a diameter of 0.3-1 μm and a length of 1-3.5 μm , without a spore phase, generally does not have a capsule, and grows optimally at a temperature of 28°C but can grow at extreme temperatures (4°C-37°C). *Aeromonas hydrophila* causes a disease in fish known as *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS), *Aeromonas hydrophila* infection can cause liver tissue damage such as fatty degeneration, hemorrhage, necrosis, dilation of the central vein, dilation of hepatocytes, dilation of sinusoids, and changes in the size of the cell nucleus. Ketapang leaves (*Terminalia catappa*) are known to be rich in active compounds of tannins and flavonoids, which have antibacterial properties. This study aims to determine the potential content and efficacy of ketapang leaf extract (*Terminalia catappa*) in improving the morphology and histology of the liver of tilapia (*Oreochromis niloticus*) caused by *Aeromonas hydrophila* bacterial infection. This study used RAL using 30 tilapia (*Oreochromis niloticus*), which were divided into 6 treatment groups: Normal Control (KN): feed without *Aeromonas hydrophila* bacterial infection. Negative Control (K-): *Aeromonas hydrophila* bacterial infection. Positive Control (K+): (fish infected with bacteria + Red Bluedox). Treatment 1: (fish infected with bacteria + 30 ppm ketapang leaf extract). Treatment 2: (fish infected with bacteria + 50 ppm ketapang leaf extract). Treatment 3: (fish infected with bacteria + 70 ppm ketapang leaf extract). The stages in this study included phytochemical screening tests, antioxidant activity tests, and morphological and histological examinations of the liver of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Data analysis used a one-way ANOVA test and continued with Duncan's advanced test. The results of the study showed that soaking in ketapang leaf extract (*Terminalia catappa*) had no significant effect on the liver morphology of tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) infected with *Aeromonas hydrophila* bacteria, while soaking in ketapang leaf extract at a dose of 70 ppm could repair histological damage to the liver of tilapia fish infected with *Aeromonas hydrophila*, namely with a hemorrhagic damage score (7.75), a fatty degeneration damage score (9.50), and a necrosis damage score (11.00). Meanwhile, histomorphometric observations with a dose of 70 ppm obtained good results for improving the diameter and area of each cell observed, namely the diameter of the central vein (19.54 μm), the area of the central vein (306.94 μm^2), the diameter of hepatocytes (9.03 μm), the area of hepatocytes (64.57 μm^2), the diameter of the hepatocyte nucleus (3.06 μm), the area of the hepatocyte nucleus (64.57 μm^2), the diameter of the sinusoid (7.54 μm), and the area of the sinusoid (45.35 μm^2).

Keywords: Liver, *Terminalia catappa*, *Aeromonas hydrophila*.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki wilayah perairan terluas di dunia. Berkat hal ini, produksi ikan di Indonesia juga cukup melimpah dan beragam. Bidang perikanan juga membuka peluang kerja bagi banyak individu dalam sektor penangkapan ikan, budidaya, pengolahan, distribusi serta perdagangan ikan. Sumber daya perikanan ini adalah sumber daya negara

yang perlu diatur dengan baik melalui penangkapan ikan serta budidaya perairannya. Sumber daya ikan yang lebih dikenal dengan istilah budidaya perairan merupakan kegiatan yang menghasilkan organisme yang hidup di air dalam kondisi yang teratur. Salah satu contoh dari hasil tersebut adalah ikan nila. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah jenis ikan air tawar yang memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi (Scabra et al., 2022).

Ikan nila menjadi salah satu dari 10 komoditas unggulan, maka dari itu proses pembudidayaan

merupakan salah satu faktor penting dalam menjamin mutu dan kualitas dari ikan nila. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pembudidayaan ikan nila yaitu kualitas air, pH, kekeruhan, serta suhu. pH yang ideal untuk budidaya ikan nila ialah antara 6,5 - 7,5.

Pembudidayaan ikan tidak terlepas dari masalah begitu juga dengan budidaya ikan nila, salah satu kendala utamanya ialah serangan penyakit karena dapat mengganggu hasil panen ikan bahkan berdampak seperti kematian total, penurunan produksi, dan penurunan kualitas air. Interaksi yang tidak seimbang antara lingkungan, ikan, dan mikroorganisme menjadi penyebab penyakit pada ikan. Persentase kematian ikan akibat serangan penyakit bakterial dapat menyentuh angka 50 - 100%, dan bahkan dapat menurunkan kualitas daging ikan yang terinfeksi karena borok atau luka, membuat minat konsumsi konsumen menjadi menurun. Bakteri *Aeromonas* sp. adalah salah satu bakteri patogen yang sering menjangkiti ikan budidaya air tawar. Bakteri ini biasanya hidup di lingkungan perairan dan dapat menyebabkan luka dengan pendarahan yang dikenal sebagai penyakit MAS (*Motile Aeromonad Septicemia*) pada ikan (Sinubu et al., 2022).

Motile Aeromonad Septicemia (MAS) adalah penyakit pada ikan yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila*, yang biasanya ditemukan di perairan tawar. Tanda-tanda infeksi *Aeromonas hydrophila* meliputi: kulit yang mudah terkelupas, munculnya bercak merah pada tubuh ikan, insang yang berwarna biru atau pucat, mata yang menonjol, sirip yang terlepas pada bagian punggung, dada, perut, dan ekor, serta pendarahan dari bagian anus, dan penurunan nafsu makan. (E. T. P. Sari et al., 2017). Namun, perubahan dalam lingkungan seperti perubahan suhu dapat membuat bakteri ini menjadi berbahaya. Infeksi dapat menyebar dengan sangat cepat, khususnya melalui kontak langsung dengan ikan yang terinfeksi.

Upaya yang sering dilakukan para pembudidaya ikan air tawar untuk menanggulangi penyakit ikan yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila*, yaitu dengan menggunakan antibiotik, namun penggunaan antibiotik dapat memberikan dampak negatif. Penggunaan antibiotik kurang dianjurkan untuk jangka panjang karena dapat berbahaya bagi ikan, karena dapat menyebabkan residu di dalam tubuh ikan dan dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif dalam menangani infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila*, misalnya dengan menggunakan bahan alami dari alam, salah satunya daun ketapang. Daun ketapang mengandung berbagai senyawa antibakteri termasuk flavonoid, alkaloid, tanin, triterpenoid/steroid, serta saponin. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Aminah et al., 2014) mengenai pengaruh ekstrak daun ketapang terhadap kelulushidupan

dan histopatologi ikan mas yang terinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* mendapatkan hasil bahwa ekstrak daun ketapang mampu menghambat bakteri *Aeromonas hydrophila* serta berpengaruh terhadap kelulushidupan dan histologi hati ikan mas. Histologi jaringan hati diketahui adanya kongesti, nekrosis, melanomakrofag, dan degenerasi vakuola. Dosis yang diberikan pada penelitian tersebut terhadap pengobatan ikan mas yang terinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* adalah 1500 ppm.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Wahjuningrum et al., 2008) mengenai pemanfaatan ekstrak daun ketapang sebagai pencegahan dan pengobatan ikan patin yang terinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* mendapatkan hasil bahwa, daun ketapang berpotensi sebagai antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Aeromonas hydrophila*. Dosis yang digunakan sebesar 60 g/l. Pada perlakuan pencegahan menunjukkan kadar hematokrit, jumlah sel darah putih, kadar hemoglobin dan limfosit meningkat pasca infeksi, respon makan baik, tidak terdapat gejala klinis pasca infeksi (Wahjuningrum et al., 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi kandungan dan khasiat ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) dalam memperbaiki morfologi dan histologi organ hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diakibatkan infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu mikroskop cahaya, *object glass*, *cover glass*, alat bedah, bak parafin, pipet tetes, gelas beaker, cawan petri, erlenmeyer, bunsen, timbangan analitik, inkubator, *shaker*, *hot plate*, tabung reaksi, jarum ose, autoklaf, spatula, gelas ukur, rak tabung, mikropipet, kamera, alat tulis, pH meter, akuarium, aerator, DO meter, *syringe*.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, ikan nila, bakteri *A. hydrophila*, akuades, spritus, kertas saring, alkohol 70%, kertas label, tisu, aluminium foil, masker, sarung tangan, Trypticase Soy Agar (TSA), Trypticase Soy Broth (TSB), kapas, spritus, NaCl, daun ketapang (*Terminalia catappa*), ethanol 70%, pakan ikan, RedBluedox.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan 6 perlakuan dan 4 pengulangan, dimana 6 perlakuan tersebut, yaitu:

Kontrol Normal (KN) = (tidak diinfeksi *A. hydrophila* dan tidak diberi ekstrak)

Kontrol Negatif (K-) = (diinfeksi *A. hydrophila* dan tidak diberi ekstrak)

Kontrol Positif (K+) = (diinfeksi *A. hydrophila* + Red Bluedox)

Perlakuan 1 (P1) = (diinfeksi *A. hydrophila* + 30 ppm ekstrak daun ketapang)

Perlakuan 2 (P2) = (diinfeksi *A. hydrophila* + 50 ppm ekstrak daun ketapang)

Perlakuan 3 (P3) = (diinfeksi *A. hydrophila* + 70 ppm ekstrak daun ketapang)

Prosedur Penelitian

Pembuatan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*)

Daun ketapang yang dipakai dalam penelitian ini adalah daun ketapang yang sudah gugur dari pohonnya karena daun ketapang ini memiliki sifat antibakteri yang lebih baik daripada daun ketapang segar. Daun ketapang ini kemudian dicuci dan dikeringkan lalu dihaluskan menggunakan blander. Serbuk halus daun ketapang ditimbang sebanyak 700 gram dan selanjutnya direndam (dimaserasi) dalam wadah toples bervolume 1 liter pelarut etanol 70% selama 2 hari pada suhu ruang. Hasil maserasi ekstrak tersebut disaring dengan menggunakan kertas saring agar terpisah dari bubuk daun. Ekstrak cair yang dihasilkan dari proses maserasi kemudian diuapkan dengan menggunakan evaporator untuk memisahkan pelarut dari ekstrak yang kental. Ekstrak daun ketapang yang diperoleh disimpan dalam wadah kaca kecil dan sudah siap digunakan untuk perawatan ikan percobaan (Yasani et al., 2024).

Persiapan Ikan Nila

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini berupa akuarium sebanyak 6 buah berukuran 40x40x60 cm. Akuarium yang telah disiapkan dicuci terlebih dahulu menggunakan air bersih yang mengalir. Akuarium yang telah dicuci kemudian diisi dengan air tawar yang berasal dari sumur, di setiap akuarium di ukur kualitas air awal, setiap akuarium dipasang aerasi. Ikan yang digunakan pada penelitian ini berukuran 8 cm dengan berat 5-10 gram dan berusia sekitar 1 bulan, masing-masing ikan dimasukkan pada setiap akuarium berjumlah 10 ekor. Benih yang digunakan di dapatkan dari budidaya ikan di Pancur Batu, Deli Serdang. Ikan nila yang akan digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu diaklimatisasi dalam akuarium pemeliharaan. Ikan diberi pakan dua kali sehari. Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari sebelum diberikan perlakuan agar ikan tidak stres (Levia et al., 2021).

Penginfeksian Ikan Nila dengan Bakteri *A. hydrophila*

Penginfeksian bakteri *A. hydrophila* pada ikan nila dilakukan dengan cara menginjektikan bakteri *A. hydrophila* melalui intramuskular (IM), uji tantang dilakukan dengan memasukkan ikan nila ke dalam akuarium dengan kepadatan 10 ekor/akuarium. Selanjutnya setiap ikan diinjeksikan bakteri *A. hydrophila* sebanyak 0,1 ml dengan jumlah kepadatan bakteri 10^7 CFU/ml dengan cara disuntik secara intramuskular yaitu pada bagian otot daging di punggung ikan. Setelah ikan diinfeksi oleh bakteri *A. hydrophila* kemudian ikan dilakukan pengamatan selama 7 hari untuk melihat gejala klinis terjadinya infeksi yang disebabkan oleh bakteri.

Perendaman Ekstrak Daun Ketapang

Perendaman dilakukan bertujuan untuk mengetahui kemampuan ekstrak daun ketapang dalam mengobati ikan nila yang terinfeksi *A. hydrophila*. Setelah muncul gejala klinis kemudian ikan yang terinfeksi direndam dalam 25 liter air per akuarium dan diberi terapi dengan ekstrak daun ketapang selama 12 jam. Setelah itu, ikan ditempatkan kembali di akuarium dan dipantau selama 14 hari (Anisa et al., 2024).

Pengamatan Morfologi Organ Hati Ikan Nila

Setelah dilakukan pengamatan selama 14 hari, kemudian dilanjutkan dengan proses pembedahan pada ikan untuk diambil hatinya. Pemeriksaan morfologi organ secara makroskopis. Pengamatan dilakukan meliputi perubahan warna, panjang, dan lebar hati pada setiap perlakuan.

Pembuatan Preparat Histologi Organ Hati Ikan Nila

Setelah dilakukan pengamatan morfologi, organ hati diambil dari ikan untuk pemeriksaan histopatologi, kemudian ditempatkan dalam botol film, dan diawetkan dengan formalin 10% untuk selanjutnya dibuat preparat histopatologi. Pembuatan preparat histologi organ hati dilakukan melalui metode parafin dan pewarnaan Hematoksin-Eosin (HE), prinsip pewarnaan HE adalah inti yang bersifat asam akan menarik zat/larutan yang bersifat basa sehingga akan berwarna biru. Sitoplasma bersifat basa dan akan menarik zat/larutan yang bersifat asam sehingga berwarna merah (El Rawy et al., 2025).

