

Uji Toksisitas Akut dan Sub Lethal Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Benih Ikan Jelawat (*Leptobarbus hoevenii*)

*Acute and Sub Lethal Toxicity Test Using Liquid Palm Oil Waste Against Jelawat (*Leptobarbus hoevenii*)*

Taufik Hidayat^{1*}, Syafriadiman¹, Saberina Hasibuan¹

¹Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan,
Universitas Riau, Pekanbaru 28293 Indonesia
email: taufik.hidayat@gmail.com

(Diterima/Received: 03 Oktober 2024; Disetujui/Accepted: 02 November 2024)

ABSTRAK

Peningkatan produksi kelapa sawit akan berdampak pada peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan. Ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) merupakan ikan asli perairan Indonesia terutama terdapat di sungai, danau dan perairan umum lainnya sehingga berpotensi tercemar limbah kelapa sawit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor. Pada uji pendahuluan tujuh perlakuan dan dua kali ulangan, pada uji toksisitas akut lima taraf perlakuan tiga kali ulangan dan pada uji sublethal empat taraf perlakuan tiga kali ulangan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan pada uji toksisitas akut dan sub-lethal ada pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan benih ikan jelawat dan perlakuan dalam uji sub-lethal yang terbaik terdapat pada konsentrasi P1 (1,98 mL/L) dengan bobot mutlak 2,37 g, laju pertumbuhan spesifik 1,63% dan kelulushidupan 100%. Nilai batas aman biologi limbah cair kelapa sawit untuk ikan jelawat, yaitu 1,98 mL/L. Gambaran histologi struktur jaringan usus ikan jelawat terlihat adanya kerusakan seperti edema, hemoragi dan nekrosis. Parameter kualitas air seperti suhu air berkisar antara 26-28°C, pH berkisar antara 6-7,9, DO berkisar antara 3,1-4,3 mg/L, CO₂ berkisar antara 8,2-14,1 mg/L dan amoniak berkisar 0,0052- 0,0568 mg/L. Nilai LC₅₀ 96 jam yaitu 198.58 mL/L.

Kata Kunci: Limbah Kelapa Sawit, Jelawat, Histologi

ABSTRACT

Increasing palm oil production will have an impact on increasing the amount of waste produced. Jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) is a fish native to Indonesian waters, especially found in rivers, lakes and other public waters so that it has the potential to be polluted with palm oil waste. The method used in this study is an experimental method using Complete Randomized Design with one factor. In the preliminary test seven treatments and two repeats, in the acute toxicity test five levels of treatment three times and in the sublethal test four levels of treatment three times. Based on the results of research that has been carried out on acute and sub-lethal toxicity tests, there is an effect of palm oil liquid waste on the growth and survival of jelawat fry and the best treatment in the sub-lethal test is found in P1 concentration (1.98 mL/L) with an absolute weight of 2.37 g, a specific growth rate of 1.63% and a survival rate of 100%. The biological safety level of palm oil liquid waste for jelawat fish is 1.98 mL/L. Histological description of the intestinal tissue structure of jelawat fish shows damage such as edema, hemorrhaging and necrosis. Water quality parameters such as water temperature ranges from 26-28 °C, pH ranges from 6-7.9, DO ranges from 3.1-4.3 mg/L, CO₂ ranges from 8.2-14.1 mg/L and ammonia ranges from 0.0052- 0.0568 mg/L. LC₅₀ value 96 hours is 198.58 mL/L.

Keywords: Palm Oil Waste, Jelawat, Histology

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang memenuhi hajat hidup orang banyak sehingga perlu dilindungi agar dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Pencemaran lingkungan perairan dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia yang membuang limbah ke dalam perairan tanpa melakukan pengolahan terlebih dahulu, misalnya limbah domestik, limbah industri, limbah perkotaan, dan limbah rumah tangga, salah satu limbah yang dibuang adalah limbah cair kelapa sawit.

Industri kelapa sawit adalah suatu industri yang menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar, dimana dalam mendapatkan satu ton minyak kelapa sawit dihasilkan dua setengah ton limbah cair pabrik kelapa sawit (Taha & Ibrahim, 2014). Perkembangan industri kelapa sawit saat ini sangat pesat, dimana terjadi peningkatan jumlah produksi kelapa sawit seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat, Peningkatan produksi kelapa sawit akan berdampak pada peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan. Limbah pada industri kelapa sawit adalah suatu buangan yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit yang berbentuk cair, padat, dan gas yang dapat berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar (Ahmad, 2011).

Limbah cair kelapa sawit merupakan salah satu polutan yang berpotensi menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Limbah industri ini diketahui dapat menyebabkan terjadinya pencemaran, khususnya pada badan perairan (Chan et al., 2013). Limbah cair tersebut dapat mencemari perairan karena kandungan zat organiknya tinggi, tingkat keasaman yang rendah, dan mengandung unsur hara makro seperti Nitrogen (N), Posfor (P), dan Kalium (K) sehingga perlu penanganan sebelum dibuang ke badan sungai (Azwir, 2006).

Ikan adalah salah satu organisme yang terpenting dalam budidaya perairan yang dapat dijadikan bioindikator untuk melihat apakah perairan tersebut tercemar, salah satunya adalah ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) yang dapat dijadikan sebagai organisme bioindikator untuk menguji toksisitas akut limbah cair kelapa sawit. Ikan jelawat merupakan ikan asli perairan Indonesia terutama terdapat di sungai, danau dan perairan umum lainnya. Ikan jelawat ini mempunyai

nilai ekonomis tinggi dan digemari oleh masyarakat, sehingga sangat potensial untuk dikembangkan.

Berdasarkan hasil penelitian Situmorang (2019), toksisitas limbah cair kelapa sawit dan uji sub-lethal memberikan pengaruh terhadap benih ikan baung (*Hemibagrus nemurus*) dalam wadah pemeliharaan. Selama penelitian, diperoleh nilai LC₅₀ 96 Jam sebesar 230,57 mL/L dan nilai Batas aman biologi (*Biological Safety Level*) sebesar 2,30 mL/L, sedangkan untuk penelitian terhadap ikan jelawat belum pernah dilaporkan. Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk penelitian uji toksisitas akut dan sub lethal menggunakan limbah cair kelapa sawit terhadap ikan jelawat.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Agustus 2022 bertempat di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Pembuatan preparat histologi dilakukan di Balai Veteriner (BVet) Bukittinggi.

