

JURNAL

**UJI TOKSISITAS AKUT DAN UJI SUB LETHAL LIMBAH
CAIR SAWIT PADA MEDIA PEMELIHARAAN IKAN LELE
SANGKURIANG (*Clarias gariepinus*)**

OLEH

VINA OKTO VIANA



**FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN
UNIVERSITAS RIAU
PEKANBARU
2019**

**ACUTE AND SUBLETHAL TOXICITY TEST OF PALM OIL
WASTES IN THE MAINTENANCE MEDIA OF *Clarias gariepinus***

By

Vina Okto Viana ¹, Saberina Hasibuan ², Syafriadiman²
Faculty of Fisheries and Marine Resources
Riau University
Email: oktavianavina63@gmail.com

Abstract

This research was conducted on November 9, 2018 until December 15, 2018 at the Laboratory of Environmental Quality of Culture, Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau. Objective of this study to determine the effect of palm liquid waste on the acute toxicity test and sub lethal of *Clarias gariepinus* and safe doses for the growth of *C. gariepinus*. Determination of 96-h LC₅₀ using the EPA probit method in the SPSS program. Palm liquid waste has an effect on *C. gariepinus* in the preliminary test the threshold value below 100 ml/L is obtained and the upper threshold value is 1000 ml/L. In acute toxicity the value obtained of 96-h LC₅₀ is 417,936 ml / L and the safe biological value (Biological Safety Level) is 4,18 ml/L. In the sublethal test the best treatment during the study was found in treatment P1 (4 ml/L) with absolute weight growth of 4.95 g, specific growth rate of 4.94% and survival of 80%.

Keywords: toxicity, acute, sub lethal, palm liquid waste, *Clarias gariepinus*

- 1) Students of the Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau
- 2) Supervisor of the Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau

**UJI TOKSISITAS AKUT DAN UJI SUB LETHAL LIMBAH
CAIR SAWIT PADA MEDIA PEMELIHARAAN IKAN LELE
SANGKURIANG (*Clarias gariepinus*)**

Oleh

Vina Okto Viana ¹, Saberina Hasibuan ², Syafriadiman ²
Fakultas Perikanan dan Kelautan
Universitas Riau
Email : oktavianavina63@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 09 November 2018 sampai 15 Desember 2018 bertempat di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah cair sawit pada uji toksisitas akut dan sub lethal ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dan dosis yang aman untuk pertumbuhan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*). Penentuan nilai LC₅₀ 96 jam menggunakan metode EPA probit dalam program SPSS. Limbah cair sawit memberikan pengaruh terhadap ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dimana pada uji pendahuluan diperoleh nilai ambang batas bawah 100 ml/L dan nilai ambang batas atas 1000 ml/L. Pada toksisitas akut diperoleh nilai LC₅₀ 96 jam yaitu 417,936 ml/L dan nilai batas aman biologinya (*Biological Safety Level*) adalah sebesar 4,18 ml/L. Pada uji sublethal Perlakuan terbaik selama penelitian terdapat pada perlakuan P1 (4 ml/L) dengan pertumbuhan bobot mutlak sebesar 4,95 g, laju pertumbuhan spesifik 4,94 % dan kelulushidupan 80%.

Kata kunci : toksisitas, akut, sub lethal, limbah cair sawit, lele sangkuriang,

1) Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

2) Dosen Pembimbing Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

PENDAHULUAN

Keberadaan industri kelapa sawit menjadi salah satu sektor penting yang erat hubungannya dengan masalah lingkungan. Karena seiring dengan bertambahnya perkebunan kelapa sawit, maka akan meningkatkan jumlah produksi yang mengakibatkan bertambahnya jumlah pengelolaan minyak sawit dan jumlah limbah yang dihasilkan akan bertambah pula. 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 dan Ibrahim, 2014).

Limbah cair yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit berupa Palm Oil Mill Effluent (POME) air buangan kondensat (8-12%) dan air hasil pengolahan (13-23%). Limbah cair tersebut dapat mencemari perairan karena mengandung konsentrasi bahan organik yang relatif tinggi yaitu *Biological Oxigen Demand* (BOD) 25.500 mg/L, *Chemical Oxigen Demand* (COD) 48.000 mg/L, *Total Suspended Solid* (TSS) 31.170 mL/L, N 41 mL/L, minyak dan lemak 3.075 mL/L dan pH 4.0 (Wong *et al.*, 2009).

Paparan limbah cair kelapa sawit menunjukkan efek negatif terhadap tingkah laku ikan, dimana ikan berenang secara tidak beraturan, diikuti gerakan operculum yang melambat serta ekresi lendir yang berlebihan dari permukaan tubuhnya yang disertai terjadinya perubahan warna (Yosmaniar *et al.* 2009). Amalia (2013) menyatakan bahwa limbah cair kelapa sawit

menghambat laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan Patin.