Pengamatan Histopatologi Organ Hati

Pengamatan dilakukan dibawah mikroskop dengan perbesaran 40X pada setiap 5 lapang pandang pada masing-masing kelompok perlakuan untuk pengamatan kerusakan hemorag (perdarahan), perbesaran 40X pada setiap 5 lapang pandang pada masing-masing kelompok perlakuan untuk pengamatan kerusakan degenerasi lemak, dan perbesaran 40X pada setiap 5 lapang pandang pada masing-masing kelompok perlakuan untuk

pengamatan nekrosis (kerusakan sel). Kemudian preparat hati diperiksa menggunakan metode skoring.

Dengan skor tingkat kerusakan:

Skor	Kerusakan
1	Normal
2	Hemoragi
3	Degenerasi Lemak
4	Nekrosis

Pengamatan histomorfometri hati ikan nila dilakukan dengan menggunakan mikroskop dengan mengukur diameter dan luas vena centralis, hepatosit, inti sel hepatosit, dan sinusoid. Pengukuran histomorfometri ini dilakukan dengan software *Image J*, setelah itu dihitung rata-rata diameter dan luas yang didapat.

Pengamatan Gejala Klinis Ikan Nila

Pengamatan gejala klinis dilakukan saat ciri-ciri klinis pada ikan muncul setelah terkena infeksi dari bakteri *A. hydrophila*, termasuk tingkah laku ikan nila yang terjangkit oleh bakteri tersebut.

No	Parameter	Metode	Analisis
1	Tingkah laku berenang	Perubahan gerakan renang didalam akuarium	Deskriptif
2	Tingkah laku makan	Respons ikan terhadap pakan yang diberikan	Deskriptif
3	Perubahan organ luar	Patologi mata, warna tubuh, sisik, dan sirip	Deskriptif

Pengamatan Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diamati pada media pemeliharaan ikan nila meliputi Suhu air, pH air, DO, kandungan Nitrat, kandungan Nitrit dan kandungan Amonia. Pada pengamatan pH dan Suhu dilakukan setiap hari selama masa penelitian yaitu pada pukul 09.00 dan 16.00, sedangkan untuk pengamatan kandungan DO, Amonia, Nitrat dan Nitrit dilakukan selama 10 hari sekali selama masa penelitian.

Kelulushidupan Ikan Nila

Tingkat kelangsungan hidup ikan nila ditentukan berdasarkan jumlah ikan yang diuji pada awal penelitian. Jumlah ikan yang masih hidup pada akhir penelitian kemudian dibandingkan dengan jumlah ikan yang diuji. Tingkat kelangsungan hidup bisa dihitung menggunakan rumus (Balqis et al., 2021) sebagai berikut:

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan:

SR = Kelulushidupan

N_t = Jumlah ikan hidup pada akhir penelitian (ekor)

N_0 = Jumlah ikan hidup pada awal penelitian (ekor)

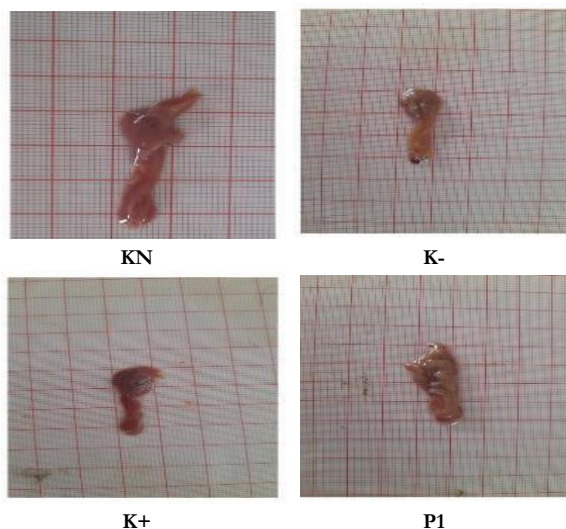
Analisis Data

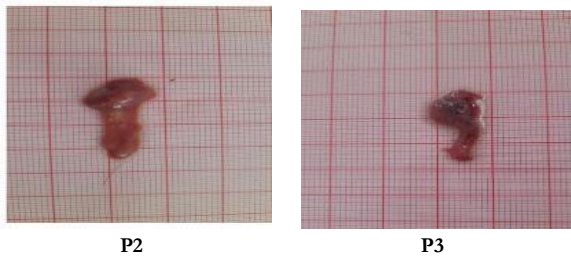
Data yang didapat dari penilaian histopatologi dan pengukuran histofotometri dianalisis menggunakan analisis varian satu arah (ANOVA) dengan bantuan SPSS. Dalam kasus terdapat perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) maka dilakukan uji lanjut Duncan agar dapat membandingkan perlakuan antar kelompok kontrol. Data yang didapat kemudian disajikan dalam bentuk deskriptif dan kuantitatif. Sebagai data pendukung, dilakukan pegamatan gejala klinis, pengukuran parameter kualitas air pada media uji, yaitu suhu, pH, DO, nitrat, nitrit dan amonia, kelulushidupan ikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Morfologi Hati Ikan Nila

Analisis makroskopik terhadap morfologi organ hati dilakukan untuk mengetahui dampak perendaman ekstrak daun ketapang terhadap gambaran morfologi organ hati ikan nila yang meliputi perubahan warna, panjang, dan lebar hati. Pengamatan patologi anatomi organ luar ikan nila setelah dilakukan uji tantang dengan menggunakan bakteri *A. hydrophila* menunjukkan beberapa perubahan pada ikan yang terinfeksi oleh bakteri yang menunjukkan perubahan warna pada hati menjadi berwarna pucat, bentuk tidak normal (bengkak atau tidak utuh) dan konsistensinya menurun (Hidayat et al., 2023). Hasil pengamatan makroskopis dapat dilihat pada gambar dibawah ini.





Gambar 1. Pengamatan Morfologi Hati Ikan Nila

Ket: (KN): Kontrol Normal, (K-): Kontrol Negatif, (K+): Kontrol Positif, (P1): Perlakuan 1, (P2): Perlakuan 2, (P3): Perlakuan 3

Tabel 1. Hasil pengamatan Morfologi Hati Ikan Nila

Perlakuan	Parameter Pengamatan	
	Hati Berwarna Kuning	Hati Mudah Rapuh
KN	–	–
K-	√	√
K+	–	√
P1	√	√
P2	–	√
P3	–	√

Keterangan: Morfologi Organ Hati Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) . KN (tanpa perlakuan), K- (Bakteri *Aeromonas hydrophila*), K+ (*Aeromonas hydrophila* + Redbluedox), P1 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 30 ppm), P2 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 50 ppm), P3 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 70 ppm), (–) (Tidak terdapat perubahan), (√) (Terdapat perubahan).

Berdasarkan hasil pengamatan organ hati pada seluruh kelompok perlakuan didapatkan hasil yang berbeda dari setiap kelompok perlakuan, dimana pada organ hati normal KN tanpa perlakuan umumnya memiliki warna hati merah yang segar. Pada K- organ yang terinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* memiliki warna yang lebih pucat dan warna kekuningan. Menurut (Kistianingrum et al., 2021) perubahan makroskopis organ hati yang terinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* hati akan terlihat membengkak berwarna kuning, dan mudah rapuh. Perubahan warna hati dikarenakan infeksi dari *Aeromonas hydrophila*, hati perlu menyimpan dan menetralkan peningkatan jumlah limbah dan proses metabolisme. Racun yang dihasilkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* secara ekstraseluler berbahaya bagi ikan dan bisa menyebabkan perubahan warna serta struktur organ yang terinfeksi. Hati merupakan organ vital yang sangat terpengaruh oleh *Aeromonas hydrophila*. Organ ini memainkan peran penting dalam mempertahankan fungsi kehidupan termasuk metabolisme (Hakim et al., 2025).

Pengamatan pada K+ dengan perendaman obat komersial ikan terlihat perubahan warna pada organ hati memiliki warna merah, terdapat perubahan yang sangat jelas antara perlakuan K- dengan K+, hal ini dikarenakan

pada K+ dengan perendaman obat komersial ikan (Redbluedox) mengandung kandungan aktif seperti *Methylene blue* yang bersifat antibakteri. Obat ini memiliki banyak fungsi, seperti mencegah dan menyembuhkan penyakit pada ikan, mencegah infeksi dalam proses penetasan telur, serta membantu mempercepat pemulihan dari stress. Sebagai zat pewarna dan antimikroba, metilen biru mampu berinteraksi dengan struktur sel pada bakteri, menghentikan respirasi, menghambat pertumbuhannya, sehingga dapat digunakan untuk merawat ikan yang sakit (Kurniawinata et al., 2024). Pengamatan pada P1 dengan dosis ekstrak daun ketapang 30 ppm hati terlihat masih berwarna kuning pucat, pengamatan P2 dengan dosis ekstrak daun ketapang 50 ppm warna pada hati mulai berubah menjadi merah sedikit pucat, sedangkan pengamatan pada P3 dengan dosis ekstrak daun ketapang 70 ppm dapat dilihat perubahan warna hati menjadi berwarna merah muda. Terdapat perbedaan warna yang terlihat pada gambar 1. antara K- yang hanya diinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan perlakuan yang diberikan perendaman ekstrak daun ketapang. Dimana perendaman ekstrak daun ketapang dengan tingkatan dosis yang berbeda menunjukkan hasil yang terlihat jelas pada perubahan warna hati, hal ini dikarenakan adanya bahan aktif yang terkandung pada ekstrak daun ketapang mengandung flavonoid, alkaloid, saponin dan tanin. Flavonoid memiliki efek anti-inflamasi dan berinteraksi dengan ikatan protein pada bakteri melalui ikatan hidrogen. Hal ini mengakibatkan kerusakan pada struktur protein bakteri, mengganggu stabilitas dinding sel dan membran plasma, sehingga menyebabkan lisis pada bakteri. Alkaloid bersifat antibakteri karena merusak dinding sel bakteri, yang menghambat proses pembelahan sel. Tanin memberikan efek antibakteri dengan cara mengendapkan protein. Mekanisme antibakterinya meliputi reaksi dengan membran sel, inaktivasi enzim, serta inaktivasi DNA bakteri (Aminah et al., 2014).

Tabel 2. Hasil Pengamatan Panjang dan Lebar Hati

Perlakuan	Panjang Hati (cm)	Lebar Hati (cm)
KN	3,80±0,35	1,00±0,0
K-	3,60±0,87	0,95±0,1
K+	3,62±0,35	1,00±0,0
P1	2,87±0,38	0,90±0,11
P2	3,37±0,59	1,00±0,0
P3	3,65±0,46	1,00±0,0

Keterangan : SD : Standar Deviasi, KN (normal tidak diberikan perlakuan), K- (pemberian bakteri *Aeromonas hydrophila*), K+ (bakteri *Aeromonas hydrophila* + Red

Bluedox), P1 (bakteri *Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 30 ppm), P2(bakteri *Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 50 ppm), P3 (bakteri *Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 70 ppm). ^aNotasi angka yang diikuti huruf yang sama di dalam kolom menunjukkan tidak terdapat perbedaan secara signifikan($P>0,05$).

Berdasarkan hasil nilai rata-rata panjang dan lebar hati menunjukkan bahwa kelompok KN memiliki nilai rata-rata panjang dan lebar yang paling besar diantara kelompok lainnya, sedangkan pada kelompok P1 memiliki nilai rata-rata panjang dan lebar terkecil. Pada kelompok K+ memiliki nilai rata-rata panjang dan lebar paling besar dibanding dengan perlakuan K- yang memiliki nilai rata-rata panjang dan lebar yang kecil. Kelompok P3 memiliki nilai rata-rata lebar yang sama besar dengan P2, namun P3 memiliki nilai rata-rata panjang yang kecil dibandingkan dengan P4 yang memiliki nilai rata-rata panjang yang besar. Berdasarkan hasil uji *One way ANOVA* pada pengamatan panjang dan lebar organ hati ikan nila, menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata pada taraf signifikan ($p>0,05$), yang menunjukkan bahwa penginfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* dan perendaman *red bluedox* serta ekstrak daun ketapang tidak berpengaruh nyata terhadap panjang dan lebar hati ikan nila pada semua kelompok perlakuan.