2.2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor. Pada uji pendahuluan tujuh perlakuan dan dua kali ulangan, pada uji toksisitas akut lima taraf perlakuan tiga kali ulangan dan pada uji sublethal empat taraf perlakuan tiga kali ulangan. Sistem pemaparan pada uji pendahuluan, uji toksisitas akut dan subletal menggunakan sistem semi statik.

Adapun perlakuan yang dilakukan adalah P0 : Tanpa pemberian konsentrasi limbah cair kelapa sawit (kontrol), P1: Konsentrasi limbah cair kelapa sawit dengan dosis 0,01 mL/L, P2: dosis 0,1 mL/L, P3: dosis 1 mL/L, P4: dosis 10 mL/L, P5: dosis 100 mL/L dan P6: dosis 1.000 mL/L.

2.3. Parameter yang Diamati Pertumbuhan Bobot Mutlak

Pertumbuhan bobot mutlak menurut (Effendi, 1992) yaitu :

$$W = W_t - W_o$$

Keterangan:

W = Pertumbuhan bobot ikan (g)

W_t = Bobot ikan akhir pengamatan (g)

Wo = Bobot ikan awal pengamatan (g)

Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik [Effendie \(1992\)](#) yaitu :

$$LPS = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

LPS = Laju pertumbuhan harian (%)

Wo = Bobot ikan awal pengamatan (g)

Wt = Bobot ikan akhir pengamatan (g)

t = Lama penelitian (hari)

Tingkat Kelulushidupan

Tingkat kelulushidupan berdasarkan rumus [Effendie \(1992\)](#), yaitu:

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

Keterangan:

SR = Kelulushidupan (%)

Nt = Jumlah ikan hidup pada akhir (ekor)

No = Jumlah ikan hidup pada awal (ekor)

Pembuatan Preparat Histologi

Proses pengambilan organ dilakukan di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, pengambilan organ ini dilakukan setelah ikan diuji sub lethal selama 30 hari dan pembuatan preparat dilakukan di Balai Veteriner (Bvet) Bukit Tinggi.

Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu dan pH pengukuran dilakukan setiap hari. DO dan amoniak pengukuran dilakukan pada awal, pertengahan, dan akhir penelitian.

2.4. Analisis Data

Untuk mengetahui apakah limbah cair kelapa sawit memberi pengaruh kepada mortalitas ikan jelawat selama uji toksisitas dilakukan dengan analisa variansi (ANOVA), menggunakan software SPSS. Apabila perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata dimana $P < 0,05$ maka dilakukan uji lanjut Newman-Keuls untuk menentukan perbedaan masing-masing perlakuan ([Syafriadiman, 2006](#)). Data kualitas air ditabulasikan dalam bentuk tabel yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif. Untuk mencari Nilai lethal

concentration (LC50 96 jam) dilakukan dengan menggunakan metode EPA probit yakni prosedur statistic parameter dengan selang kepercayaan 95% (Finney, 1978).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji Pendahuluan

Hasil uji pendahuluan menunjukkan pengaruh limbah kelapa sawit terhadap mortalitas ikan jelawat dengan konsentrasi yang berbeda dalam waktu pemaparan selama 96 jam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Mortalitas Ikan pada Uji Pendahuluan

Perlakuan	Konsetrasi (mL/L)	Mortalitas (%)
P0	0,00	0
P1	0,01	0
P2	0,1	0
P3	1,0	10
P4	10,0	20
P5	100,0	35
P6	1000,0	100

Keterangan : Nilai Ambang Batas Bawah = 100,0 mL/L (P5) Nilai Ambang Batas Atas = 1000,0 mL/L (P6)

Berdasarkan hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan, diketahui bahwa pada perlakuan P0 (kontrol), P1 (0,01 mL/L) dan P2 (0,1 mL/L) tidak ditemukan mortalitas pada benih ikan jelawat selama 96 jam diikuti P3 (1 mL/L) mortalitas 10%, P4 (10 mL/L) mortalitas 20%, P5 (100 mL/L) mortalitas 35% setelah 24 jam hingga 96 jam pemaparan limbah. Sedangkan mortalitas ikan jelawat tertinggi pada P6 (1000 mL/L) yaitu 100%. Mortalitas benih ikan jelawat terjadi diduga karena pengaruh konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang berbeda pada wadah pemeliharaan. Limbah cair kelapa sawit pada perlakuan P0, P1 dan P2 merupakan konsentrasi limbah cair kelapa sawit terendah dari semua perlakuan yang diujikan.

Limbah cair kelapa sawit pada perlakuan P6 merupakan konsentrasi tertinggi dari semua perlakuan pada uji pendahuluan ini dengan dosis 1000 mL/L. Menurut [Maknuun et al. \(2021\)](#), setiap spesies memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap bahan kimia. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kemampuan dalam merespon bahan kimia tersebut.

Berdasarkan penelitian [Situmorang \(2019\)](#), uji pendahuluan yang dilakukan dengan uji toksisitas limbah cair kelapa sawit terhadap ikan Baung diperoleh hasil selama uji pendahuluan, mortalitas ikan baung pada konsentrasi 1000 mL/L mencapai 100% pada saat pengamatan jam ke-72. Sedangkan ikan jelawat membutuhkan waktu yang lebih cepat

untuk mengalami mortalitas 100% setelah terpapar limbah selama 48 jam. Sedangkan ikan jelawat membutuhkan waktu yang lebih cepat untuk mengalami mortalitas 100% setelah terpapar limbah selama 48 jam. Tingkah laku ikan jelawat selama uji pendahuluan 96 jam tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkah Laku Ikan Jelawat