Untuk mengidentifikasi karakteristik dan toksisitas akut limbah cair sawit, perlu dilakukan penelitian terhadap limbah cair sawit dengan menggunakan hewan uji berupa ikan. Salah satu ikan yang dijadikan sebagai organisme bioindikator adalah ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*). Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) merupakan ikan air tawar yang banyak diminati untuk dilakukan budidaya, memiliki harga yang ekonomis, mudah dibudidayakan dan permintaan pasar sangat besar. Penelitian tentang uji toksisitas limbah cair sawit terhadap ikan telah dilakukan sebelumnya oleh Destya (2016), mengenai uji toksisitas akut limbah cair kelapa sawit terhadap ikan Patin (*Pangasius sp.*). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai LC₅₀-96 jam selama uji toksisitas akut adalah 9,787 % dapat menyebabkan kematian ikan patin 50% dalam jangka waktu 96 jam. Metode uji toksisitas akut yang digunakan adalah metode *Renewal Test*.

Oleh karena hal-hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai uji toksisitas akut dan sub lethal limbah cair sawit pada media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*).

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah cair sawit pada uji toksisitas akut dan sub lethal ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dan dosis yang aman untuk pertumbuhan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 09 November 2018 sampai 15 Desember 2018 bertempat di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang digunakan berasal dari sumur bor, PK (KMnO_4) yang digunakan untuk membersihkan akuarium dari jamur dan parasit, benih ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) berukuran 5-7 cm yang berjumlah 450 ekor diperoleh dari para penjual benih ikan di Pekanbaru, limbah cair sawit yang diperoleh dari pabrik sawit PTPN V Sei. Pagar, Kampar.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari akuarium berukuran 30 cm x 30 cm x 20 cm, tangguk ikan, timbangan analitik, blower, batu aerasi, toples besar, pH meter.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor (Gaspersz, 1989) dengan menggunakan rumus :

$$Y_{ij} = \mu + 1 + \epsilon_{ij}$$

Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahap percobaan yang dilakukan secara tertib, yaitu : Uji pendahuluan merupakan uji untuk menentukan kisaran konsentrasi ambang batas atas (A) dan ambang batas bawah (B) dari toksisitas limbah cair sawit pada media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*). Uji toksisitas akut bertujuan untuk menentukan pengaruh limbah cair sawit terhadap mortalitas benih ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*)

selama 96 jam dan sekaligus menentukan nilai LC_{50} 96 jam serta menentukan nilai Batas Aman Biologi (*Biological Safety Level*). Uji sub lethal bertujuan untuk menentukan pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan kelulushidupan benih ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*).

Prosedur Penelitian

Persiapan Wadah Penelitian

Akuarium yang digunakan terlebih dahulu dicuci dengan air sumur bor, lalu direndam dengan larutan PK (KMnO_4) selama 24 jam untuk membasmi hama dan penyakit, selanjutnya akuarium dicuci dan dibilas kembali dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Setelah 24 jam kemudian akuarium diisi air, diaerasi, dan diberi tanda atau label sesuai dengan hasil acak.

Aklimatisasi Ikan Uji

Aklimatisasi dilakukan dengan perendaman kantong plastik selama 15 menit, lalu ikan ditebar pada wadah penampungan ikan dan baru diberi pakan setelah 24 jam. Ikan dibiarkan beradaptasi pada wadah tersebut selama 3 hari. Setelah 3 hari lalu ikan ditebar ke akuarium penelitian. Pakan yang diberikan berupa pellet komersil FF-999 dengan kandungan protein 30% dengan cara *adsatiation*, dengan frekuensi pemberian pakan 3 kali sehari.

Uji Pendahuluan

Konsentrasi limbah cair sawit dalam uji pendahuluan merujuk kepada konsenrasi yang disarankan oleh Rand dan Petrocelli (1989), yaitu = 0,00 ; 0,01 ; 0,1 ; 1,0 ; 10,0 ; 100,0 dan 1000,0 ml/L. Limbah cair

sawit dimasukan ke dalam wadah uji berisi air. Selanjutnya ikan uji dimasukan ke dalam wadah uji sebanyak 10 ekor/wadah (1 ekor/liter). Uji pendahuluan dilakukan selam 96 jam dimana pengamatan dilakukan selama jangka waktu pemaparan 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 dan 96 jam. Dilakukan juga pengamatan pada tingkah laku dan morfologi ikan.