Pengamatan Histopatologi Hati Ikan Nila

Tabel 3. Hasil Skoring Histopatologi Hati Ikan Nila

Kelompok	Skor Hemoragi \pm SD	Skor Degenerasi Lemak \pm SD	Skor Nekrosis \pm SD
KN	5,25 \pm 0,50 ^a	5,50 \pm 1,00 ^a	5,75 \pm 1,50 ^a
K-	10,0 \pm 0,00 ^d	13,5 \pm 1,91 ^c	19,25 \pm 1,50 ^e
K+	7,50 \pm 1,00 ^b	9,00 \pm 1,63 ^b	10,25 \pm 1,50 ^b
P1	8,75 \pm 0,50 ^c	11,0 \pm 2,30 ^{bc}	15,50 \pm 1,73 ^d
P2	8,25 \pm 0,95 ^{bc}	11,0 \pm 0,00 ^{bc}	14,00 \pm 2,44 ^{cd}
P3	7,75 \pm 0,50 ^{bc}	9,50 \pm 3,00 ^b	11,00 \pm 4,24 ^{bc}

P = Value **P = 0,000**

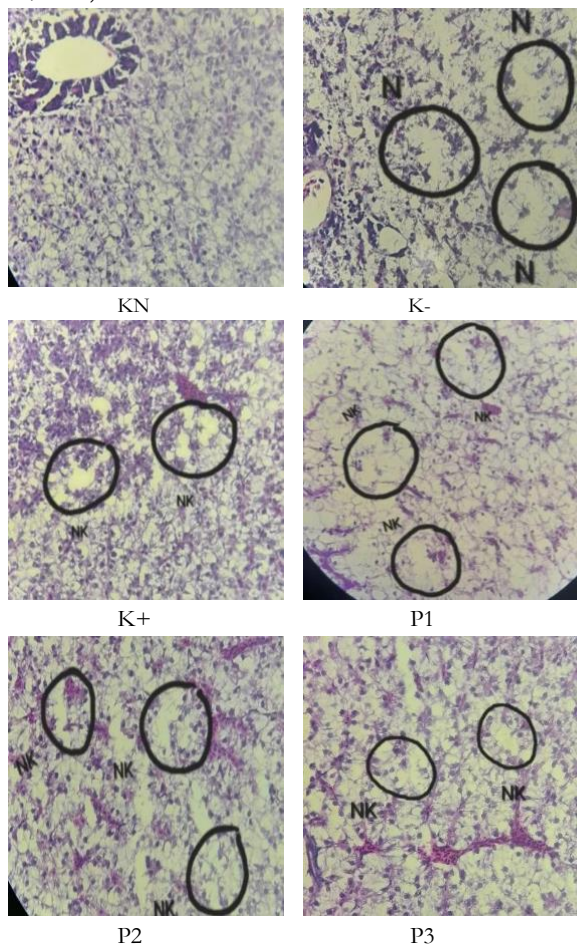
Ket : SD : Standar Deviasi, KN (tanpa perlakuan), K- (Bakteri *Aeromonas hydrophila*), K+ (*Aeromonas hydrophila* + Redbluedox), P1 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 30 ppm), P2 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 50 ppm), P3 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 70 ppm). Notasi angka yang diikuti huruf yang sama di dalam kolom menunjukkan perbedaan secara signifikan($P<0,05$).

Berdasarkan tabel 3. pengamatan terhadap skor nekrosis, degenerasi lemak, dan hemoragi terdapat perbedaan nyata dengan nilai $P=0,000$. Hal ini

menunjukkan bahwa penginfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* dan perendaman ekstrak daun ketapang memberikan pengaruh nyata terhadap organ hati ikan nila. Analisis lebih lanjut dilakukan untuk mengetahui perbedaan terhadap perlakuan dengan uji *Duncan*. Kelompok KN parameter Hemoragi (5,25 \pm 0,50), Degenerasi Lemak (5,50 \pm 1,0), dan Nekrosis (5,75 \pm 1,50) sedangkan K- dengan parameter Hemoragi (10,0 \pm 0,00) Degenerasi Lemak (13,5 \pm 1,91), dan Nekrosis (19,25 \pm 1,50) dengan penginfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* melalui intra muskular. Hal ini menunjukkan bahwa penginfeksi *Aeromonas hydrophila* dengan dosis 0,1 ml dapat merusak jaringan organ hati ikan nila. K+ (perendaman obat komersial) menunjukkan nilai hemoragi (7,50 \pm 1,0) degenerasi lemak (9,00 \pm 1,63) dan nekrosis (10,25 \pm 1,5) memiliki perbedaan terhadap kelompok K+ dimana pada K+ nilai dari hemoragi, degenerasi lemak, dan nekrosis terjadi penurunan nilai kerusakan pada histologi hati ikan yang diakibatkan oleh *Aeromonas hydrophila*. Pengamatan pada kelompok P1 (ekstrak 30 ppm) menunjukkan nilai hemoragi (8,75 \pm 0,50) degenerasi lemak (11,0 \pm 2,30) dan nekrosis (15,50 \pm 1,73). Kelompok P1 memiliki nilai kerusakan histologi yang besar, dimana pada kelompok P1 dosis yang digunakan terlalu kecil sehingga efektivitas ekstrak dalam menurunkan kerusakan menjadi rendah, tetapi memiliki perbedaan terhadap K-. Pengamatan pada kelompok P2 (ekstrak 50 ppm) menunjukkan nilai hemoragi (8,25 \pm 0,95) degenerasi lemak (11,0 \pm 0,00) dan nekrosis (14,00 \pm 2,44). Kelompok P2 memiliki nilai kerusakan yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok P1. Dengan demikian kelompok P2 mampu menurunkan tingkat kerusakan skoring hati ikan nila tetapi belum menghasilkan pemulihan jaringan hati secara maksimal. Pengamatan pada kelompok P3 (ekstrak 70 ppm) menunjukkan nilai hemoragi (7,75 \pm 0,50) degenerasi lemak (9,50 \pm 3,00) dan nekrosis (11,00 \pm 4,24). Kelompok P3 memiliki penurunan pada kerusakan skoring hati ikan nila dibandingkan dengan P1 dan P2 tetapi jika dibandingkan dengan K+ penurunan jumlah skoring lebih rendah pada kelompok K+. Pada perlakuan perendaman ekstrak daun ketapang kelompok P3 memiliki efektivitas yang paling baik dalam memperbaiki kerusakan hati ikan nila yang diakibatkan oleh *Aeromonas hydrophila*.

(Aminah et al., 2014) dalam penelitiannya mengenai histologi hati ikan mas yang diinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* mengatakan bahwa kerusakan pada jaringan hati terjadi karena enzim eksotosin yang dihasilkan oleh *Aeromonas hydrophila* yang menyerang ikan mas dan menyebabkan gangguan fungsi hati. Gangguan fungsi hati tersebut disebabkan oleh peningkatan sensitivitas hati terhadap perubahan sel dibandingkan organ dalam lainnya. Organ hati ikan nila memiliki fungsi

utama dalam metabolisme serta indikator kesehatan fisiologis yang dapat diamati melalui enzim SGPT dan SGOT. Infeksi mikroorganisme dapat mengganggu fungsi kerja hati yang berkaitan dengan aktivitas detoksifikasi dan metabolisme senyawa dalam tubuh. Hal ini menegaskan bahwa hati berperan penting sebagai organ biotransformasi zat asing dari luar (Hidayaturrahmah et al., 2015).



Gambar 2. Nekrosis Jaringan Hati Ikan Nila

Nekrosis adalah proses kematian sel yang disertai dengan pecahnya membran sel. Proses ini terjadi karena penumpukan lipid yang berlebihan, yang menimbulkan kematian pada sel-sel hati. Nekrosis dimulai dengan terjadinya respon peradangan di hati yang menimbulkan pembengkakan pada hepatosit dan kematian jaringan. Adanya nekrosis menyebabkan reaksi peradangan pada jaringan di sekitarnya yang masih sehat (Dewi et al., 2023).

Pada gambar 2. Dapat dilihat melalui pewarnaan HE pada jaringan hati ikan nila yang menunjukkan inti sel mengecil hingga mengakibatkan inti sel menghilang. Setelah infeksi dari *Aeromonas hydrophila* melalui injeksi intramuskular, bakteri terlebih dahulu berkembang didalam otot sehingga menyebabkan lesi ulserasi kulit (luka terbuka) dengan peradangan fokal (bercak darah) dan

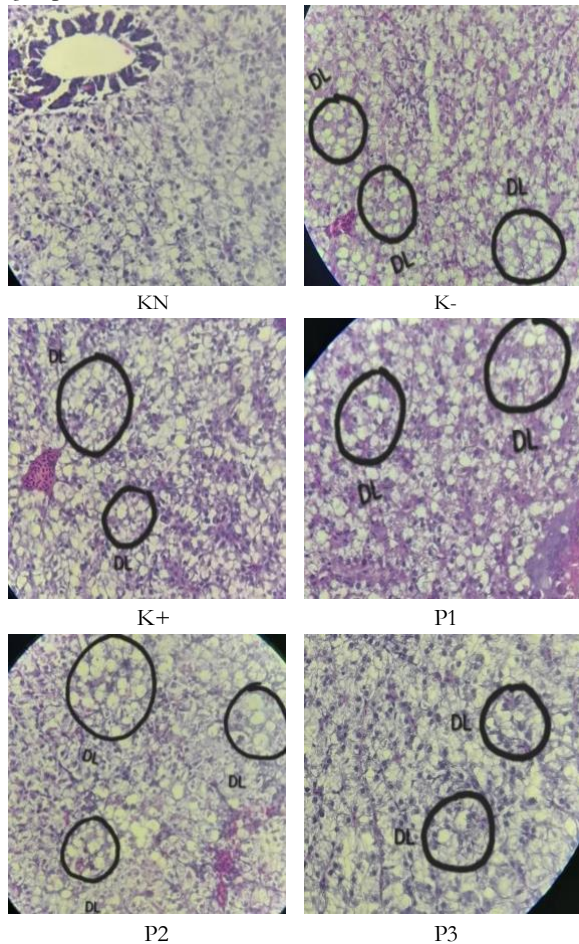
peradangan, kemudian masuk kedalam sirkulasi darah dan menyebar ke dalam organ internal termasuk hati. Susunan dari hepatosi di hati menunjukkan beberapa sel dengan vakuolisasi dan nekrosis parah, di mana toksin dan produk ekstraseluler diproduksi oleh *Aeromonas hydrophila* seperti hemolysin, protease, dan elastase yang menyebabkan nekrosis parah pada hati (Alyahya et al., 2018).

Dalam penelitian (Jamin & Erlangga, 2016) menjelaskan terjadinya nekrosis diawali dengan reaksi peradangan hati berupa pembengkakan hepatosi dan kematian jaringan. Sejalan dengan itu pada penelitian (Salikin & Prayitno, 2014), juga menyatakan penyebab kematian sel pada hati terjadi akibat tindakan sitolitik atau fagositik dari limfosit atau histiosit, yang mengarah pada penyusutan atau pengurangan ukuran inti sel secara keseluruhan. (Yardimci & Aydin, 2011) dalam penelitiannya dengan menggunakan ikan nila yang terinfeksi oleh *Aeromonas hydrophila* penyebab terjadinya nekrosis pada hati ikan nila dilaporkan terkait dengan toksin dan produk ekstraseluler seperti hemolysin, protease, dan elastase yang diproduksi oleh *Aeromonas hydrophila*.

Pada tabel 3. P3 merupakan kelompok perlakuan dengan skor terendah dibanding kelompok lainnya mendekati skor K+ hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun ketapang dengan konsentrasi 70 ppm memiliki potensi yang sama dengan obat komersial (K+) dalam menurunkan kerusakan nekrosis akibat *Aeromonas hydrophila*. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis ekstrak yang diberikan maka semakin optimal juga pengaruh yang diberikan ekstrak tersebut dalam menyembuhkan kerusakan pada sel hati ikan nila, hal ini sejalan dengan penelitian (El Rawy et al., 2025) yang menyatakan bahwa efektivitas penyembuhan dari ekstrak sejalan dengan meningkatnya dosis kandungan ekstrak.

Ekstrak daun ketapang yang diberikan mengandung flavonoid, saponin, dan tanin yang baik sebagai antibakteri. Flavonoid mampu merusak struktur dan fungsi membran sel bakteri sehingga menyebabkan rusaknya permeabilitas dinding sel bakteri. Selain itu flavonoid juga berinteraksi dengan protein dinding sel dan enzim bakteri, sehingga menghambat aktivitas enzimatik yang penting dalam metabolisme mikroorganisme. Kemudian, Tanin sebagai antibakteri bekerja dengan cara mengaglutinasi sel-sel sitoplasma di dalam bakteri, kemudian mengganggu permeabilitas dan akhirnya merusak struktur dan metabolisme selnya. Tanin dan flavonoid juga dapat merusak peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga mengganggu pertumbuhan bakteri. Setelah itu, kerja dilanjutkan oleh zat aktif yang disebut saponin yang bekerja sebagai jalur masuk bagi racun menuju sel bakteri dengan menghilangkan penutupan sel sitoplasma yang sebelumnya tertutup oleh tanin (Purba et al., 2020). Penelitian sebelumnya oleh

(Maftuch et al., 2016) yang memanfaatkan ekstrak kulit kayu ketapang pada analisis histologi ikan mas yang terinfeksi *Aeromonas hydrophila* menunjukkan bahwa senyawa aktif dari ekstrak kulit kayu ketapang mampu menurunkan dan mencegah nekrosis oleh *Aeromonas hydrophila*.