Konsentrasi	Tingkah laku ikan Jelawat
P0 (kontrol)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan aktif • Bukaam mulut 131 kali/menit • Bukaam operculum 131 kali/menit • Kulit dan sirip normal
P1 (0,01 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan aktif • Bukaam mulut 130 kali/menit • Bukaam operculum 130 kali/menit • Kulit dan sirip normal
P2 (0,1 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan aktif • Bukaam mulut 130 kali/menit • Bukaam operculum 130 kali/menit • Kulit dan sirip normal
P3 (1 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan aktif • Bukaam mulut 126 kali/menit • Bukaam Operculum 126 kali/menit • Kulit dan sirip normal • Mortalitas sebanyak 10%
P4 (10 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan aktif • Bukaam mulut 124 kali/menit • Bukaam Operculum 124 kali/menit • Kulit berlendir dan sirip normal • Mortalitas sebanyak 20%
P5 (100 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Bukaam mulut 110 kali/menit • Bukaam Operculum 110 kali/menit • Kulit berlendir dan sirip normal • Mortalitas sebanyak 35% • Pergerakan sangat aktif. • Pergerakan tidak beraturan hingga ikan menabrak dinding akuarium.
P6 (1000 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Bukaam mulut 88 kali/menit • Bukaam Operculum 88 kali/menit • Kulit banyak lendir dan sirip gripis, mortalitas sebanyak 100%

Pengamatan tingkah laku dan morfologi ikan terpapar limbah cair kelapa sawit menunjukkan efek negatif. Perlakuan P0, P1, P2, dan P3 pergerakan ikan aktif, operculum, bukaam mulut dan kulit normal sedangkan untuk P4 dan P5 pergerakan ikan aktif, bukaam mulut, bukaam operculum menurun, sisik ikan berlendir dan sirip ikan normal. Sedangkan pada P6 Pergerakan ikan tidak beraturan hingga menabrak dinding akuarium, bukaam mulut dan operculum melambat, sisik ikan banyak mengeluarkan lendir dan sirip ikan gripis. Toksikan dalam penelitian ini dapat mengubah kondisi ikan jelawat yang pada

awalnya normal sampai menjadi mati. Terganggunya lingkungan akibat limbah cair industri kelapa sawit telah menyebabkan ikan menjadi stress, sehingga respon yang terlihat menjadi berbeda tergantung pada sensitifitas dan daya tahan ikan. Paparan limbah cair kelapa sawit menunjukkan efek negatif terhadap tingkah laku ikan, dimana ikan berenang secara tidak beraturan, diikuti gerakan operculum yang melambat serta sekresi lendir yang berlebihan dari permukaan tubuhnya yang disertai terjadinya perubahan warna.

Mortalitas Ikan Jelawat

Mortalitas ikan jelawat pada uji toksisitas akut dalam waktu pemaparan selama 96 jam mengalami peningkatan nilai mortalitas seiring dengan meningkatnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang diberikan. Persentase nilai mortalitas ikan jelawat pada uji toksisitas akut dalam waktu pemaparan selama 96 jam dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Mortalitas Ikan Jelawat pada Uji Toksisitas Akut selama 96 Jam

Perlakuan	Konsentrasi (mL/L)	Mortalitas (%)
P0	0	0
P1	100	20
P2	325	63
P3	550	83
P4	775	100

Rata-rata mortalitas ikan jelawat pada perlakuan P0 adalah 0%, karena pada P0 tidak ada pemberian limbah cair kelapa sawit pada media pemeliharaan ikan sehingga tidak terjadi kematian ikan jelawat. [Rand & Petrocelli dalam Sandra \(2017\)](#) menambahkan bahwa dalam perlakuan kontrol sebaiknya tidak ada satu organisme pun yang mengalami kematian, akan tetapi apabila dipersentasekan lebih dari 10% selama uji toksisitas akut, sebaiknya dilakukan pengulangan uji toksisitas akut.

Tabel 4 dapat dilihat perubahan tingkah laku ikan jelawat pada uji toksisitas akut mengalami perbedaan antar perlakuan. Pada konsentrasi 0 mL/L ikan bergerak aktif, bukaan mulut dan operculum 128 kali/menit, sirip dan sisik normal. Pada konsentrasi 100 mL/L pergerakan ikan hiperaktif, bukaan mulut dan operculum 110 kali/menit, sisik dan sirip normal, mulai bergerak ke permukaan, dan mengalami kematian 20%. Pada konsentrasi 325 mL/L pergerakan lambat, bukaan mulut dan operculum 98 kali/ menit, sirip gripis, dan kematian ikan sebesar 63%.

Pada konsentrasi 550 mL/L, pergerakan ikan menjadi lambat. [Mulyanti *et al.* \(2018\)](#), Energi dalam tubuh ikan, selain digunakan untuk bergerak juga digunakan untuk osmoregulasi mempertahankan laju metabolisme dalam tubuh. Kegiatan osmoregulasi ini membutuhkan energi yang lebih besar saat ikan berada dalam kondisi stres oleh karena itu pergerakan ikan menjadi lambat karena cadangan energi yang dimiliki ikan

digunakan sebagai energi untuk metabolisme sering berenang ke permukaan air, bukaan mulut dan operculum 92 kali/menit, sirip gripis, dan sisik terlepas serta terjadi mortalitas ikan sebanyak 83%.

Pada konsentrasi 775 mL/L pergerakan lambat, bukaan mulut dan operculum 90 kali/menit, sirip gripis, sisik ikan banyak mengeluarkan lendir dan terlepas serta terjadi kematian dengan mortalitas ikan sebanyak 100%. Ikan yang mengalami kematian, disebabkan oleh konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang diberikan semakin meningkat sesuai dengan perlakuan yang diuji. Semakin meningkatnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang diberikan semakin meningkat pula senyawa toksikan yang terdapat pada media pemeliharaan ikan yang mengakibatkan menghambatnya laju pertumbuhan ikan jelawat dan dapat menimbulkan kematian. Pada penelitian ini ikan banyak mengeluarkan lendir karena efek dari limbah cair kelapa sawit, lendir berfungsi untuk ikan beradaptasi terhadap media air yang tercemar limbah cair kelapa sawit. Hal ini sesuai menurut pendapat [Mokhtar \(2017\)](#), sekresi lendir pada ikan sebagai parameter utama kekebalan ikan dan proses adaptasi ikan terhadap lingkungannya.