Penentuan konsentrasi yang digunakan pada uji toksisitas akut ditentukan sesuai dengan formula Syafriadiman (2006) sebagai berikut:

$$P_n = B + (n - 1) \left[\frac{A - B}{N - 1} \right]$$

Uji Toksisitas Akut

Dalam uji toksisitas akut ini konsentrasi limbah cair sawit pada masing-masing media uji berdasarkan nilai ambang atas (A) dan nilai ambang bawah (B) yang didapat dari uji pendahuluan. Uji toksisitas akut dilakukan dengan mengukur masing-masing dosis konsentrasi yang telah didapat yaitu pada P0 (0,00 ml/L), P1 (100 ml/L), P2 (325 ml/L), P3 (550 ml/L), P4 (775 ml/L) dan P5 (1000 ml/L) (Lampiran 4) kemudian dimasukan kedalam wadah akuarium dengan kapasistas 10 L, selanjutnya pada masing-masing wadah dimasukan 10 ekor benih ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*).

Pengamatan benih ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) yang hidup dilakukan setelah pemaparan selama 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 dan 96 jam. Tingkah laku ikan diamati secara deskriptif yaitu pergerakan, bentuk sirip dan sisik, pergerakan operculum dan bentuk insang.

Penentuan Nilai LC₅₀ 96 Jam dan Nilai Batas Aman Biologi (*Biological Safety Level*)

Penentuan nilai LC₅₀ 96 jam menggunakan metode EPA probit dengan jalan menggunakan pendekatan statistik untuk melukis garis terbaik yang dibentuk melalui data-data kematian (mortalitas) ikan uji dan lama waktu pemaparan secara ringkas dilakukan dengan software *Probit Analisis* dalam program SPSS. Sedangkan nilai batas aman biologi dihitung dengan menggunakan rumus Denton dan Buldon dalam Syafriadiman (2000) sebagai berikut :

Nilai Batas Aman Biologi

$$(NBAB) = LC_{50} \text{ 96 jam } \times AF$$

Dimana : AF = "Application Factor untuk limbah cair sawit 0,01"

Uji Sub Letal

Konsentrasi limbah cair sawit dalam uji sub lethal pada penelitian ini berdasarkan dari Rand and Petrocelli (1985) yaitu 0 x LC₅₀ 96 jam, 0,01 x LC₅₀ 96 jam, 0,1 x LC₅₀ 96 jam, 1,0 x LC₅₀ 96 jam dengan 3 kali ulangan. Adapun konsentrasi yang diperoleh dan digunakan dalam uji sublethal yaitu : P0 (0,0 ml/L), P1 (4 ml/L), P2 (42 ml/L) dan P3 (418 ml/L).

Uji kelulushidupan dilakukan selama 30 hari dengan menggunakan metode semi dinamis dikarenakan adanya pergantian air dan penyiponan. Selama pemeliharaan ikan diberi pakan pelet komersil dengan kandungan protein 30% sebanyak 3 kali dalam sehari.

Parameter Yang Diukur Pada Uji Sub lethal

1. Pertumbuhan Bobot Mutlak

Menurut (Effendi, 1992) yaitu :

$$W_m = W_t - W_o$$

2. Laju Pertumbuhan Spesifik

Menggunakan rumus Metaxa *et al* (2006) yaitu :

$$L = \left[\frac{L_t - L_0}{t} \right] \times 100\%$$

3. Tingkat Kelulushidupan (SR)

Berdasarkan Effendie (1992) yaitu :

$$SR = \frac{N}{N} \times 100\%$$

4. Penentuan Nilai Aplikasi Faktor

Nilai faktor aplikasi (*Application factor, AF*) merupakan hubungan antara hasil pengujian toksisitas lethal (LC_{50}) dan hasil pengujian toksisitas akut (MATC). Maunth dan Stephen (1967) mengemukakan perlunya penentuan konsentrasi maksimum yang dapat diizinkan atau MATC (*Maximum Allowable Toxicant Concentration*), yang didefinisikan sebagai konsentrasi bahan pencemaran maksimum yang diizinkan dan aman bagi perkembangan organisme akuatik.

Nilai *Application factor* dapat dicari dengan menggunakan rumus menurut Mounth dan Stephant (1967) sebagai berikut :

$$AF = \frac{M}{L \quad 9 \quad ja}$$

Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran parameter kualitas air seperti suhu dan pH dilakukan setiap 24 jam sekali, sedangkan pengukuran DO, CO₂ dan NH₃ dilakukan pada awal, tengah dan akhir penelitian.

Analisis Data

Untuk mendapatkan nilai median lethal konsentrasi LC_{50} 96 jam di tentukan dengan metode EPA probit, yaitu prosedur statistik parameter pada selang kepercayaan 95% (Finney, 1978). Selanjutnya untuk mengetahui apakah limbah

cair sawit memberi pengaruh terhadap mortalitas ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) selama uji toksisitas maka dilakukan ANOVA dengan menggunakan software SPSS.