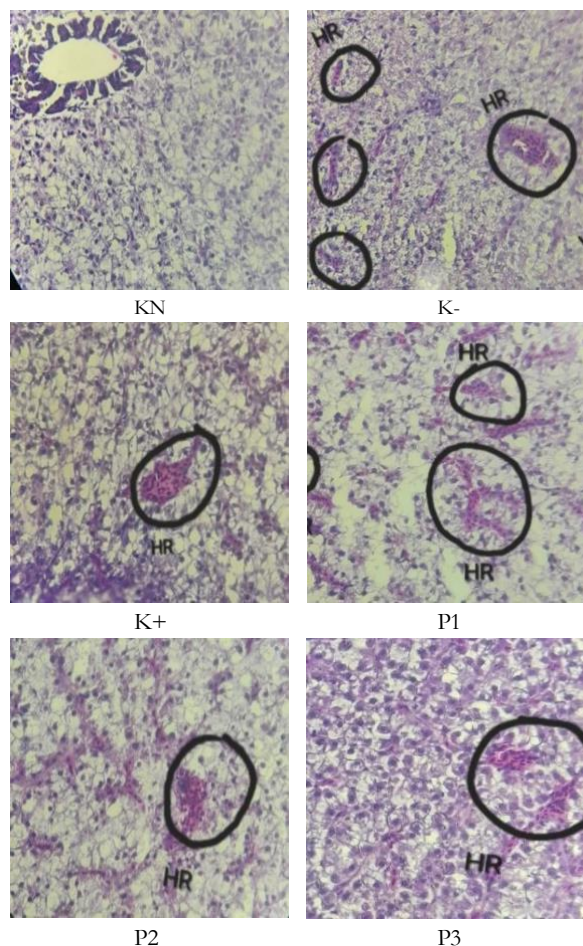
Gambar 3. Degenerasi Lemak Jaringan Hati Ikan Nila

Gambar 3 menunjukkan terjadinya degenerasi lemak yang terdapat pada jaringan hati ikan nila. Kerusakan degenerasi lemak pada gambar di atas menunjukkan adanya gelembung-gelembung yang berada di dalam sitoplasma dari sel hepatosit sehingga mengakibatkan nukleus berada di tepi dan tidak berada di tengah. (Prasetio et al., 2015) dalam penelitiannya terhadap ikan tengodak (*Barbonymus schwanenfeldii*) yang diinfeksi dengan bakteri *Aeromonas hydrophila* menyatakan bahwa degenerasi lemak yang terjadi karena jaringan hati yang rusak terisi oleh lemak, sehingga pada waktu diwarnai dalam proses histologi, bagian yang terisi lemak tersebut tampak kosong dengan batas yang jelas. Pengurangan lemak yang terjadi di jaringan hati ikan adalah reaksi yang muncul akibat penumpukan lemak yang berlebihan di dalam sel, yang menyebabkan sel tidak mampu lagi menghancurkannya (Juanda et al., 2023). Menurut (Suriyadin et al., 2025), dampak lain dari degenerasi hidropik adalah degenerasi lemak, di mana sel-

sel tidak dapat memproses lemak dengan baik, sehingga mengakibatkan akumulasi lemak.

Pada tabel 3. Perlakuan perendaman ekstrak daun ketapang dengan dosis 70 ppm (P3) memiliki skor degenerasi lemak ($9,50 \pm 3,00$). Hal ini menunjukkan bahwa pada P3 perendaman ekstrak daun ketapang dengan dosis 70 ppm merupakan kelompok yang paling berpengaruh dalam memulihkan kerusakan yang diakibatkan oleh *Aeromonas hydrophila* selain penggunaan obat komersial.

Ekstrak daun ketapang yang mengandung senyawa aktif seperti flavonoid, tanin, dan saponin berperan sebagai imunostimulan alami yang mampu meningkatkan respons fisiologis ikan nila setelah infeksi bakteri. Pemberian ekstrak dalam pakan terbukti meningkatkan parameter hematologi dan aktivitas fagositosis, yang menunjukkan perbaikan fungsi organ termasuk hati sebagai pusat metabolisme lemak. Mekanisme ini berkaitan dengan kemampuan flavonoid sebagai antioksidan yang menekan stres oksidatif, serta tanin dan saponin yang bersifat antibakteri sehingga menurunkan beban infeksi. Dengan berkurangnya infeksi dan stres oksidatif, proses degenerasi lemak pada hepatosit dapat ditekan dan jaringan hati mengalami pemulihan fungsi secara bertahap (Suhendri et al., 2025).



Gambar 4. Hemoragi Hati Ikan Nila

Perdarahan (Hemorage) disebabkan kerusakan pembuluh darah akibat infeksi *Aeromonas hydrophila* yang beredar di dalamnya. Pada tabel 3. K- memiliki nilai hemoragi tinggi yang disebabkan oleh *Aeromonas hydrophila*. Perdarahan bisa terjadi karena kerusakan pada pembuluh darah yang disebabkan oleh patogen yang ada dalam aliran darah. (Andayani et al., 2018) mencatat dalam studinya bahwa bercak berdarah terlihat pada lapisan selaput lendir atau jaringan serosa organ tubuh. Dalam situasi perdarahan yang parah, muncul purpura, dan sel darah merah tampak berada di luar pembuluh darah. Menurut (Fransiska et al., 2024) dalam penelitiannya mengatakan bakteri *Aeromonas hydrophila* merupakan mikroba berbahaya yang dapat memproduksi toksin hemolysin, yang bisa menyebabkan terjadinya pendarahan. Toksin hemolysin ini mampu merusak sel darah merah, sehingga sel darah merah keluar dari pembuluh darah dan mengakibatkan warna menjadi merah.

Aeromonas hydrophila menghasilkan berbagai faktor virulensi seperti hemolisin, aerolisin, dan protease yang berperan dalam merusak jaringan inang. Toksin hemolitik mampu melisis eritrosit dan merusak sel endotel pembuluh darah. Kerusakan ini menyebabkan peningkatan permeabilitas vaskular dan kebocoran darah ke jaringan sekitarnya, yang secara histopatologis terlihat sebagai hemoragi. Selain itu, enzim proteolitik mempercepat degradasi matriks jaringan sehingga memperparah kerusakan pembuluh darah (Walle et al., 2011). Toksin yang dihasilkan *Aeromonas hydrophila*, seperti aerolisin, bekerja dengan membentuk pori pada membran sel, menyebabkan lisis sel dan kerusakan jaringan. Pada pembuluh darah, efek ini mengakibatkan kerusakan sel endotel dan gangguan integritas vaskular. Selain itu, respons imun inang menghasilkan radikal bebas dan mediator inflamasi yang memperparah kerusakan jaringan, sehingga meningkatkan risiko terjadinya hemoragi (Rebl et al., 2008).

RedBluedox memberikan pengaruh pada skor pendarahan yang paling rendah ($7,50 \pm 1,00$) yang memberikan pengaruh penyembuhan yang baik pada sel sel ikan nila yang mengalami kondisi pendarahan. Kelompok P3 (ekstrak 70 ppm) memiliki skor ($7,750 \pm 0,500$). Dimana pada P3 skor rata-rata kerusakan hemoragi menjadi yang terendah dibanding 2 kelompok perlakuan lainnya dan mendekati skor K+ yang menggunakan obat antibakteri komersil. Hal ini terjadi karena adanya senyawa aktif di dalam daun ketapang, senyawa aktif ini terakumulasi seiring dengan peningkatan dosis ekstraknya yang ikut meningkatkan kandungan senyawa aktifnya. Semakin tinggi kadar suatu senyawa antibakteri, semakin banyak zat tersebut berfungsi

sebagai antibakteri dan karenanya meningkatkan kemampuannya dalam membasmi bakteri (Andayani et al., 2020).

Ekstrak daun ketapang mengandung flavonoid, tanin, dan saponin berfungsi sebagai imunostimulan dan antibakteri yang mampu meningkatkan respon pertahanan ikan terhadap infeksi bakteri. Peningkatan parameter hematologi seperti eritrosit, hemoglobin, dan aktivitas fagositosis menunjukkan adanya perbaikan kondisi fisiologis darah dan jaringan. Mekanisme ini berkaitan dengan kemampuan senyawa aktif dalam menekan pertumbuhan bakteri serta memperbaiki kerusakan jaringan pembuluh darah dan lisis sel, sehingga kondisi patologis seperti hemoragi dapat berkurang seiring dengan pulihnya integritas pembuluh darah dan jaringan organ (Suhendri et al., 2025).

Pengamatan Histomorfometri Hati Ikan Nila

Tabel 4. Diameter dan Luas Vena Sentralis

Kelompok	Diameter Vena	Luas Vena
	Centralis \pm SD	Centralis \pm SD
KN	$14,99 \pm 1,00^a$	$181,33 \pm 21,53^a$
K-	$27,29 \pm 0,74^c$	$640,00 \pm 57,47^c$
K+	$16,90 \pm 2,29^a$	$233,96 \pm 62,54^a$
P1	$24,48 \pm 1,68^d$	$492,79 \pm 58,54^d$
P2	$22,22 \pm 1,11^c$	$393,96 \pm 37,87^c$
P3	$19,54 \pm 1,20^b$	$306,94 \pm 36,55^b$
P = Value	P = 0,000	P = 0,000

Keterangan : SD : Standar Deviasi, KN (tanpa perlakuan), K- (Bakteri *Aeromonas hydrophila*), K+ (*Aeromonas hydrophila* + Redbluedox), P1 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 30 ppm), P2 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 50 ppm), P3 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 70 ppm). Notasi angka yang diikuti huruf yang sama di dalam kolom menunjukkan perbedaan secara signifikan ($P < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 4. Pengamatan diameter Vena Centralis pada setiap kelompok perlakuan dimana pada KN ($14,99 \pm 1,00$) memiliki ukuran yang kecil dibandingkan dengan K- dengan nilai ($27,29 \pm 0,74$) sedangkan pada pengamatan luas vena centralis KN memiliki luas sebesar ($181,33 \pm 21,53$) dan K- memiliki nilai sebesar ($640,00 \pm 57,47$) dimana pada kelompok K- mengalami peningkatan ukuran diameter dan luas vena centralis pada jaringan hati ikan nila. Hal ini disebabkan terjadinya infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Aeromonas hydrophila*.

Hati merupakan organ yang paling terkait dengan detoksifikasi, metabolisme, sintesis protein serum, detoksifikasi karena fungsi, lokasi, dan suplai

darahnya (Al-shamari et al., 2024). Pada vena centralis yang terinfeksi oleh *Aeromonas hydrophila* akan mengalami penyubatan pada bagian pembuluh darah (vena hepatica). Jika hambatan ini berlangsung lama, sel-sel di hati akan tampak mati akibat beban dan terganggunya pasokan gizi. Hal ini disebabkan oleh darah yang mengalir dari tepi lobulus hati menuju pusat (vena sentral) telah kehilangan nutrisi ketika tiba di pusat lobulus, yang berujung pada kekurangan gizi di bagian tengah lobulus (Sukarni et al., 2012). Hal ini juga juga dijelaskan pada penelitian (Ningrum & Abdulgani, 2014), Kerusakan pada vena sentral dapat terjadi akibat penumpukkan darah yang terlalu banyak. Kondisi ini dapat mengakibatkan peningkatan kadar zat berbahaya yang lebih tinggi, yang menjadi alasan terjadinya kerusakan pada vena sentral. Sedangkan pada jaringan hati normal sinusoid terlihat jelas dan vena sentralis sebagai pusat lobulus terlihat berbentuk bulat dan kosong (Jamin & Erlangga, 2016).

Pengamatan pada Tabel 4. terlihat bahwa pada kelompok perlakuan K+, P1, P2, dan P3 terlihat berbeda nyata yang menunjukkan perendaman ekstrak daun ketapang berpengaruh nyata terhadap penurunan diameter dan luas dari vena sentralis. Pada K+ dengan pemberian obat komersial menghasilkan ukuran diameter vena sentralis sebesar (16,90±2,29) dan luas (233,96±62,54). secara statistik K+ mendekati dengan KN, yang menunjukkan bahwa perendaman menggunakan obat komersial dapat menurunkan angka pelebaran dari diameter vena sentralis dikarenakan pada K+ terdapat zat pewarna antiseptik yaitu *methylene blue* yang berfungsi sebagai agen redoks yang mengganggu proses metabolik dari respirasi sel bakteri. Pengamatan pada kelompok P3 (ekstrak daun ketapang 70 ppm) memiliki angka penurunan diameter dan luas yang lebih kecil dibandingkan dengan P1 dan P2. Dimana pada P3 memiliki nilai diameter (19,54±1,20) dan luas (306,94±36,55) dimana pada uji lanjut duncan P3 memiliki angka yang mendekati dengan K+ hal ini menunjukkan bahwa dosis 70 ppm hampir sama dengan obat komersial ikan dalam menurunkan diameter dan luas vena sentralis akibat infeksi *Aeromonas hydrophila*.

Ekstrak daun ketapang memiliki zat kimia yang bersifat antibakteri yaitu flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, fenol. Flavonoid menghalangi perkembangan bakteri dengan merusak struktur dinding sel, menonaktifkan enzim, mengikat adhesin, dan menyerang membran sel. Cincin beta serta kelompok -OH yang ada pada flavonoid dipandang sebagai elemen yang bertanggung jawab atas sifat antibakteri, sedangkan tanin mengecilkan ukuran membran sel bakteri, yang mengubah membran sitoplasma serta tingkat permeabilitasnya. Akibatnya, sel-sel tersebut tidak dapat menjalankan fungsi pentingnya, sehingga menghambat

perkembangan bakteri atau bahkan membunuhnya. diameter dan luas vena sentralis yang di akibatkan oleh *Aeromonas hydrophila* (Wibowo et al., 2022).