Ikan yang tercemar logam berat Pb dengan konsentrasi rendah akan mengalami pengaruh yang terjadi pada ikan tanpa mengakibatkan kematian. Pengaruh ini menghambatnya pertumbuhan atau perkembangan, reproduksi, dan menyebabkan terjadinya perubahan morfologi serta merubah tingkah laku ikan, hal ini sesuai dengan pendapat [Velusamy *et al.* \(2014\)](#) kandungan logam berat Pb dalam perairan pada konsentrasi yang melebihi baku mutu dapat berdampak pada organisme perairan secara langsung maupun tidak langsung. Dampak yang ditimbulkan dapat berupa gangguan kesehatan, kecacatan, bahkan dapat menimbulkan kematian biota air. Logam berat pada limbah cair pabrik kelapa sawit untuk logam berat kadmium (Cd) sebesar 1,83 mg/L, logam berat timbal (Pb) sebesar 1,10 mg/L, logam berat tembaga (Cu) sebesar 1,25 mg/L, dan logam berat seng (Zn) sebesar 1,78 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dimana kadar untuk Cd 0,05 mg/L, Cu 2 mg/L, Pb 0,1 mg/L, dan Zn 5 mg/L ([Putri, 2024](#)).

Tabel 4. Pengamatan Tingkah Laku Ikan Jelawat pada Uji Toksisitas Akut

Konsentrasi	Tingkah Laku Ikan Jelawat
P0 (0 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan aktif • Operculum dan bukaan mulut 128 kali/menit • Sisik dan sirip normal
P1 (100 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan hyperaktif, sering berenang ke permukaan air • Operculum dan bukaan mulut 110 kali/menit • Sisik dan sirip normal • Mortalitas sebanyak 20%
P2 (325 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan lambat • Operculum dan bukaan mulut 98 kali/menit • Sisik dan sirip normal • Mortalitas Sebanyak 63%
P3 (550 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan lambat, berenang ke permukaan air, dan menabrak akuarium • Operculum dan bukaan mulut 92 kali/menit • Sisik terlepas dan Sirip gripis • Mortalits sebanyak 83%
P4 (775 mL/L)	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan lambat • Operculum dan bukaan mulut 90 kali/menit • Sisik banyak lendir dan terlepas • Sirip gripis • Mortalitas sebanyak 100%

Nilai LC₅₀ 96 Jam

Selama uji toksisitas akut 96 jam didapatkan hasil analisis penentuan nilai LC₅₀ 96 jam limbah cair kelapa sawit dengan metode *EPA Probit* dalam SPSS yang tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Nilai LC₅₀ 96 Jam menggunakan Analisis *EPA Probit*

Ulangan	Nilai LC ₅₀ 96 jam
1	226.473
2	198.137
3	171.158
Rata-rata	198.58

Rata-rata nilai LC₅₀ 96 jam limbah cair kelapa sawit terhadap benih ikan jelawat selama uji toksisitas akut adalah sebesar 198,589 mL/L. Jika limbah cair kelapa sawit pada konsentrasi tersebut masuk ke dalam lingkungan perairan dapat menyebabkan kematian 50% benih ikan jelawat selama 96 jam. [Kaoud \(2011\)](#) menyatakan bahwa nilai LC₅₀ suatu biota dipengaruhi oleh jenis, ukuran serta bahan toksikan yang digunakan.

Nilai Batas Aman Biologi (*Biological Safety Level*)

Nilai LC₅₀ 96 jam limbah kelapa sawit terhadap benih ikan jelawat selama uji toksisitas akut adalah sebesar 198,58 mL/L. Nilai Batas Aman Biologi yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang telah

dilakukan sebesar 1,98 mL/L. Maka dapat disimpulkan bahwa limbah cair kelapa sawit dalam penelitian ini memiliki kadar toksik yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan konsentrasi LC₅₀ 96 jam dengan jenis toksikan yang sama (limbah cair kelapa sawit) namun menggunakan hewan uji ikan lele sangkuriang dengan dosis yang berbeda pada penelitian [Emilia \(2020\)](#) yang memperoleh nilai batas aman biologi sebesar 4,18 mL/L.

3.2. Uji Toksisitas Sub Lethal

Tingginya Konsentrasi yang digunakan dalam uji sub kronis yaitu: P0 (0,0 mL/L), P1 (1,98 mL/L), P2 (19,85 mL/L) dan P3 (198,58 mL/L).

Bobot Mutlak Ikan Jelawat (*L. hoevenii*)

Bobot pertumbuhan ikan jelawat selama uji sub-lethal mengalami penurunan dengan peningkatan konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang diberikan tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Pertumbuhan Bobot Mutlak Ikan Jelawat Selama Uji Sub-Lethal

Perlakuan	Bobot Mutlak (g)
P0(Kontrol)	2,93± 0,17 ^c
P1(1,98 mL/L)	2,39± 0,30 ^b
P2 (19,85 mL/L)	1,69± 0,28 ^a
P3(198,58 mL/L)	1,46± 0,30 ^a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan bobot mutlak benih ikan jelawat selama uji toksisitas sub-lethal mengalami penurunan sesuai dengan tingkat dosis limbah cair kelapa sawit yang diberikan pada masing-masing wadah pemeliharaan. Hasil Analisis Varians (ANOVA), menunjukkan bahwa konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang diberikan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap pertumbuhan bobot mutlak benih ikan jelawat.

Pertumbuhan bobot tertinggi terdapat pada P0 (kontrol) yaitu sebesar 2,93 g dan terus mengalami penurunan selama masa pemeliharaan 30 hari, dimana pada perlakuan P1 (1,98 mL/L) dengan bobot 2,39 g, P2 (19,85 mL/L) dengan bobot 1,69 g dan pada perlakuan P3 (198,58 mL/L) dengan bobot 1,46 g. Bobot mutlak ikan yang terus menurun pada perlakuan P1, P2 dan P3 diduga diakibatkan oleh kandungan toksik yang ada pada limbah cair kelapa sawit dimana limbah cair pabrik kelapa sawit dapat memberikan efek negatif terhadap organisme perairan karena mengandung bahan organik yang tinggi seperti COD, TSS dan berbagai logam berat (Cd, Cu, Fe, dan Zn). Hal ini sesuai dengan pendapat Novitasari et al. (2017) bahwa masuknya toksik ke dalam insang dapat menyebabkan keracunan karena bereaksi dengan fraksi tertentu dari lendir insang sehingga akan mengganggu sistem pernapasan dan aktifitas metabolisme yang akhirnya akan menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat, bahan toksik yang terakumulasi menyebabkan nafsu makan berkurang dan energi yang berasal dari makanan lebih banyak digunakan untuk mempertahankan diri dari tekanan lingkungan.