Dasar pengambilan keputusan dalam penelitian ini adalah mengikuti langkah-langkah yang disarankan oleh Syafridiman (2006) yaitu bila nilai p (probabilitas) < 0,01 maka hipotesis penelitian diterima dan jika nilai p (probabilitas) > 0,01 maka hipotesis penelitian di tolak, dan untuk mengetahui adanya perbedaan antara perakuan, dilakukan uji rentang Newman-Keuls, data kualitas air dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Pendahuluan

Hasil uji pendahuluan didapat nilai mortalitas tertinggi terdapat pada perlakuan P6 (1000,0 ml/L) yaitu 100%. Tingginya nilai mortalitas pada perlakuan P6 akibat dari konsentrasi limbah cair sawit sebanyak 1000 ml dalam 1 liter air pada media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) mampu meningkatkan nilai mortalitas sebanyak 100%. Kematian ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) pada konsentrasi 1000 ml/L mulai mengalami kematian pada jam ke 24, sedangkan pada konsentrasi 10-100 ml/L mulai mengalami kematian pada jam ke 48 yaitu dengan nilai mortalitas berkisar 10-30%. Nilai mortalitas terendah yaitu 0% terdapat pada konsentrasi 0,00-1 ml/L. Hasil pengamatan selama 96 jam tidak terjadi kematian pada ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*). Konsentrasi limbah cair sawit pada kisaran 0,00-1 ml/L dalam media

pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) tidak mampu menyebabkan kematian sehingga nilai mortalitasnya 0%.

Mortalitas Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi limbah cair sawit yang diberikan. Hal ini diduga karena semakin tingginya kandungan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair sawit yang bersifat toksik sehingga mematikan ikan. Menurut Amalia *et al.*, (2013) karakteristik limbah cair kelapa sawit memiliki bahan organik yang tinggi sehingga pada proses dekomposisinya menghasilkan amonia. Nilai amonia yang tinggi dapat menyebabkan kematian ikan yang tinggi. Hal ini sama dilakukan dengan Zulfahmi *et al.*, (2017) pada uji pendahuluan yang dilakukan dengan uji toksisitas limbah cair sawit terhadap ikan Nila diperoleh hasil selama uji pendahuluan, mortalitas kumulatif ikan Nila pada konsentrasi 35 mg/L telah mencapai 70% pada saat pengamatan jam ke- 6 dan mencapai 100% pada jam ke-24.

Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengalami kematian setelah terpapar limbah yaitu selama 24 jam. Koesumadinata dan Sutrisno (1997) menyatakan bahwa sensitivitas (kerentanan)

organisme terhadap toksikan adalah berbeda-beda menurut jenis dan ukurannya. Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) memiliki daya resistansi yang lebih tinggi terhadap pencemaran limbah cair kelapa sawit dibandingkan dengan ikan lainnya. Hal ini diduga karena ikan Lele dapat hidup pada rentang faktor pembatas yang luas sehingga memiliki daya toleransi yang lebih tinggi terhadap polutan dibandingkan dengan jenis ikan lainnya (Zulfahmi *et al.*, 2017).

Berdasarkan uji pendahuluan diperoleh nilai ambang batas bawah (BB) 100 ml/L dan untuk nilai ambang batas atas (BA) adalah 1000 ml/L. Penggunaan konsentrasi limbah cair sawit kisaran 0,01-1000 ml/L, maka diperoleh perlakuan untuk uji toksisitas akut sebagai berikut : P0 (tanda limbah cair sawit/kontrol); P1 (100 ml/L); P2 (325 ml/L); P3 (550 ml/L); P4 (775 ml/L) dan P5(1000 ml/L).

Hasil Uji Toksisitas Akut Mortalitas Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*)

Persentase mortalitas benih ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) akibat pemberian limbah cair sawit pada uji toksisitas akut selama 96 jam, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Mortalitas ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*)

Perlakuan	Jumlah Ikan Awal (Ekor/Wadah)	Ulangan			Jumlah Ikan Mati	Rata- Rata	Mortalitas (%)
		1	2	3			
P0(0 ml/L)	10	0	0	0	0	0	
P1(100 ml/L)	10	2	3	2	7	23	
P2(325 ml/L)	10	3	5	3	11	36	
P3(550 ml/L)	10	9	9	7	25	83	
P4(775 ml/L)	10	10	10	9	29	96	
P5(1000 ml/L)	10	10	10	10	30	100	

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa rata-rata mortalitas ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) pada perlakuan P0 (kontrol) adalah 0%. Persentase mortalitas 0% pada kontrol sesuai dengan penelitian Syafriadiman (2009) yang memelihara ikan nila merah (*Oreochromis* sp.) dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit 0,0 ml/L menghasilkan nilai mortalitas 0%. Rand dan Petrocelli (1985) 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. Sedangkan pada ikan yang mengalami kematian disebabkan oleh karakteristik air limbah yang menghambat laju pertumbuhan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*). Pada uji ini dapat terlihat gejala fisik yang timbul akibat keracunan pada ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) yaitu ikan menjadi hiperaktif, hilangnya keseimbangan, megap-megap hingga akhirnya mati.