Tabel 5. Diameter dan Luas Hepatosit

Kelompok	Diameter	Luas
	Hepatosit ± SD	Hepatosit ± SD
KN	5,84±0,33 ^a	27,27±3,35 ^a
K-	14,12±0,70 ^e	155,73±15,65 ^e
K+	8,65±0,44 ^b	59,42±6,08 ^b
P1	12,15±0,27 ^d	116,49±5,28 ^d
P2	11,20±0,24 ^c	99,00±4,43 ^c
P3	9,03±0,17 ^b	64,57±2,62 ^b
P = Value	P = 0,000	P = 0,000

Keterangan : SD : Standar Deviasi, KN (tanpa perlakuan), K- (Bakteri *Aeromonas hydrophila*), K+ (*Aeromonas hydrophila* + Redbluedox), P1 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 30 ppm), P2 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 50 ppm), P3 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 70 ppm). Notasi angka yang diikuti huruf yang sama di dalam kolom menunjukkan perbedaan secara signifikan (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 5. didapatkan perbedaan antara kelompok KN dengan nilai diameter hepatosit (5,84±0,33) luas hepatosit (27,27±3,35) dan kelompok K- dengan nilai diameter hepatosit (14,12±0,70) dan luas hepatosit (155,73±15,65). Hal ini membuktikan bahwa penginfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan nila menyebabkan pelebaran diameter dan luas hepatosit. (Nikiforov-nikishin et al., 2025) dalam penelitiannya menggunakan ikan trout pelangi (*Oncorhynchus mykiss*) yang terinfeksi oleh *Aeromonas salmonicida* menyatakan bahwa kerusakan hati ditandai dengan ruang antar sel yang melebar dan hepatosit yang menunjukkan pleomorfisme nukleus sedang serta vakuola sitoplasma yang membulat. (Alyahya et al., 2018) menyatakan bahwa penyakit kronis yang diakibatkan oleh *Aeromonas hydrophila* telah menyebabkan lesi ulserasi kulit (luka terbuka) dengan perdarahan fokal dan peradangan. Susunan hepatosit di hati telah menunjukkan beberapa sel dengan vakuolisasi dan nekrosis parah. (Lv et al., 2025) menggunakan ikan mas rumput dalam penelitiannya menjelaskan bahwa infeksi *Aeromonas hydrophila* memberikan pembengkakan hepatosit dan vakuolisasi pada ikan mas rumput dan menyebabkan degenerasi vakuolar dengan konsolidasi nuklir dan akumulasi hemoflavin besi pada ikan nila.

Pengamatan pada tabel 5. menunjukkan bahwa diameter dan luas hepatosit pada kelompok perlakuan K+, P1, P2, P3 berbeda nyata dengan KN. pada K+

dengan perlakuan obat komersial mendapatkan nilai diameter ($8,65 \pm 0,44$) dan luas ($59,42 \pm 6,08$) hal ini menunjukkan penurunan pada pelebaran diameter hepatosit dan luas hepatosit. Redbluedox merupakan obat antiseptik komersial yang sering digunakan untuk mengobati ikan budidaya air tawar, obat ini memiliki kandungan *methylene blue* yang berfungsi sebagai antibakteri. Pengamatan pada perlakuan P2 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan P1, P2 memiliki nilai diameter ($11,20 \pm 0,24$) dan luas ($99,00 \pm 4,43$) sedangkan P1 memiliki nilai diameter ($12,15 \pm 0,27$) dan luas ($116,49 \pm 5,28$) Sedangkan pada perlakuan P3 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan P2 dan P1 dengan nilai diameter hepatosit ($9,03 \pm 0,17$) dan luas ($59,42 \pm 6,08$). Pada uji lanjut *Duncan* menunjukkan bahwa P3 tidak berbeda nyata dengan K+ dimana P3 dengan dosis ekstrak 70 ppm memiliki dampak penyembuhan yang hampir serupa dengan obat komersial dalam menurunkan diameter dan luas dari hepatosit.

Berdasarkan Tabel 6. diperoleh data yang menunjukkan adanya perbedaan sangat nyata, didapatkan perbedaan antara kelompok KN dengan nilai diameter inti hepatosit ($4,04 \pm 0,31$) luas inti hepatosit ($27,27 \pm 3,35$) dan kelompok K- dengan nilai diameter inti hepatosit ($1,97 \pm 0,52$) dan luas ($155,73 \pm 15,65$). Hal ini membuktikan bahwa penginfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan nila menyebabkan pengecilan diameter dan luas inti hepatosit. (El-barbary, 2017) menyatakan bahwa infeksi pada ikan yang diakibatkan oleh *Aeromonas hydrophila* menyebabkan degenerasi nukleus dan sitoplasma, dilatasi parah pada sinusoid dengan vakuola lipid, dan dapat menyebabkan piknotik pada nukleus. Terdapatnya piknotik pada inti sel hepatosit ditandai dengan pengerutan inti sel yang disebabkan oleh aktivitas bakteri yang masuk ke dalam organ hati (Meidiza et al., 2017).

Pengamatan pada tabel 6. menunjukkan bahwa diameter dan luas inti hepatosit pada kelompok perlakuan K+, P1, P2, P3 berbeda nyata dengan K-. pada K+ dengan perlakuan obat komersial Redbluedox memiliki nilai diameter ($3,32 \pm 0,17$) dan luas ($59,42 \pm 6,085$) hal ini menunjukkan bahwa K+ dapat menurunkan jumlah inti sel hepatosit yang mengecil (piknotik). Pada perlakuan ekstrak P1, P2, P3 memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan K-, hal ini menunjukkan bahwa perendaman ekstrak daun ketapang berpengaruh terhadap pengecilan inti hepatosit. Pengamatan kelompok P2 dengan diameter ($2,87 \pm 0,84$) dan luas ($99,00 \pm 4,43$) tidak berpengaruh nyata dengan kelompok P1 dengan diameter ($2,53 \pm 0,32$) dan luas ($116,49 \pm 5,28$) Kelompok P3 dengan dosis 70 ppm mendapatkan nilai diameter ($3,06 \pm 0,21$) dan luas ($64,57 \pm 2,62$) pada uji lanjut *Duncan* P3 tidak berbeda nyata dengan K+, hal ini menunjukkan bahwa P3 memiliki sifat yang sama kuat dengan K+ dalam menurunkan jumlah inti hepatosit yang mengecil. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dosis P3 ekstrak daun ketapang memiliki kemampuan yang sama dalam menurunkan pengecilan inti hepatosit pada hati ikan nila.

Sinusoid merupakan pembuluh darah yang berada di antara sel-sel hepatosit dan berfungsi sebagai jalur aliran darah dalam hati. Sinusoid dapat dengan mudah berinteraksi dengan racun hepatosit. Struktur dinding sinusoid terdiri dari sel sel endotel. Sinusoid dan hepatosit terpisah hanya oleh ruang subendotel yang memiliki mikrovili pada hepatosit. Ini memungkinkan adanya kontak antara permukaan hepatosit dan sinusoid, Sehingga memungkinkan pertukaran materi, termasuk racun (Dewi et al., 2023).

Tabel 6. Tabel Diameter dan Luas Inti Hepatosit

Kelompok	Diameter Inti	Luas Inti
	Hepatosit \pm SD	Hepatosit \pm SD
KN	$4,04 \pm 0,31^d$	$27,27 \pm 3,35^e$
K-	$1,97 \pm 0,52^a$	$155,73 \pm 15,65^a$
K+	$3,32 \pm 0,17^c$	$59,42 \pm 6,08^d$
P1	$2,53 \pm 0,32^b$	$116,49 \pm 5,28^b$
P2	$2,87 \pm 0,84^{bc}$	$99,00 \pm 4,43^{bc}$
P3	$3,06 \pm 0,21^c$	$64,57 \pm 2,62^{cd}$
P = Value	P = 0,000	P = 0,000

Keterangan : SD : Standar Deviasi, KN (tanpa perlakuan), K- (Bakteri *Aeromonas hydrophila*), K+ (*Aeromonas hydrophila* + Redbluedox), P1 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 30 ppm), P2 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 50 ppm), P3 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 70 ppm). Notasi angka yang diikuti huruf yang sama di dalam kolom menunjukkan perbedaan secara signifikan ($P < 0,05$).

Tabel 7. Tabel Diameter dan Luas Sinusoid

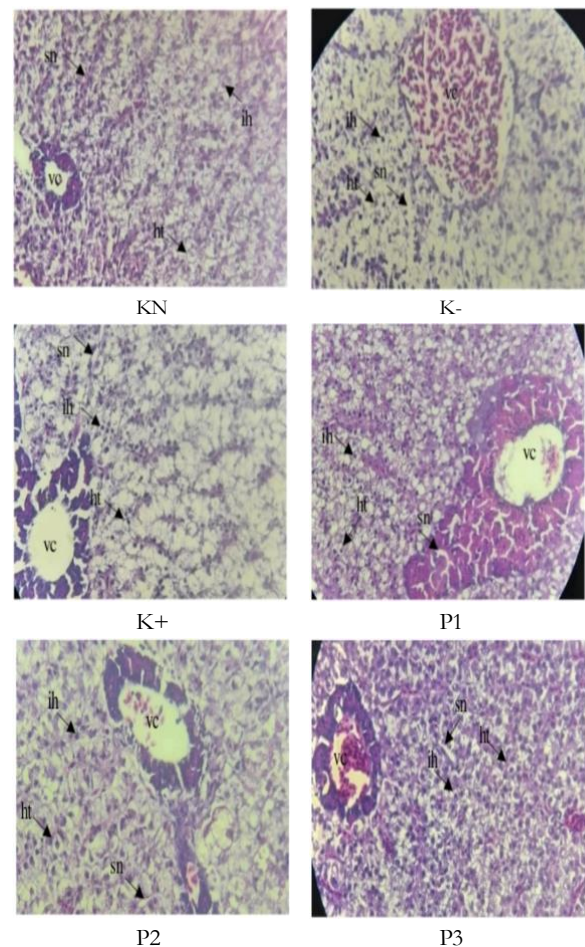
Kelompok	Diameter	Luas
	Sinusoid ± SD	Sinusoid ± SD
KN	4,85±0,30 ^a	18,74±2,36 ^a
K-	12,22±0,25 ^e	117,54±4,85 ^f
K+	6,46±0,87 ^b	33,89±9,09 ^b
P1	10,37±0,38 ^d	85,10±6,35 ^e
P2	9,70±0,30 ^d	74,35±4,73 ^d
P3	7,54±0,74 ^c	45,53±8,66 ^c
P = Value	P = 0,000	P = 0,000

Keterangan : SD : Standar Deviasi, KN (tanpa perlakuan), K- (Bakteri *Aeromonas hydrophila*), K+ (*Aeromonas hydrophila* + Redbluedox), P1 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 30 ppm), P2 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 50 ppm), P3 (*Aeromonas hydrophila* + ekstrak daun ketapang 70 ppm). Notasi angka yang diikuti huruf yang sama di dalam kolom menunjukkan perbedaan secara signifikan (P<0,05).

Berdasarkan Tabel 7. didapatkan perbedaan antara kelompok KN dengan nilai diameter sinusoid (4,85±0,30) luas sinusoid (18,74±2,36) dan kelompok K- dengan nilai diameter sinusoid (12,22±0,25) dan luas sinusoid (117,54±4,85). Hal ini membuktikan bahwa penginfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan nila menyebabkan pelebaran diameter dan luas hepatosit. Dinding sinusoid terdiri dari sel-sel endotel. Pelebaran sinusoid hati merupakan tanda kerusakan sinusoid hati. Hepatosit yang mengalami nekrosis memiliki bentuk yang tidak beraturan. Akibatnya, sinusoid yang berdekatan dengan hepatosit melebar, pelebaran sinusoid juga dapat disebabkan oleh konsentrasi toksik yang tinggi didalam darah, yang melewati sinusoid ke dalam vena sentral (Dewi et al., 2023). (Al-Atbee et al., 2025) menyatakan bahwa infeksi yang di akibatkan oleh *Aeromonas hydrophila* dapat menunjukkan perubahan pada struktur hati normal, termasuk pelebaran pembuluh darah dan sinusoid, serta degenerasi seluler. (Yardimci & Aydin, 2011) dalam penelitiannya menggunakan ikan nila yang diinfeksi oleh *Aeromonas hydrophila* menjelaskan bahwa *Aeromonas hydrophila* mengakibatkan sinusoid membesar dan korda remak terdisosiasi. Penyebab lipidosis dan nekrosis hati di laporkan terkait dengan toksin dan produk ekstraseluler seperti hemolisin, protease, dan elastase yang diproduksi oleh *Aeromonas hydrophila*.