Laju Pertumbuhan Spesifik Ikan Jelawat (*L. hoevenii*)

Hasil penelitian laju pertumbuhan spesifik ikan Jelawat pada uji sub-lethal tersaji pada Tabel 7.

Tabel 7. Laju pertumbuhan Spesifik Benih Ikan Jelawat

Perlakuan	LPS (%)
P0 (Kontrol)	1,75 ± 0,02 ^c
P1 (1,98 mL/L)	1,65 ± 0,06 ^b
P2 (19,85 mL/L)	1,52 ± 0,06 ^a
P3 (198,58 mL/L)	1,48 ± 0,05 ^a

Tabel 7 dapat dilihat bahwa rata-rata laju pertumbuhan spesifik ikan jelawat pada P0 (kontrol) 1,75 %, P1 (1,98 mL/L) 1,65%, P2 (19,85 mL/L) 1,52% dan P3 (198,58 mL/L) 1,48%. Hasil Analisis Varians (ANOVA) konsentrasi limbah cair kelapa sawit berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan jelawat.

Berdasarkan hasil uji lanjut didapatkan perlakuan terbaik pada konsentrasi P0 (kontrol) karena hasil laju pertumbuhan spesifik ikan pada konsentrasi tersebut memiliki nilai yang paling tinggi, hal ini disebabkan karena tidak terdapat bahan toksik ataupun kandungan toksikan pada wadah pemeliharaan dan kualitas air yang baik juga ikan dapat merespon makanan dengan baik. Penurunan laju pertumbuhan spesifik mulai terjadi pada perlakuan P1 dan penurunan laju pertumbuhan spesifik tertinggi terdapat pada perlakuan P2 dan P3. Hal ini disebabkan kualitas air yang menurun karena meningkatnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit menyebabkan ikan stress, pakan yang diberikan tidak direspon dengan baik sehingga mempengaruhi laju pertumbuhan ikan selama masa pemeliharaan 30 hari. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Syafriadiman (2010) bahwa terdapat penurunan laju pertumbuhan disebabkan kondisi air yang tidak mendukung untuk pertumbuhan ikan yang diberikan limbah cair kelapa sawit.

Kelulushidupan Benih Ikan Jelawat (*L. hoevenii*)

Hasil pengamatan terhadap kelulushidupan ikan jelawat selama uji sub-lethal tersaji pada Tabel 8.

Tabel 8. Kelulushidupan Ikan Jelawat selama Uji Sub-Lethal

Perlakuan	Kelulushidupan (%)
P0 (Kontrol)	100 ± 0,00 ^b
P1 (1,98 mL/L)	100 ± 0,00 ^b
P2 (19,85 mL/L)	73,3 ± 1,15 ^a
P3 (198,58 mL/L)	63,3 ± 5,77 ^a

Berdasarkan Tabel 10 menunjukkan bahwa rata-rata persentase kelulushidupan benih ikan jelawat pada perlakuan P0 (kontrol) 100%, P1 (1,98 mL/L) 100%, P2 (19,85 mL/L) 73,3 % dan P3 (198,58 mL/L) 63,3 %. Hasil Analisis Varians (ANOVA), menunjukkan

bahwa konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang diberikan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kelulushidupan benih ikan jelawat.

Hasil uji lanjut *Student Newman Keuls* juga menunjukkan bahwa perlakuan P0 (kontrol) dan P1 (1,98 mL/L) menunjukkan perbedaan nyata terhadap perlakuan P2 (19,85 mL/L) dan P3 (198,58 mL/L), dan didapatkan perlakuan terbaik pada konsentrasi P1 karena kelulushidupan yang sama dengan P0, sedangkan jika konsentrasi ditingkatkan dengan dosis P3 maka rata-rata kelulushidupan ikan menjadi menurun. Konsentrasi berbeda limbah cair kelapa sawit memberikan tingkah

laku yang berbeda-beda dari setiap individu ikan nila dan mempengaruhi tingkat kelulushidupan benih ikan nila merah (*Oreochromis* sp), dan [Muliari & Zufahmi \(2016\)](#) limbah cair Kelapa Sawit memiliki kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan padatan tersuspensi yang tinggi sehingga dapat membahayakan keberlangsungan hidup ikan jelawat. Konsentrasi berbeda limbah cair kelapa sawit memberikan tingkah laku yang berbeda-beda dari setiap individu ikan jelawat. Pengamatan dan morfologi ikan jelawat dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Tingkah Laku dan Morfologi Ikan Jelawat pada Uji Sub Lethal

Konsentrasi	Tingkah Laku Ikan Jelawat
P0 (Kontrol)	<ul style="list-style-type: none"> ● Pergerakan aktif ● Bukaannya mulut dan operculum 128kali/menit ● Kulit ikan normal dan sirip normal ● Mortalitas 0%
P1 (1,98 ml/L)	<ul style="list-style-type: none"> ● Pergerakan aktif ● Bukaannya mulut dan operculum 126 kali/menit Kulit ikan normal dan sirip normal ● Mortalitas 0%
P2 (19,85 ml/L)	<ul style="list-style-type: none"> ● Pergerakan aktif ● Bukaannya mulut dan operculum 120 kali/menit ● Kulit ikan normal dan sirip normal ● Mortalitas 26,7%
P3 (198,58 ml/L)	<ul style="list-style-type: none"> ● Pergerakan aktif ● Bukaannya mulut dan operculum 110 kali/menit ● Kulit ikan normal dan sirip normal ● Mortalitas 36,7%

Kondisi ikan pada uji sub-lethal dalam penelitian ini bahwa benih ikan jelawat kelihatan pergerakannya aktif, seimbang dan lincah. Kondisi morfologi tubuh ikan normal tidak ada sirip dan sisik yang terlepas. Bukaannya mulut dan operculum ikan bergerak teratur dan melambat pada konsentrasi tinggi karena menurut [Sahetapy & Borut \(2018\)](#) Semakin tinggi konsentrasi dan semakin lama waktu pemaparan pada ikan akan menurunkan frekuensi bukanya operculum. Hal ini berdampak pada ikan yang semakin sulit memperoleh oksigen sehingga bukanya operculum ikan tersebut semakin cepat pada awal pemaparan dan berangsur-angsur menurun, sehingga dapat mengakibatkan kematian pada ikan karena kekurangan oksigen terlarut untuk proses respirasi. Mortalitas pada uji sub lethal ini P2 (19,85mL/L) adalah 26,7% dan P3(198,58 mL/L) dengan 36,7%.