Nilai LC₅₀ 96 Jam

Nilai LC₅₀ 96 jam limbah cair sawit terhadap ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) dengan waktu pemaparan 96 jam dengan menggunakan metode Probit dalam SPSS adalah 417,936 ml/L. Hal ini menunjukkan bahwa jika limbah cair sawit pada konsentrasi 417,936 ml/L masuk ke dalam lingkungan perairan dapat menyebabkan kematian 50% ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) selama 96 jam. Nilai LC₅₀ dalam penelitian ini ± 3 kali

lebih besar dibandingkan dengan penelitian Syafriadiman (2009) yang juga menggunakan limbah cair sawit dengan ikan uji yang berbeda yaitu ikan nila merah (*Oreochromis* sp) dengan nilai LC₅₀ 126,06 ml/L.

Tingginya nilai LC₅₀ pada penelitian ini menandakan bahwa limbah cair sawit yang digunakan tidak terlalu toksik terhadap ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) bila dibandingkan dengan ikan nila merah (*Oreochromis* sp), karena ikan lele dapat hidup ditempat-tempat kritis, seperti rawa, sungai, sawah, kolam ikan yang keruh, dan tempat berlumpur yang kekurangan oksigen. Hal ini terjadi karena ikan Lele mempunyai alat pernapasan tambahan berupa labirin yang berfungsi untuk bernafas dalam lumpur (Rukmana dan Yudirachman, 2017).

Batas Aman Biologi (*Biological Safety Level*)

Nilai batas aman biologi limbah cair sawit dengan menggunakan *application factor* yang disarankan oleh Denton dan Buldon (1981) dalam Syafriadiman (2000) untuk limbah cair sawit adalah $0,01 \times 417,936$ ml/L (LC₅₀ 96 jam), sehingga diperoleh batas aman biologi sebesar 4,18 ml/L. Semakin besar nilai LC₅₀ maka Nilai Batas Aman Biologinya (NBAB) akan semakin besar, sebaliknya apabila nilai LC₅₀ organisme uji kecil maka nilai batas aman biologi cenderung kecil.

Nilai batas aman biologi ini juga ditemukan oleh Amalia *et al.* (2013) nilai batas aman biologi limbah cair pabrik kelapa sawit pada ikan Patin yang didapat selama penelitian adalah sebesar 0,14 ml/L ($0,01 \times$ LC₅₀ 96 jam). Pada

Syafridiman (2009) limbah cair industri kelapa sawit untuk benih ikan nila merah selama penelitian adalah 1,26 ml/L. Nilai batas aman penelitian ini ± 3 kali lebih besar dengan hasil penelitian Romi (2003) untuk toksikan yang sama dengan organisme uji yang berbeda, yaitu larva ikan gabus (0,40 ml/L).

Hasil Uji Sub Lethal

Pertumbuhan Bobot Mutlak Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*)

Pertumbuhan rata-rata bobot mutlak ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) selama uji sub lethal dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pertumbuhan Bobot Mutlak Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*)

Perlakuan	Rata-Rata Bobot Ikan Hari Ke-				Bobot Mutlak
	0	10	20	30	
P0(0,0 ml/L)	1,45	2,76	4,88	6,49	5,04 \pm 0,11 ^b
P1(4 ml/L)	1,46	2,31	4,33	6,41	4,95 \pm 0,26 ^b
P2(42 ml/L)	1,46	2,24	4,19	6,17	4,71 \pm 0,17 ^b
P3(418 ml/L)	1,43	-	-	-	0,00 \pm 0,00 ^a

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

Berdasarkan Tabel 2 rata-rata pertumbuhan bobot mutlak ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) tertinggi terdapat pada P0 (0,0 ml/L) yaitu sebesar 5,04 g, kemudian diikuti oleh P1 (4 ml/L) sebesar 4,95 g, P2 (42 ml/L) sebesar 4,71 g dan pada P3 (418 ml/L) sebesar 0,00 g. Pertumbuhan bobot mutlak ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) yang terbesar dijumpai pada P1 (0,00 ml/L) disebabkan karena tidak adanya limbah cair sawit sehingga ikan respon terhadap makanan yang diberikan. Pada perlakuan P1 (4 ml/L) dan P2 (42 ml/L) pertumbuhan bobot mutlak ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) tidak berbeda dengan perlakuan P1 karena konsentrasi limbah cair yang diberikan masih dalam konsentrasi yang rendah sehingga tidak memberikan kesan yang berarti terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*). Pada perlakuan P3 (418 ml/L), ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) tidak mengalami pertumbuhan bobot mutlak karena

ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) pada hari ke enam mati semua. Hal ini terjadi karena kemungkinan ikan tidak mampu bertahan hidup dalam konsentrasi 418 ml/L, akibat kandungan toksik yang tidak bisa ditolerir oleh ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*), sehingga pada perlakuan P3 (418 ml/L) tidak dapat dilakukan perhitungan untuk bobot mutlak dan laju pertumbuhan spesifik ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*).

Hasil Analisis Varian (ANOVA) menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi limbah cair sawit yang diberikan dalam media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak ($p < 0,01$). Selanjutnya Uji lanjut Newman Keuls menunjukkan bahwa perlakuan P3 (418 ml/L) berbeda sangat nyata terhadap perlakuan P0 (0,0 ml/L), P1 (4 ml/L) dan P2 (42 ml/L). Sedangkan antar perlakuan P0 (0,0 ml/L) P1 (4 ml/L) dan P2 (42 ml/L) memberikan pengaruh yang

sama terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*).

Penurunan laju pertumbuhan bobot mutlak juga terdapat pada penelitian Amalia *et al.*, (2013) bahwa kelangsungan hidup, pertumbuhan dan tingkat konsumsi oksigen ikan Patin (*Pangasius* sp.) yang terpapar limbah cair pabrik kelapa sawit. Dimana rata-rata pertumbuhan mutlak tertinggi terdapat pada perlakuan A (0,00 ml/L), yang tidak berbeda nyata dengan pertumbuhan mutlak pada perlakuan B (0,07 ml/L) dan C (0,14 ml/L) (konsentrasi 1 % x LC50 96 jam) dan berbeda sangat nyata dengan pertumbuhan mutlak pada perlakuan D 90,88 ml/L), E (1,77 ml/L), F (3,53 ml/L) dan G (7,06 ml/L).

Menurut Taufik (2005) dalam Amalia (2013), bahan toksik yang

terakumulasi menyebabkan organ tubuh ikan mengalami gangguan sehingga mengurangi nafsu makan dan pemanfaatan energi yang berasal dari makanan lebih banyak digunakan untuk mempertahankan diri dari tekanan lingkungan. Esenowa dan Ogwumba (2010) menambahkan bahwa pertumbuhan *C. gariiepinus* semakin menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi toksikan, yang disebabkan oleh ikan tidak merespon pakan sehingga ikan kekurangan asupan nutrisi dan kekurangan energi.

Laju Pertumbuhan Spesifik Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*)

Hasil penelitian terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) pada uji sublethal dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Laju Pertumbuhan Spesifik Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*)

Ulangan	P0 (0,0ml/L)	P1 (4 ml/L)	P2 (42 ml/L)
1	5,18	5,44	5,06
2	4,78	4,94	4,45
3	5,04	4,44	4,91
Jumlah	14,99	14,82	14,42
Rata-Rata	5,00±0,20^b	4,94±0,50^b	4,81±0,31^b

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

Berdasarkan Tabel 3 rata-rata laju pertumbuhan spesifik ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) pada perlakuan P0 (kontrol) sebesar 5,00 %, pada P1 (4 ml/L) sebesar 4,94%, pada P2 (42 ml/L). Nilai laju pertumbuhan spesifik ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) tertinggi dijumpai pada P0 (0,00

ml/L) karena tidak adanya pemberian limbah cair sawit sehingga ikan respon terhadap makanan yang diberikan dan laju pertumbuhan spesifiknya meningkat. Untuk laju pertumbuhan spesifik P1 (4 ml/L) dan P2 (42 ml/L) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada perlakuan P0 (0,00 ml/L) karena

konsentrasi limbah cair sawit yang diberikan tidak terlalu bersifat toksik sehingga tidak memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan spesifik.