Pengamatan pada tabel 7. menunjukkan bahwa diameter dan luas sinusoid pada kelompok perlakuan K+, P1, P2, P3 berbeda nyata dengan K-. pada kelompok K+ dengan perlakuan obat komersial mendapatkan nilai diameter (6,46±0,87) dan luas (33,89±9,09) hal ini menunjukkan bahwa K+ dapat

menurunkan pelebaran dari sinusoid. Pengamatan P1 dan P2 terhadap ukuran diameter sinusoid menunjukkan tidak berbeda nyata, artinya dosis 30 ppm, dan 50 ppm memiliki potensi yang tidak cukup kuat dalam menurunkan diameter dari sinusoid. Tetapi nilai luas sinusoid antara P1 dan P2 menunjukkan berbeda nyata, dimana P2 memiliki nilai luas sebesar (74,35±4,73) sedangkan P1 memiliki nilai luas sebesar (85,10±6,35). Pengamatan pada kelompok P3 memiliki nilai diameter dan luas yang lebih kecil dibandingkan dengan P1 dan P2, dimana nilai diameter dari kelompok P3 yaitu (7,54±0,74) dan luas (45,53±8,66). Pada uji lanjut *Duncan* nilai P3 mendekati dengan nilai K+, yang dimana pada dosis 70 ppm ekstrak daun ketapang memiliki potensi yang sama dengan K+ dalam menurunkan pelebaran dari diameter dan luas sinusoid. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa ketapang seperti flavonid, tanin, mampu menghambat perkembangan bakteri *Aeromonas hydrophila* pada hati ikan (Maftuch et al., 2016).



Gambar 5. Gambaran Histomorfometri Hati

Pengamatan Gejala Klinis Pada Ikan Nila

Gejala klinis diperhatikan untuk mengevaluasi perubahan pada ikan nila setelah terinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* melalui penyuntikan di otot. Dalam hal ini,

suspensi bakteri sebanyak 0,1 ml disuntikkan ke area punggung ikan, infeksi melalui injeksi otot dengan *Aeromonas hydrophila* mengakibatkan gejala muncul lebih cepat karena bakteri dengan cepat menyebar ke seluruh tubuh ikan melalui sistem peredaran darah, menyebabkan kerusakan pada organ yang terinfeksi. Setelah diberi perlakuan perendaman oleh ekstrak daun ketapang dan juga obat RedBluedox ikan juga diamati gejala klinisnya. Adapun gejala klinis yang diamati pasca infeksi dan pasca perendaman dengan ekstrak daun ketapang yaitu tingkah laku berenang, tingkah laku makan, dan patologi organ luar seperti mata, warna tubuh, sirip, dan sisik. Gejala klinis diperhatikan untuk mengevaluasi perubahan pada ikan nila setelah terinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* melalui penyuntikan di otot. Dalam hal ini, suspensi bakteri sebanyak 0,1 ml disuntikkan ke area punggung ikan. Infeksi melalui injeksi otot dengan *Aeromonas hydrophila* mengakibatkan gejala muncul lebih cepat karena bakteri dengan cepat menyebar ke seluruh tubuh ikan melalui sistem peredaran darah, menyebabkan kerusakan pada organ yang terinfeksi. Hal ini sesuai dengan pendapat (Hidayat et al., 2023) setelah pasca infeksi *Aeromonas hydrophila* ikan akan mengalami perubahan gejala klinis.

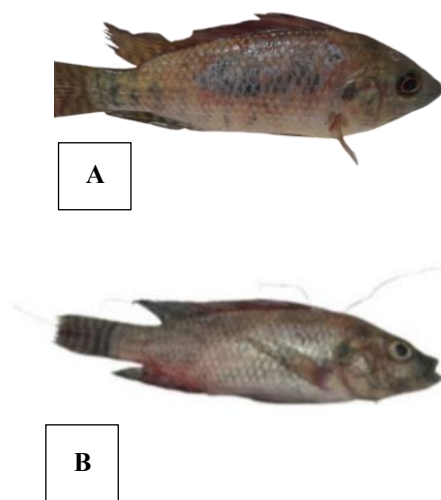


Gambar 6. Tingkah Laku Berenang Ikan. Keterangan. (A) Ikan Berdiam Diri Disudut Akuarium, (B) Ikan Berenang Dipermukaan Akuarium

Gejala klinis termasuk perubahan pada perilaku berenang, seperti berada di permukaan, mendekati batu aerasi, bergerak menyamping, atau bahkan tetap diam di dasar akuarium, serta penurunan reflex ikan. Ikan yang terjangkit juga menunjukkan berkurangnya selera makan atau lambat merespons makanan yang disebabkan oleh penurunan energi yang masuk, Sehingga mengakibatkan gerakan yang pasif atau lemah. Gejala berikutnya yaitu pada jam ke 32 pasca infeksi ikan mengalami penurunan respon pakan ikan karena adanya gangguan metabolisme

didalam tubuh. Menurut (Aminah et al., 2014) Ia mengamati bahwa berkurangnya konsumsi makanan pada ikan terjadi akibat gangguan pada metabolisme tubuh, yang setelah diinjeksi dengan bakteri *Aeromonas hydrophila*, mengakibatkan kerusakan pada organ dalam seperti pembesaran atau peradangan di area hati, ginjal, dan kantung empedu.

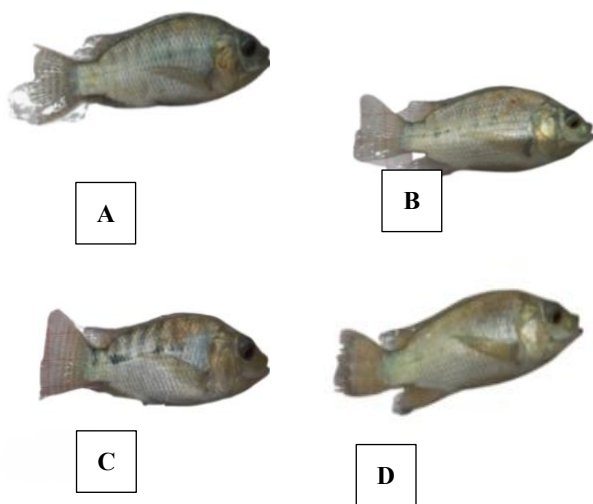
Selain perubahan pada tingkah laku berenang dan respon pakan pada ikan diikuti pula dengan perubahan morfologi ikan nila yang terjadi pada hari ke 3 pasca penginfeksian bakteri *Aeromonas hydrophila*, gejala klinis yang terlihat pada ikan ditandai dengan adanya peradangan, yang muncul sebagai pembengkakan dan kemerahan di area suntikan serta dapat berkembang menjadi luka yang lebih besar. Peradangan ini terus berlangsung yang dapat menyebabkan terjadinya ulserasi dan pendarahan, yang terlihat dari darah yang keluar melalui kulit (Gambar C). Ikan memproduksi lendir yang berlebihan, timbulnya luka pada bagian bekas suntikan (Gambar B), sisik pada area bekas suntikan berlepasan (Gambar A), hal ini sesuai dengan pernyataan (Maisyaroh et al., 2018) ikan nila yang terinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* menyebabkan munculnya perubahan pada organ bagian eksternal maupun internal berupa adanya peradangan kemerahan pada punggung, timbulnya luka nanah pada bagian bekas suntikan. Munculnya tanda-tanda klinis seperti luka dan perdarahan pada ikan nila disebabkan oleh toksin yang dihasilkan oleh *Aeromonas hydrophila*. Salah satu diantaranya adalah toksin hemolysin. Toksin hemolysin berfungsi untuk merusak sel darah merah dari pembuluh darah dan menyebabkan perubahan warna merah pada permukaan kulit.





Gambar 7. Gejala Klinis Ikan. Keterangan (A) Sisik Ikan Nila Berlepasan, (B) Luka pada Bekas Suntik, (C) Pendarahan pada Bagian Anus.

Tujuh hari pasca infeksi *Aeromonas hydrophila*, kemudian ikan akan dilakukan perendaman dengan menggunakan obat antibakteri RedBluedox dan ekstrak daun ketapang (*Terminal catappa*) dengan konsentrasi 30 ppm, 50 ppm, dan 70 ppm. Setelah pasca perendaman dengan menggunakan antibakteri RedBluedox bekas suntikan menghilang dan ikan terlihat normal kembali seperti pada gambar A, dimana pada antibakteri redbluedox mengandung *methylene blue* yang efektif mencegah dan melindungi ikan dari infeksi jamur atau infeksi bakteri terutama pada bakteri *Aeromonas hydrophila*. Pasca ekstrak daun ketapang dengan dosis yang berbeda ikan nila terlihat mulai membaik setiap harinya setelah perendaman, dimana pola makan ikan meningkat, tingkah laku berenang mulai normal, dan luka pada bekas suntikan mulai menghilang seperti pada gambar B. Proses bekas luka mulai mengecil dan menghilang seperti gambar C dan D. Hal ini diduga karena adanya senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak daun ketapang.



Gambar 8. Gejala Klinis Pasca Perendaman. Keterangan (A) Perendaman Antibakteri, (B) Ekstrak 30 ppm Bekas Suntik Menghilang, (C) Ekstrak 50 ppm Luka Mulai Mengecil, (D) Ekstrak 70 ppm Luka Mulai Menghilang.

Kualitas Air

Tabel 8. Kualitas Air

Parameter	Hasil Pengamatan	Rata-Rata	Standar Baku Mutu
pH	7,34 – 8,22	7,89	6 – 9
Suhu (°C)	23,6 – 27,2 °C	26,6°C	25 - 32°C
DO (mg/L)	1,71 – 3,78	3,08	≥3 mg/L
Amonia	1,05 – 5,21	2,33	0,02 mg/L
Nitrit	0,001 – 0,005	0,001	0,06 mg/L
Nitrat	0,6 – 0,8	0,7	<10 mg/L

Berdasarkan pengamatan pengukuran pH yang dilakukan sepanjang masa pemeliharaan menunjukkan nilai tertinggi 8,22 dan terendah 7,34 dengan rata-rata mencapai 7,89. Hal ini mengindikasikan bahwa pH berada dalam rentang yang ideal untuk budidaya ikan nila. Berdasarkan Standar Kualitas Air PP Nomor 82 (Kelas II) tahun 2001, pH yang optimal untuk budidaya ikan air tawar adalah diangka 6 hingga 9. Ini sejalan dengan pedoman yang ditetapkan oleh (SNI, 2009) yang menyebutkan bahwa pH yang sesuai untuk produksi ikan nila di perairan tenang harus berkisar antara 6,5 hingga 8,5. Kondisi pH yang tidak ideal dapat menyebabkan stress, meningkatkan risiko terkena penyakit, menurunkan produktivitas, serta menghambat pertumbuhan ikan.

Hasil pengukuran suhu selama masa pemeliharaan didapatkan suhu tertinggi yaitu pada suhu 27°C dan suhu terendah pada suhu 23,6°C dengan rata-rata 26,6°C. Data yang ada menunjukkan bahwa temperatur berada dalam ambang ideal untuk budidaya ikan nila. Hal ini sejalan dengan informasi dari (SNI, 2009) yang menyebutkan bahwa rentang suhu yang tepat untuk menghasilkan ikan nila di lingkungan perairan tenang adalah 25-32°C. Menurut (N. I. Sari et al, 2022) suhu yang normal untuk ikan nila hidup dengan baik yaitu suhu 25-30°C, di luar suhu tersebut ikan nila akan mengalami kematian. Sedangkan menurut (Azhari & Tomaso, 2018) kisaran suhu yang optimal dalam budidaya ikan air tawar adalah 28-32 °C. Seperti yang diungkapkan oleh (Asmaini et al., 2020), temperatur air berpengaruh terhadap nafsu makan dan proses metabolisme ikan. Proses pencernaan berjalan lebih lambat ketika suhu rendah dan menjadi lebih cepat saat suhu naik.

Hasil pengukuran *Dissolved Oxygen* (DO) selama pemeliharaan, DO tertinggi 3,78 mg/l dan terendah yaitu 1,71 mg/l dengan nilai rata-rata 3,08 mg/l. Data tersebut menunjukkan bahwa DO masih dalam normal dan memenuhi standrat baku mutu. Hal ini sesuai dengan

pedoman (SNI, 2009) bahwa, kisaran nilai DO untuk pemeliharaan berada di angka ikan ≥ 3 mg/l. (Baihaqi et al., 2024) menyatakan bahwa nilai oksigen terlarut yang optimal bagi budidaya ikan nila yaitu diatas 3 mg/l. Oksigen terlarut dalam air dapat mempengaruhi aktivitas dan metabolisme ikan. Hal tersebut karena ikan membutuhkan oksigen terlarut dalam air untuk bernafas dan proses pembakaran makanan, yang nantinya dapat menghasilkan energi bagi ikan untuk berenang, bertumbuh, dan proses reproduksi.

Hasil pengukuran amonia selama pemeliharaan, yaitu amonia tertinggi diangka 5,21 sedangkan nilai amonia terendah yaitu 1,05 dengan nilai rata-rata 2,33 mg/L. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai amonia tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, kelas kualitas air III untuk lingkungan perikanan menetapkan tingkat maksimal amonia bebas sebesar 0,02 mg/l. Meskipun konsentrasi amonia melebihi angka yang telah ditetapkan, ikan tetap dapat bertahan hidup. Hal ini disebabkan oleh rentang suhu yang stabil, yaitu antara 23-27°C dan rentang pH antara 7-8. (Hasanah et al., 2017) menyatakan bahwa persentase amoniak (NH₃) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, salinitas, oksigen terlarut, suhu, dan pH. Semakin tinggi suhu dan pH maka semakin tinggi juga kandungan amoniak. (Asri et al., 2025) menyatakan bahwa Tingginya nilai amonia pada sistem aerasi diduga tidak terdapatnya filter yang mampu menyerap amonia pada media pemeliharaan, karena filter berfungsi sebagai penyerap atau agen pembersih yang mampu menghilangkan bau, warna, resin, memurnikan gas, serta mengurangi zat beracun, logam berat, dan amonia yang berpotensi merugikan dalam air. Dalam sistem budidaya perikanan, akumulasi sisa pakan berkontribusi terhadap peningkatan kadar amonia. Tingginya kadar amonia juga bisa disebabkan oleh limbah dari usaha budidaya ikan, seperti sisa makanan, kotoran, dan hasil metabolisme yang merupakan sumber nitrogen. Proses nitrifikasi penting untuk mengubah amonia menjadi nitrat yang aman melalui produk perantara yakni nitrit (Fadila et al., 2023).