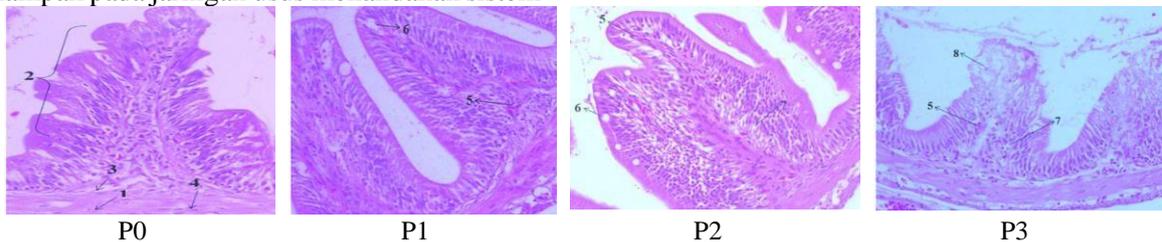
3.3. Histologi Usus

Preparat ini diamati di bawah mikroskop Olympus CX21, bila jaringan sudah tampak jelas pada pembesaran rendah 200x kemudian dilanjutkan pengamatan dengan pembesaran 400x, kemudian dilakukan pemotretan dengan menggunakan kamera digital. Hasil pengamatan histologi usus ikan jelawat.

Gambar 1 hasil pengamatan terhadap struktur jaringan usus ikan jelawat pasca uji sub-lethal didapatkan pada masing-masing perlakuan mengalami perubahan struktur jaringan yang berbeda-beda. Usus memiliki peran penting dalam proses pencernaan makanan khususnya dalam membantu penyerapan nutrisi. Terjadinya kerusakan pada struktur histologi pada usus dapat menyebabkan terganggunya proses penyerapan nutrisi makanan ([Haloi, 2013](#)). Struktur jaringan usus ikan jelawat normal (P0) menunjukkan kondisi pada organnya masih

terlihat utuh dan tidak ada kerusakan. Kondisi pada P₁ ditemukan adanya sel goblet dan kerusakan seperti hemoragi. Selanjutnya pada perlakuan P₂ ditemukan edema, haemoragi dan sel goblet. Sedangkan pada perlakuan P₃ ditemukan sel goblet, edema, dan nekrosis. Menurut [Diba et al. \(2018\)](#) perubahan histologi pada usus dapat disebabkan oleh mikroba, patogen dan zat toksik yang masuk ke dalam usus. patogen bisa masuk melalui cara oral ke dalam usus khususnya masuk melalui makanan yang dikonsumsi ikan.

Gambar 1 pada P₁, P₂, dan P₃ ditemukan adanya sel goblet. Sel goblet yang muncul atau nampak pada jaringan usus menandakan sistem



Gambar 1. Struktur Jaringan Usus Ikan Jelawat Pasca Uji Sub -Lethal Limbah Cair Kelapa Sawit (Pembesaran 400x)

Keterangan: 1. Membran Serosa, 2. Mukosa, 3. Sub Mukosa, 4. Muskularis, 5. Hemoragi, 6. Sel Goblet, 7. Edema, 8. Nekrosis

Nekrosis merupakan kerusakan jaringan yakni kematian sel yang bersifat Irreversible atau tidak dapat disembuhkan kembali. Nekrosis menyebabkan terjadinya respon peradangan pada jaringan yang masih hidup disekitar daerah yang terjadi nekrosis. [Hutabarat \(2018\)](#) menyatakan bahwa kelainan jaringan ginjal akibat nekrosis menggambarkan keadaan dimana terjadi penurunan aktivitas jaringan yang dalam waktu singkat akan mengalami kematian struktur organ ginjal juga terlihat kelainan berupa hemoragi.

[Jamin & Erlangga \(2016\)](#) menyatakan bahwa hemoragi merupakan pendarahan pada sel yang diakibatkan oleh pecahnya pembuluh darah sehingga menyebabkan darah mengalir pada tempat yang tidak semestinya baik ke luar tubuh maupun ke dalam jaringan tubuh. Hemoragi pada histopatologi yang diamati terlihat dengan adanya bintik merah pekat atau hitam. Hal ini sesuai dengan [Andayani et al. \(2018\)](#), bahwa hemoragi ditandai dengan adanya bintik darah pada pembuluh darah jaringan tubuh yang diakibatkan kongesti pada hati sudah sangat parah sehingga menyebabkan pembuluh darah menjadi rusak. Selanjutnya, [A'yunin et al. \(2019\)](#) menyatakan ketika terjadi

pencernaan usus yang baik dan normal, bentuk sel goblet bulat. Sel goblet mengeluarkan cairan mukus membantu melumuri dinding sel atau jaringan usus untuk menghindari atau meminimalisir masuknya organisme atau zat toksin yang merugikan usus dan membantu usus memaksimalkan penyerapan nutrisi dari makanan. Hal ini sesuai dengan pernyataan [Sariati et al. \(2019\)](#), bahwa sel goblet berfungsi mensekresikan mukus untuk melumasi dan melindungi permukaan usus, mensintesis dan mensekresikan mukus glikoprotein berbentuk gel untuk melindungi sel-sel epitelium intestinal.

kerusakan pada pembuluh darah akibat eksotoksin, maka darah akan keluar dari pembuluh darah dan terjadilah hemoragi pada permukaan tubuh. Efek eksotoksin yang berkelanjutan akan menyebabkan semakin banyak sel-sel pada jaringan mati, sehingga akan nampak gejala klinis berupa nekrosis pada permukaan tubuh.