Konsentrasi limbah sawit mempengaruhi laju pertumbuhan spesifik yang dilihat dari hasil Analisis Varians (Anava) dengan $P < 0,01$. Selanjutnya hasil uji lanjut Newman Keuls menunjukkan bahwa P0 (0,0 ml/L) P1 (4 ml/L) dan P2 (42 ml/L) memberikan pengaruh yang sama terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*). Penurunan laju pertumbuhan spesifik juga terdapat pada penelitian Syafriadiman (2009) yaitu mengenai toksisitas limbah cair minyak kelapa sawit dan uji sub Lethal terhadap ikan Nila (*Oreochromis* sp.) menunjukkan bahwa rata-rata laju pertumbuhan spesifik benih ikan nila merah pada kontrol adalah 2,54%, pada perlakuan dengan konsentrasi 1,26 ml/L sebesar 2,40%, pada perlakuan dengan konsentrasi 31,6 ml/L sebesar 2,29%, dan pada perlakuan dengan konsentrasi 63,1 ml/L sebesar 2,16%.

Laju pertumbuhan spesifik antar perlakuan mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh kondisi media yang tidak mendukung bagi pertumbuhan ikan berupa kandungan bahan organik yang semakin meningkat dan bersifat

toksik pada limbah cair sawit yang menyebabkan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) menjadi stress. Pertumbuhan dipengaruhi oleh faktor eksternal dan internal, yang mana faktor eksternal meliputi suhu, jumlah makanan, kualitas makanan, kualitas air dan ruang gerak, sedangkan faktor internal meliputi umur, keturunan, kelamin, daya tahan terhadap penyakit dan kemampuan memanfaatkan makanan (Bakri, 2006).

Pada penelitian ini pakan yang diberikan sama, kualitas air relatif sama, hanya dibedakan kandungan konsentrasi limbah cair sawit yang diberikan pada media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) sehingga konsentrasi toksik yang terkandung juga semakin tinggi dan akan menyebabkan ikan menjadi stress kemudian pakan yang diberikan kurang direspon oleh ikan dan terjadi akumulasi toksik dalam tubuh ikan selanjutnya mengakibatkan penurunan pertumbuhan spesifik ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*).

Kelulushidupan Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) Selama Uji Sub Lethal

Hasil pengamatan kelulushidupan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) selama uji sub lethal dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kelulushidupan Ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) Selama Uji Sub Lethal

Perlakuan	Jumlah Ikan Awal (Ekor/Wadah)	Ulangan			Jumlah Ikan Hidup	Rata-Rata	SR (%)
		1	2	3			
P0(0 ml/L)	10	10	10	10	30	10	100±0,00^d
P1(4 ml/L)	10	8	7	9	24	8	80±10,00^c
P2(42 ml/L)	10	6	6	7	19	6,3	63±5,77^b

Berdasarkan Tabel 4 persentase kelulushidupan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa perlakuan P0 (0,0 ml/L) sebesar 100%, P1 (4 ml/L) sebesar 80%, pada P2 (42 ml/L) sebesar 63%. Berdasarkan hasil persentase tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah cair sawit menyebabkan kelulushidupan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) semakin menurun (Lampiran 10). Penurunan persentase kelangsungan hidup seiring meningkatnya konsentrasi limbah cair diduga karena daya toksik limbah tersebut yang dapat mematikan organisme uji. Interaksi yang tidak serasi antara ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dan kondisi lingkungan yang buruk dapat menyebabkan stress pada ikan Sangkuriang (*C. gariepinus*), sehingga sistem pertahanan tubuh ikan tersebut menjadi lemah dan terganggu. Hal tersebut dapat menyebabkan ikan lele mudah mati (Mulia, 2012).

Konsentrasi limbah sawit mempengaruhi kelulushidupan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) yang dilihat dari hasil Analisis Varians (Anava) dengan $P < 0,01$. Selanjutnya hasil uji lanjut Newman Keuls menunjukkan bahwa, persentase kelulushidupan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) pada P0 (0,0 ml/L), P1 (4 ml/L) dan P2 (42 ml/L) memiliki perbedaan yang nyata terhadap satu sama lainnya

Dalam hal ini nilai batas aman biologi limbah cair sawit yaitu 4 ml/L dapat dilakukan pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) yang mana memperoleh kelulushidupan sebesar 80% dan pada konsentrasi cair sawit sebesar 42 ml/L ikan Lele Sangkuriang (*C.*

gariepinus) memperoleh kelulushidupan 63%.

Dalam hal ini, pada nilai batas aman biologi limbah cair sawit yaitu 4 ml/L dapat dilakukan pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) yang mana memperoleh kelulushidupan sebesar 80% dan pada konsentrasi cair sawit sebesar 42 ml/L ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) memperoleh kelulushidupan 63%. Dengan demikian limbah cair sawit apabila masuk ke dalam perairan umum tidak begitu mematikan pada ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dan juga limbah cair sawit ini juga dapat dimanfaatkan untuk memelihara ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*).