Hasil Pengukuran nitrit selama pemeliharaan yaitu, jumlah nitrit tertinggi diangka 0,005 sedangkan nilai nitrat terendah diangka 0,001 dengan nilai rata-rata 0,001 mg/L. Data tersebut menunjukkan bahwa nitrit berada dalam kisaran normal dan aman untuk pemeliharaan ikan. Hal ini sejalan dalam penelitian (Beqi et al., 2024) yang menjelaskan batas maksimal kandungan nitrit berdasarkan PP No. 82 Tahun 2002 baku mutu air kelas III untuk kegiatan perikanan, adalah sebesar 0,06 mg/L. (Beqi et al., 2024) juga menambahi batas maksimal konsentrasi nitrit yang sesuai untuk makhluk hidup, sesuai dengan keputusan Gubernur Sulawesi Selatan

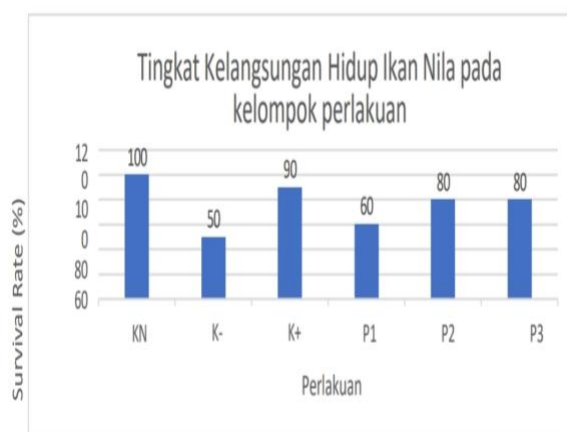
Nomor 69 Tahun 2010, adalah 0,006 mg/l. Nitrit adalah hasil antara amonia dan nitrat yang bertransformasi menjadi bentuk yang lebih stabil. Meskipun demikian, nitrit menjadi salah satu parameter utama dalam menilai kualitas air karena sifatnya yang beracun saat bereaksi dengan hemoglobin didalam darah, sehingga dapat mengganggu proses pengangkutan oksigen. Nitrit juga dikenal sebagai zat yang tidak stabil. Dalam siklus nitrit nitrogen, amonia diubah menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi, sementara amonia didenitrifikasi menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi menjadi gas. Dampak racun nitrit dalam air terhadap ikan disebabkan oleh gangguan dalam pengangkutan oksigen dan kerusakan jaringan. Saat ikan mengonsumsi nitrit, ion besi dalam hemoglobin teroksidasi dari besi II menjadi besi III. Hal ini mengakibatkan terbentuknya methemoglobin (MetHb), yang menaggu proses pengangkutan oksigen dalam darah (Fadira et al., 2022).

Hasil Pengukuran nitrat selama pemeliharaan yaitu, jumlah nitrat tertinggi yaitu 0,8 sedangkan nilai nitrat terendah yaitu 0,6, dengan nilai rata-rata 0,7 mg/L. Data tersebut menunjukkan bahwa nitrat berada dalam kisaran yang normal dan bagus untuk media pemeliharaan ikan. Hal ini sejalan dalam penelitian (Arviani et al., 2023) yang menjelaskan batas maksimal nilai nitrat di air tawar berdasarkan standar baku mutu PP Nomor 22 Tahun 2021 adalah sebesar 10 mg/L. Nitrat memiliki peran yang besar dalam perairan, karena nitrat, nitrit dan oksigen digunakan secara paralel untuk memasok kebutuhan nutrisi ikan (Arviani et al., 2023). Kandungan nitrat dalam media pemeliharaan dihasilkan dari proses nitrifikasi yang mengubah nitrit menjadi nitrat melalui bakteri nitrifikasi. Dengan demikian, tingkat nitrat sangat bergantung pada keberadaan amonia dan nitrit dalam air. Amonia yang ada dalam bentuk ion amonium, akan melalui proses dinitrifikasi menjadi ditrit terlebih dahulu dan kemudian menjadi nitrat. Perubahan kadar nitrat dapat dipengaruhi oleh parameter air seperti pH, suhu, dan tingkat oksigen terlarut (DO). Nitrat memiliki sifat larut dalam air, stabil, dan tidak berbahaya. Nitrifikasi memainkan peran penting dalam mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat dalam siklus nitrogen dan terjadi di lingkungan yang kaya oksigen. Proses oksidasi amonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri Nitrosomonas dan Nitrosococcus, sedangkan konversi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* (Dhiba et al., 2019).

Kelulushidupan Ikan

Grafik 1. menunjukkan bahwa hasil pengujian tingkat kelangsungan hidup ikan nila yang diinfeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* menunjukkan adanya perbedaan antara kelompok kontrol Negatif (K-) dengan kelompok perlakuan ekstrak. Pada kelompok K- menunjukkan tingkat kelangsungan hidup terendah yaitu

50%, membuktikan bahwa infeksi dari *Aeromonas hydrophila* dapat mengakibatkan kematian pada sebagian ikan nila. (Bahariyanto et al., 2025) menyatakan bahwa bakteri *Aeromonas hydrophila* merupakan bakteri patogen yang menyebabkan infeksi sistematis dan kematian massal pada ikan. Tingkat virulensi dari *Aeromonas hydrophila* dapat menyebabkan kematian ikan. Didalam tubuh bakteri *Aeromonas hydrophila* terdapat gen aerodan yang bertanggung jawab dalam memproduksi racun aerolysin dan hemolysin racun tersebut dapat menyerang sel-sel epithelia dan menyebabkan gastroenteritis (peradangan akut saluran pencernaan) (Pane et al., 2018).



Grafik 1. Tingkat Kelulushidupan Ikan Nila

Perlakuan kontrol positif (K+) (RedBluedox) menunjukkan tingkat kelangsungan hidup tertinggi yaitu 90%. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian obat komersial ikan (RedBluedox) dapat membantu menghambat perkembangan bakteri sehingga meningkatkan kemampuan ikan untuk bertahan hidup. Pengamatan P1 (Ekstrak ketapang 30 ppm) memiliki nilai kelangsungan hidup yang rendah yaitu 60% dibandingkan dengan perlakuan P2 (Ekstrak ketapang 50 ppm) dan P3 (Ekstrak ketapang 70 ppm) yang memiliki nilai kelangsungan hidup ikan sebesar 80%. Hal ini diduga karena daun ketapang mengandung senyawa aktif seperti tanin, flavonoid, dan saponin yang bersifat antibakteri sehingga dapat membantu menghambat pertumbuhan bakteri patogen dalam tubuh ikan. Tingginya nilai persentase kelulushidupan disebabkan oleh banyaknya kandungan tanin pada daun ketapang. (Neuman et al., 2023).

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh kandungan dan khasiat ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) dalam memperbaiki morfologi dan histologi organ hati ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diakibatkan infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*, dapat

disimpulkan bahwa infeksi akibat bakteri *Aeromonas hydrophila* dapat menyebabkan perubahan warna dan tekstur hati ikan nila. Pada tingkatan mikroskopik juga menyebabkan pendarahan (Hemorage) pada jaringan hati, peningkatan degenerasi lemak, nekrosis pada sel sel hepatosit ikan nila sampai peningkatan diameter dan luas vena sentralis, hepatosit, inti hepatosit, dan sinusoid. Pemberian ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) terbukti mampu memperbaiki kerusakan histologis dan menormalkan parameter histomorfometri limpa, dengan dosis sebesar 70 ppm menunjukkan efek paling optimal dan mendekati efek pemberian obat komersial Redbluedox. Temuan ini menegaskan bahwa ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) memiliki potensi protektif dan terapeutik terhadap kerusakan organ hati ikan nila akibat infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* yang diduga kuat berkaitan dengan aktivitas antioksidan dan imunomodulator senyawa metabolit sekundernya seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan fenol.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Atbee, I. A., Al-Niaeem, K. S., & Issa, A. H. (2025). Evaluasi Histopatologis Jaringan Hati pada Ikan Mas Biasa (*Cyprinus carpio*) Setelah Vaksinasi Terhadap *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Biologi Perairan & Perikanan Mesi*, 29(3), 999–1008.
- Al-shammari, N. A. H., Al-hawash, A. B., & Al-niaeem, K. S. (2024). Isolasi dan Karakterisasi *Aeromonas Hydrophila* yang Berhubungan dengan Septikemia pada *Cyprinus Carpio* L., 1758. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 22(1), 4561–4569.
- Alyahya, S. A., Ameen, F., Al-niaeem, K. S., & Mostafa, A. A. (2018). Histopathological studies of experimental *Aeromonas hydrophila* infection in blue tilapia, *Oreochromis aureus*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25, 182–185.
- Aminah, A., Prayitno, S. B., & Sarjito, S. (2014). PENGARUH PERENDAMAN EKSTRAK DAUN KETAPANG (*Terminalia cattapa*) TERHADAP KELULUSHIDUPAN DAN HISTOLOGI HATI IKAN MAS (*Cyprinus carpio*) YANG DIINFEKSI BAKTERI *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(4), 118–125. <https://doi.org/http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jamt>
- Andayani, S., Suprastyani, H., & Masfiah, I. (2018). PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK KASAR KULIT BUAH NAGA (*Hylocereus*

- costaricensis) TERHADAP HISTOPATOLOGI HATI IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) YANG TERINFEKSI *Aeromonas hydrophil*. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(2), 149–159.
- Andayani, S., Suprastyani, H., & Sulistyorinie, D. R. (2020). PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK KASAR DAUN API-API (*Avicennia marina*) TERHADAP HISTOPATOLOGI HATI IKAN KOI (*Cyprinus carpio*) YANG DIINFEKSI BAKTERI *Aeromonas hydrophilla*. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(2), 263–273.
- Anisa, N., Taufieq, N. A. S., & Indrayani, I. (2024). Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) untuk Menghambat Infeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila* pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 10(1), 65–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.26858/jptp.v10i1.1784>
- Arviani, I. A., Syuraikhanah, K., Sukardi, P., Muslih, M., Hastuti, D. W. B., & Hidayati, N. V. (2023). DETERMINASI KUALITAS AIR BUDIDAYA IKAN MENGGUNAKAN METODE INDEKS PENCEMARAN DI SMART FISHERIES VILLAGE PANEMBANGAN. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 13(1), 43–55.
- Asmaini, A., Handayani, L., & Nurhayati, N. (2020). Penambahan nano CaO limbah cangkang kijing (*Pilsbryocncha exilis*) pada media bersalinitas untuk pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 7(1), 1–7.
- Asri, Y., Dwiyantri, S., & Mulyani, L. F. (2025). BUDIDAYA BENIH IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) PADA MEDIA RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS) DAN SISTEM AERASI. *Journal Of Fish Nutrition*, 5(1), 99–105.
- Azhari, D., & Tomaso, A. M. (2018). KAJIAN KUALITAS AIR DAN PERTUMBUHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) YANG DIBUDIDAYAKAN DENGAN SISTEM AKUAPONIK. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 3(2), 84–90.
- Bahariyanto, D. R., Amalo, P., & Pratiwi, R. (2025). UJI MAKROSKOPIK DAN BOKIMIA TERHADAP *Aeromonas hydrophila* SEBAGAI UPAYA DIAGNOSTIK INFEKSI BAKTERI PADA IKAN NILA *Oreochromis niloticus* MACROSCOPIC AND BIOCHEMICAL TESTS ON *Aeromonas hydrophila* AS A DIAGNOSTIC APPROACH FOR BACTERIAL INFECTION IN NILE TIL. *Jurnal Megaptera*, 4(1), 21–32.
- Baihaqi, R. H., Haeruddin, H., & Prakoso, K. (2024). ANALISIS HUBUNGAN KUALITAS AIR TAMBAK TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN IKAN NILA SALIN (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pasir Laut*, 8(2), 63–70.
- Balqis, R., Hanisah, H., & Isma, M. F. (2021). KINERJA LAMA PEMUASAAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KELANGSUNGAN HIDUP BENIH IKAN NILA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) LONG-STANDING PERFORMANCE OF TILAPIA SEED GROWTH AND SURVIVAL RATE OF *OREOCHROMIS NILOTICUS*. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 5(2), 45–53.
- Beqi, Y. R., Sambu, A. H., & Salam, N. I. (2024). ANALISIS KUALITAS AIR PADA LOKASI BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR KERAMBA JARING APUNG (KJA) DI TANJUNG MERDEKA KECAMATAN TAMALATE KOTA MAKASSAR. *OCTOPUS: JURNAL ILMU PERIKANAN*, 13(2), 89–98.
- Dewi, U. U., Triastuti, R. J., Sulmartiwi, L., & Leonard, R. (2023). Identifikasi Bakteri Dan Studi Resistensi Antibiotik Enrofloksasin Serta Histopatologi Pada Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Grouper*, 14(2), 86–100.
- Dhiba, A. A. F., Syam, H., & Ernawati, E. (2019). ANALISIS KUALITAS AIR PADA KOLAM PENDEDERAN IKAN LELE DUMBO (*Clarias gariepinus*) DENGAN PENAMBAHAN TEPUNG DAUN SINGKONG (*Manihot utilisima*) SEBAGAI PAKAN BUATAN. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5, 131–144.
- El-barbary, M. I. (2017). Perubahan Biokimia dan Histopatologi Serum Terkait dengan *Aeromonas hydrophila* yang diisolasi dari *Oreochromis niloticus* dan *Sparus aurata* dengan Indeks Resistensi Antibiotik Ganda. *Journal of Biological Sciences*, 17, 222–234. <https://doi.org/10.3923/jbs.2017.222.234>
- El Rawy, A. B. A., Febriani, H., & Ningrum, N. A. (2025). EFEK PEMBERIAN EKSTRAK ETANOL BUAH GANDARIA (*Bouea macrophylla* Griffith.) TERHADAP GAMBARAN MORFOHISTOLOGI LIMPA TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus* L.) YANG DIINDUKSI KARBON TETRAKLORIDA (CCl₄). *Klorofil: Jurnal Ilmu Biologi Dan Terapan*, 9(2), 52–62. <https://doi.org/10.30821/kfl;jibt.v7i1.12880>
- Fadila, N., Indrawati, E., & Aqmal, A. (2023).