3.4. Kualitas Air

Salah satu faktor yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan kelulus-hidupan ikan yaitu pengelolaan kualitas air. Kebutuhan kualitas air dalam kegiatan budidaya harus dipertahankan baik kualitas maupun kuantitasnya. Sesuai dengan pendapat [Ghufran \(2011\)](#) terjaminnya mutu air sebagai syarat bagi kehidupan biota budidaya harus memenuhi kebutuhan optimal bagi ikan.

Derajat keasaman (pH) air selama penelitian, yaitu 6,1-7,6 derajat keasaman (pH) tersebut masih dalam kondisi optimum untuk pertumbuhan ikan jelawat. Hal ini sesuai dengan pernyataan [Syafriadiman et al. \(2005\)](#) pH yang ideal dalam budidaya perikanan adalah 5-9. [Herawati et al. \(2018\)](#), derajat keasaman (pH) optimum bagi kehidupan ikan

jelawat berkisar antara 6,5-7,5. Kondisi derajat keasaman media pemeliharaan berpengaruh terhadap kehidupan ikan jelawat. Saat nilai derajat keasaman kurang dari nilai optimal maka pertumbuhan ikan akan terhambat dan mudah terserang penyakit, sedangkan jika nilai

pH lebih dari nilai optimal maka pertumbuhan ikan akan terhambat.

Adapun parameter kualitas air yang diukur adalah Suhu, pH, DO, Amonia, dan Karbondioksida. Pengukuran kualitas air selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengukuran Kualitas Air

Perlakuan	Parameter				
	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	CO ₂ (mg/L)
P0	27-28	6-6,5	4,0-4,3	0,0052-0,0102	8,2-8,3
P1	26-27	6,6-6,7	4,0-4,1	0,0115-0,0177	8,3-8,6
P2	26-27	6,8-6,9	3,2-3,3	0,0101-0,0263	11,5-12,3
P3	27-28	7,8-7,9	3,1-3,2	0,0283-0,0568	13,6-14,1

Kandungan oksigen terlarut pada setiap perlakuan selama penelitian berkisar 3,1 - 4,3 mg/L, sesuai dengan Kahfi *et al.* (2016) kandungan oksigen terlarut lebih dari 5 mg/L pertumbuhan ikan berjalan dengan normal. Oksigen merupakan salah satu faktor pembatas sehingga bila ketersediaannya di dalam air tidak mencukupi kehidupan biota budidaya maka segala aktivitas akan terhambat. Fauzia & Heri (2020) juga menjelaskan bahwa kandungan oksigen terlarut yang baik dan layak bagi budidaya ikan harus melebihi 3,0 mg/L. Kandungan amonia selama penelitian berkisar antara 0,0052-0,0568 mg/L kisaran ini masih berada dalam kisaran optimal pemeliharaan ikan jelawat, konsentrasi amonia yang ideal dalam air bagi kehidupan ikan tidak boleh melebihi 1 mg/L (Kahfi *et al.*, 2016).

Amonia yang terdapat dalam wadah pemeliharaan dihasilkan dari sisa hasil metabolisme ikan jelawat seperti feses (Herawati *et al.*, 2018). Kandungan CO₂ selama penelitian berkisar 8,2-14,1 mg/L kisaran ini masih berada dalam kisaran optimal pemeliharaan ikan jelawat, kandungan CO₂ dalam air untuk pemeliharaan ikan jelawat adalah <12 mg/L. Kandungan CO₂ pada P3 adalah 13,6- 14,1 mg/L nilai ini melebihi batasan kisaran optimal (Rusliadi *et al.*, 2015).

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan pada uji toksisitas akut dan sub – lethal ada pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan benih ikan jelawat dan perlakuan dalam uji sub-lethal yang terbaik terdapat pada konsentrasi P1 (1,98 mL/L) dengan hasil bobot mutlak 2,37 g, laju pertumbuhan spesifik

1,63% dan kelulushidupan benih ikan jelawat 100%. Nilai batas aman biologi limbah cair kelapa sawit untuk ikan jelawat yaitu 1,98 mL/L Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi tersebut dapat dikatakan aman dan tidak membahayakan untuk pertumbuhan dan kelulushidupan budidaya ikan. Gambaran histologi usus ikan jelawat yang terkena dampak limbah cair kelapa sawit adalah pada struktur jaringan usus ikan jelawat terlihat adanya kerusakan, seperti edema, hemoragi dan nekrosis. Sedangkan pada struktur jaringan ginjal ikan jelawat terdapat kerusakan seperti hipertropi, hemoragi, dan nekrosis. Parameter kualitas air seperti suhu air berkisar antara 26-28 °C, pH berkisar antara 6-7,9, DO berkisar antara 3,1-4,3 mg/L, CO₂ berkisar antara 8,2-14,1 mg/L dan amoniak berkisar 0,0052-0,0568 mg/L. Nilai LC₅₀ 96 jam, yaitu 198.58 mL/L.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa kepada pabrik kelapa sawit (PKS) agar tidak membuang limbah melewati Nilai Batas Aman Biologi yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu 1,98 mL/L. Nilai ini tidak akan mengganggu kehidupan benih ikan jelawat di perairan. Perlu dilakukan pengamatan mengenai anatomi ikan dan melihat efek limbah cair kelapa sawit terhadap kesehatan ikan serta layak atau tidak untuk dikonsumsi oleh manusia dan juga perlu dilakukan penanganan limbah cair kelapa sawit sebelum dibuang ke perairan umum.

Daftar Pustaka

Ahmad, A. (2011). Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Hibrid

- Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*.
- Andayani, S., Henny, S., & Galih, D.A. (2017). Pengaruh Pemberian Bakteri *Lactobacillus plantarum* terhadap Histopatologi dan Hematologi Ikan Patin Jambal (*Pangasius djambal*) yang Diinfeksi Bakteri *Edwardsiella tarda*. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 1(1): 31 – 32
- A'yunin, Q., Kartikaningsih, H., Andayani, S., Surantika, M., & Fariendah., F. (2019). Efikasi Oxytetracycline terhadap Kesehatan Ikan Lele (*Clarias* sp.) yang Diinfeksi Bakteri *Edwardsiella tarda*. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1): 105-110.
- Azwir, A. (2006). *Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar*. Universitas Diponegoro.
- Chan, Y.J., Mei-Fong, C., & Chung-Lim, L. (2013). Optimization of Palm Oil Mill Effluent Treatment in an Integrated Anaerobic-Aerobic Bioreactor. *Sustainable Environment Research*, 23(3): 153-170.
- Diba, D.F., Rahman, W. E. (2018). Gambaran Histopatologi Hati, Lambung dan Usus Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Terinfeksi Cacing Endoparasit. *Jurnal Octopus Ilmu Perikanan*, 7(2):24-30.
- Effendi, E. (1992). *Metode Biologi Perikanan*. Yayasan Dwi Sri. Bogor. 111 hlm.
- Fauzia, S.R., & Suseno, S.H. (2020). Resirkulasi Air untuk Optimalisasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat (PIM)*, 2(5): 887-892.
- Finney, D.J. (1978). Stastical Method in Biological Assay. *Biometrical Journal*, 21(7) : 689-690.
- Ghufran, M.H.K. (2011). *Budidaya Ikan Lele di Kolam Ikan Terpal*. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Haloi, K., Kalita, M., & Nath, R. (2013). The Study on the Histopathological Changes of Stomach of *Channa punctatus* (Bloch). By used Pesticide Endosulfan. *Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences*, 13(2): 1-6.
- Herawati, H., Yulianti, R., Zahidah, Z., & Sahidin, A. (2018). Pengaruh Padat Tebar untuk Meningkatkan Produktivitas Budidaya Ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*) dengan Penggunaan Batu Aerasi High Oxy. *Jurnal Airaha*, 7(1):001–005.
- Hutabarat, M.V. (2018). Histopatologi Hati dan Ginjal Ikan Jambal Siam (*Pangasius hypophthalmus*) yang Direndam dengan Larutan Daun Inai (*Lawsonia inermis* L.). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*.
- 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.
- Kahfi, K.E., Riauaty, M., & Lukistyowaty, I. (2016). *Histopatologi Hati dan Ginjal Ikan Lele Dumbo (Clarias gariepinus) yang Diberi Pakan Simplisia Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana L)*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. Riau.
- Kaoud, H.A., Zaki, M.M., El-Dahshan, A.R., Saeid, S., & El-Zorba, H.Y. (2011). Amelioration the Toxic Effects of Cadmium- Exposure in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by using *Lemna gibba* L. *Life Science Journal*, 8(1): 185–195.
- Maknuun, L.L.I., Krisanti, M., & Wardiatno, Y. (2021). Sensitivitas dan Kelayakan Indeks Biotik Menggunakan Makro-avertebrata untuk Menentukan Status Kesehatan Sungai. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1):151–158.
- Mokhtar, D.M. (2017). *Fish Histology: From Cells to Organs*. Apple Academic Press.
- Muliari, & Zulfahmi, I. (2016). Dampak Limbah Cair Kelapa Sawit terhadap Komunitas Fitoplankton di Sungai Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 6 (2): 137–46.
- Mulyanti, Y., Boesono, H., & Sardiyatmo. (2018). Analisis Survival Rate Tawes

- (*Barbonymus gonionotus*) terhadap Perbedaan Salinitas sebagai Alternatif Umpan Hidup pada Penangkapan Cakalang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 7(1): 11–19.
- Novitasari, E., & Prasetyo, E. (2017). Uji Toksisitas Detergen Cair terhadap Kelangsungan hidup ikan Tengadak (*Barbonymus schwanenfeldii*). *Jurnal ruaya*, 5(2): 10–20.
- Emilia, I., Setiawan, A.A., & Mutiara, M.D. (2020). Uji Toksisitas Akut Herbisida Sintetik Ipa Glifosat terhadap Mortalitas Benih Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*). *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(2): 104–111.
- Putri, F.A.E. (2024) *Kajian Kandungan Logam Kadmium dan Timbal dalam Tanah, Serabut, dan Inti Kelapa Sawit di Lahan Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Universitas Jambi.
- Rusliadi, R., Putra, I., & Syafriyandi, S. (2015). Pemeliharaan Benih Ikan Jelawat (*Leptobarbus hoeveni* Blkr) dengan Padat Tebar yang Berbeda pada Sistem Resirkulasi dan Akuaponik. *Berkala Perikanan Terubuk*, 43(2): 1–13.
- Sandra, E.B. (2017). *Toksisitas Logam Berat Hg (Merkuri) dan Uji Subletal Ikan Patin (Pangasius hypophthalmus)*. Fakultas Perikanan Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 58 hlm
- Sahetapy, J.M.F., & Borut, R.R. (2018). Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Deterjen Bubuk terhadap Frekuensi Bukaan Operkulum dan Kelangsungan Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal TRITON*, 14(1): 35–40.
- Sariati, S., Masyitha, D., Zainuddin, Z., Fitriani, U., Balqis, C.D., Iskandar, I., & Thasmi, C.N. (2019). Jumlah Sel Goblet dan Kelenjar Liberkuhn pada Usus Halus Sapi Aceh. *JIMVET*, 3(2): 108–115.
- Situmorang, M.S. (2019). *Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit dan Uji Sub-Lethal pada Wadah Pemeliharaan Benih Ikan Baung (Hemibagrus nemurus)*. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Riau.
- Syafriadiman, S., Pamukas, N.A., & Hasibuan, S. (2005). *Prinsip Dasar Pengelolaan Kualitas Air*. Mina Mandiri Press. Pekanbaru.
- Syafriadiman, S. (2006). *Teknik Pengolahan Data Statistik*. Pekanbaru: CV Mina Mandiri. 270 hlm.
- Syafriadiman, S. (2010). Toksisitas Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit dan Uji Sublethal terhadap Ikan Nila (*Oreochromis* sp.). *Berkala Perikanan Terubuk*, 3(1): 95–106.
- Taha, M.R., & Ibrahim, A.H. (2014). COD Removal from Anaerobically Treated Palm Oil Mill Effluent (AT-POME) Via Aerated Heterogeneous Fenton Process: Optimization Study. *Journal of Water Process Engineering*, (1): 8–16.
- Velusamy, A., Kumar, P.S., Ram, A., & Chinnadurai, S. (2014). Bioaccumulation of Heavy Metals in Commercially Important Marine Fishes from Mumbai Harbor, India. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1): 218–224