- ANALISIS KUALITAS AIR MEDIA PEMELIHARAAN BENIH IKAN NILA *Oreochromis niloticus* YANG DIBERI PAKAN BERBAHAN DASAR TEPUNG KEONG MAS *Pomacea canaliculata*. *Journal of Aquaculture and Environment*, 6(1), 55–60. <https://doi.org/10.35965/jae.v6i1.3125>
- Fadira, R. M., Haser, T. F., Febria, S. P., Prihadi, T. H., & Cahyanti, W. (2022). Dinamika kualitas air pada pemeliharaan ikan jurung (Tor soro) yang dipelihara pada berbagai sistem resirkulasi. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 9(2), 103–110. <https://doi.org/10.29103/aa.v9i2.8128>
- Fransiska, D. I., Riauaty, M., & Syawal, H. (2024). Histopathology of Intestine and Liver of *Oreochromis niloticus* Fed with Herbs Fermented and Infected with *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Akuakultur SEBATIC*, 5(2), 175–183.
- Hakim, M. M. B. H. A., Anshary, H., Djawad, M. I., & PERDIANSYAH, M. R. (2025). Pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* on the liver function of African catfish (*Clarias gariepinus*). *BIODIVERSITAS*, 26(11), 5430–5437. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d261104>
- Hasanah, U., Haeruddin, H., & Widyorini, N. (2017). PENGARUH PEMBERIAN ENZIM DENGAN KONSENTRASI BERBEDA PADA PAKAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) TERHADAP KONSENTRASI AMONIAK, NITRIT, DAN SULFIDA DALAM MEDIA PEMELIHARAAN. *MANAGEMENT OF AQUATIC RESOURCES JOURNAL*, 6(4), 530–535.
- Hidayat, S., Saptiani, G., & Agustina, A. (2023). Isolat bakteri asam laktat untuk mengendalikan *Aeromonas hydrophila* pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis Nusantara*, 2(1), 41–49.
- Hidayaturrahmah, H., Muhamat, M., & Santoso, H. B. (2015). Profil SGPT dan SGOT Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) di Sungai Riam Kanan Kalimantan Selatan. *Jurnal Pharmascience*, 2(2), 38–46.
- Jamin, J., & Erlangga, E. (2016). Pengaruh insektisida golongan organofosfat terhadap benih ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*, Bleeker): analisis histologi hati dan insang. *Acta Aquatica Aquatic Sciences Journal*, 3(2), 46–53.
- Juanda, S. J., Lukmini, A., Rahman, I. S., & Putri, R. R. (2023). Histopatologi Organ dan Hematologi Ikan Lele Hasil Perbenihan di Airnona, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Galung Tropika*, 12(3), 282–294.
- Kristianingrum, Y. P., Sutrisno, B., Widyarini, S., Kurniasih, K., & Sugiyono, S. (2021). Disease incidence of freshwater fish in the Special Region of Yogyakarta, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 33(06001), 1–8.
- Kurniawinata, M. I., Ramadhani, D. E., Shinta, D., Bintoro, A. H., Indryani, H., Wibisono, A., Permana, S. D., Pamungkas, R. R., Puziah, N., Maula, A., Fauziah, S. S., Hafid, M. E., Nurrafa, N. W., Hapsari, M., & Pratiwi, R. (2024). PENGUJIAN OBAT KIMIA UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI PATOGEN *Aeromonas hydrophila* SECARA IN VITRO DAN IN VIVO. *Jurnal Megaptera*, 3(2), 71–80.
- Levia, K., Waspodo, S., & Astriana, B. H. (2021). UJI EFEKTIVITAS ANTI BAKTERI EKSTRAK BIJI PEPAYA (*Carica papaya* L.) TERHADAP KELANGSUNGAN HIDUP IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) PASCA INFEKSI *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Perikanan*, 11, 195–208.
- Ly, W., Zhou, Z., Xie, L., Wang, X., Zhou, Y., Gui, L., Xu, X., Shen, Y., Li, J., & Qiu, J. (2025). Karakterisasi Patologis dan Molekuler Ikan Mas Rumpun Terinfeksi Dua Spesies *Aeromonas*. *Animals*, 15(263), 1–12.
- Maftuch, M., Fariestha, G. A. K., & Suprastyani, H. (2016). Pengaruh Ekstrak Kulit Kayu Ketapang (*Terminalia catappa*) terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup dan Histopatologi Hati Ikan Mas Biasa (*Cyprinus carpio*) yang Terinfeksi *Aeromonas hydrophila*. *Omni Akuatika*, 12(2), 11–16.
- Maisyaroh, L. A., Susilowati, T., Haditomo, A. H. C., Basuki, F., & Yuniarti, T. (2018). PENGGUNAAN EKSTRAK KULIT BUAH MANGGIS (*Garcinia mangostana*) SEBAGAI ANTIBAKTERI UNTUK MENGOBATI INFEKSI *Aeromonas hydrophila* PADA IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains Akukultur Tropis*, 2(2), 36–43.
- Meidiza, R., Arimbi, A., & Hastutiek, P. (2017). Gambaran Patologi Hepar Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang Diinfeksi Bakteri *Edwardsiella tarda*. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 9(1), 47–56.
- Neuman, B., Salosso, Y., & Djonu, A. (2023). Pengaruh Rendaman Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) Pada pH Air dan Laju Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *PENA Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 22(1), 69–78.
- Nikiforov-nikishin, D., Kochetkov, N., Gavrilin, K., Gaffarova, V., Medvedev, K., Smorodinskaya, S., Klimuk, A., Kuchikhin, Y., Svinarev, I., Gladys,

- N., Kudryavtseva, A., Shitikov, E., & Nikiforov-nikishin, A. (2025). Dynamics of Pathomorphological and Pathophysiological Alterations in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Acute *Aeromonas salmonicida* Infection. *Biology*, *14*(1330), 1–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/>
- Ningrum, D. I. L., & Abdulgani, N. (2014). Pengaruh Pemberian Ekstrak Ikan Gabus (*Channa striata*) pada Struktur Histologi Hati Mencit (*Mus musculus*) Hiperqlikemik. *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS*, *2*(1), 1–16.
- Pane, N. S., Hasim, H., & Mulis, M. (2018). Perendaman Ekstrak Kunyit terhadap Ikan Nila yang Terinfeksi Bakteri *Aeromonas Hydrophila*. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, *6*(1), 11–18.
- Prasetyo, E., Kadafi, M., Raharjo, E. I., & Hasan, H. (2015). PENGARUH SERBUK LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) SEBAGAI IMONOSTIMULAN TERHADAP TINGKAT KESEMBUHAN DAN HISTOPATOLOGI IKAN TENGADAK (*Barbonymus schwanefeldii*) YANG DI INFEKSI DENGAN BAKTERI *Aeromonas hydrophila*. *JURNAL RUAYA*, *6*(1), 1–12.
- Purba, A. M., Riauaty, M., & Syawal, H. (2020). Sensitivitas Larutan Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.) Terhadap Bakteri *Aeromonas hydrophila* Sensitivity of *Terminalia catappa* L. Toward *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, *25*(2), 116–122.
- Rebl, A., Høyheimb, B., Fischer, U., Köllner, B., Siegl, E., & Seyfert, H.-M. (2008). Tollip, a negative regulator of TLR-signalling, is encoded by twin genes in salmonid fish. *Fish & Shellfish Immunology*, *25*, 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2008.04.002>
- Salikin, R. Q., & Prayitno, S. B. (2014). PENGARUH PERENDAMAN EKSTRAK DAUN BINAHONG (*Anredera cordifolia*) TERHADAP MORTALITAS DAN HISTOLOGI HATI IKAN MAS (*Cyprinus carpio*) YANG DIINFEKSI BAKTERI *Aeromonas caviae*. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, *3*(3), 43–50.
- Sari, E. T. P., Gunaedi, T. R. I., & Indrayani, E. (2017). Pengendalian Infeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila* pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Ekstrak Rimpang Lengkuas Merah (*Alpinia purpurata*). *JURNAL BIOLOGI PAPUA*, *9*(2), 37–42.
- Sari, N. I., Patang, P., & Indrayani, I. (2022). Pengaruh Pemberian Ekstrak Anggur Laut (*Caulerpa racemosa*) dalam Menghambat Infeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila* pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, *8*(2), 235–248.
- Scabra, A. R., Afriadin, A., & Marzuki, M. (2022). Efektivitas Peningkatan Oksigen Terlarut Menggunakan Perangkat Microbubble Terhadap Produktivitas Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) The Effectiveness of Increasing Dissolved Oxygen Using a Microbubble Device on the Productivity of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal Perikanan*, *12*(1), 13–21. [https://doi.org/Journal Perikanan, 12 \(1\), 13-21 \(2022\) http://doi.org/10.29303/jp.v12i1.269](https://doi.org/Journal Perikanan, 12 (1), 13-21 (2022) http://doi.org/10.29303/jp.v12i1.269)
- Sinubu, W. V., Tumbol, R. A., Undap, S. L., Manoppo, H., & Kreckhoff, R. L. (2022). Identifikasi bakteri patogen *Aeromonas* sp. pada ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Desa Matungkas, Kecamatan Dimembe, Kabupaten Minahasa Utara. *Budidaya Perairan*, *10*(2), 109–120.
- SNI, S. N. I. (2009). *Batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan*.
- Suhendri, S., Scabra, A. R., & Dermawan, A. (2025). EFEKTIVITAS BERBAGAI METODE EKSTRAKSI DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*) UNTUK MENCEGAH INFEKSI BAKTERI *Aeromonas hydrophila* PADA BUDIDAYA IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*). *Journal Of Fish Nutrition*, *5*(2), 210–229. <https://doi.org/10.29303/jfn.v5i2.9231>
- Sukarni, S., Maftuch, M., & Nursyam, H. (2012). Kajian Penggunaan Ciprofloxacin terhadap Histologi Insang dan Hati Ikan Botia (*Botia macracanthus*, Bleeker) yang Diinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *J. Exp. Life Sci*, *2*(1), 6–12.
- Suriyadin, A., Astutiwati, A., Ilyas, A. P., Fahrudin, M., & Huda, M. A. J. (2025). Gambaran histopatologi hati, ginjal, limpa, dan warna daging ikan patin (*Pangasius* sp.) dengan penambahan bakteri fotosintetik. *Jurnal Mina Sains*, *11*(1), 1–11.
- Wahjuningrum, D., Ashry, N., & Nuryati, S. (2008). PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN KETAPANG *Terminalia cattapa* UNTUK PENCEGAHAN DAN PENGOBATAN IKAN PATIN *Pangasionodon hypophthalmus* YANG TERINFEKSI *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, *7*(1), 79–94.
- Walle, K. Vande, Zutter, L. De, & Cox, E. (2011). Oral infection with a Shiga toxin-negative *Escherichia coli* O157 : H7 strain elicits humoral and cellular responses but does not protect sheep from colonisation with the homologous strain. *Veterinary Microbiology*, *148*, 317–322. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.09.012>
- Wibowo, R. H., Darwis, W., Sipriyadi, S., Wahyuni, R., Sari, D. A., Silvia, E., Adriansyah, A., Trianda, A.,

- & Setiawan, R. (2022). Potency of Ketapang (*Terminalia catappa* L.) Leaves Methanol Extract Against Pathogenic Bacteria of Catfish (*Clarias batrachus* L.). *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 8(1), 82–92.
- Yardimci, B., & Aydin, Y. (2011). Temuan patologis infeksi *Aeromonas hydrophila* eksperimental pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Ankara Univ Doker Hewan Fak Derg*, 58, 47–54.
- Yasani, S., Mulis, M., Lamadi, A., & Fintarji, R. (2024). Efektivitas Lama Waktu Perendaman Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Upaya Pengobatan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) yang Diinfeksi Jamur *Saprolegnia* sp. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 8(2), 129–144.