Ada beberapa faktor yang membuat ikan mati mungkin salah satunya disebabkan oleh faktor kualitas air berupa amonia. Dimana nilai amonia pada media pemeliharaan ini tergolong tinggi dan bersifat toksik bagi ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*). Konsentrasi amonia yang tinggi pada suatu perairan akan menyebabkan kematian ikan yang terdapat pada perairan tersebut, amonia akan bersifat racun jika jumlah nilai amonia tinggi (Sihaloho, 2009).

Nilai Application Factor

Nilai *application factor* yang didapat berdasarkan Mount dan Stephan (1967) untuk ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) adalah 0,1. Nilai ini didapat dari perbandingan nilai LC_{50} 96 jam (417,936 ml/L) dengan konsentrasi batas aman dari uji sub lethal (42 ml/L). Hal ini menunjukkan bahwa pada pemaparan jangka panjang dengan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dalam stadia awal akan

menghasilkan data toksisitas sub lethal dengan lebih akurat, sehingga diperoleh perkiraan angka faktor yang lebih kecil.

Dari hasil penelitian ini (ambang konsentrasi toksikan limbah cair sawit $0,1 \times LC_{50}$ 96 jam) tergolong kedalam dosis rendah (sama dengan pada kontrol) yang tidak memberikan efek toksik sama sekali terhadap pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan kelulushidupan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*). Nilai AF pada penelitian ini (0,1) lebih besar dari pada yang dilaporkan oleh Putri (2007), yaitu 0,001 untuk logam berat cd terhadap benih ikan Lele Dumbo (*Clarias gariiepinus*, Burchell). Sedangkan pada Syafriadiman (2010), nilai aplikasi faktor limbah cair sawit pada ikan Nila (*Oreochromis sp.*) adalah 0,01

Parameter Kualitas Air

1). Suhu Air ($^{\circ}C$)

Rata-rata pengukuran suhu air selama penelitian berkisar 25-29 $^{\circ}C$. Perubahan suhu pada setiap perlakuan tidak berbeda jauh bahkan relatif hampir sama disebabkan penelitian ini dilakukan di dalam ruangan (Laboratorium) sehingga perubahan cuaca tidak terlalu mempengaruhi perubahan suhu. Suhu air yang baik untuk hidup ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) adalah kisaran 25-30 $^{\circ}C$ (Djoko, 2006). Kisaran suhu pada penelitian ini tergolong suhu yang bagus untuk budidaya ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*).

2). pH (Derajat Keasaman Air)

kisaran pH pada uji sub lethal adalah 5-8,2 tergolong baik untuk pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*). Dimana semakin tinggi konsentrasi limbah cair sawit

yang diberikan menyebabkan semakin meningkatnya nilai pH. Limbah cair sawit setelah proses pengolahan, memiliki kolam asam pada kolam 1. Setelah melalui beberapa proses dari kolam 1 sampai kolam 5 kondisi limbah menjadi basa. Hal ini dikarenakan pada kolam tersebut limbah telah diberi kapur dengan tujuan untuk menaikan nilai pH, sehingga limbah cair sawit yang pada awalnya asam menjadi basa (Hasugian, 2012). Sedangkan limbah yang diambil untuk digunakan adalah limbah dari kolam 2 yang masih dalam proses pengapuran. SNI (2014) menyatakan bahwa pH dalam pemeliharaan ikan Lele 6,6-7,5.

3). DO (Oksigen Terlarut)

Hasil pengukuran DO (oksigen terlarut) selama penelitian berkisar 5,1-7,6 mg/L. hal ini dikarenakan penggunaan aerator dalam menghasilkan gelembung-gelembung udara sehingga membuat kadar DO naik. Pada kisaran ini oksigen terlarut yang terkandung dalam media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang tergolong aman untuk pertumbuhan ikan Lele. Oksigen terlarut (DO) yang optimal untuk kelangsungan hidup ikan Lele Sangkuriang berkisar antara 5 – 6 mg/L (Djoko, 2006) sedangkan DO yang dapat mematikan ikan lele sangkuriang adalah 1,5 -2,0 mg/L (Rudiyanti, 2009).

4). CO₂ (Karbondioksida bebas)

Hasil pengukuran CO₂ (karbondioksida bebas) selama penelitian berkisar 4,00-31,63 mg/L. Semakin meningkat meningkatnya konsentrasi limbah cair sawit yang diberikan pada media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariiepinus*) semakin meningkat juga kandungan CO₂. Limbah cair sawit

melakukan proses fermentasi dalam pembentukan asam dan gas metana dari suatu senyawa organik sederhana pada reaksi anaerob sehingga melibatkan banyak reaksi percabangan yang banyak menghasilkan karbon dioksida (Linarsih dan Sarto, 2018).

Wardoyo (1981) menjelaskan bahwa karbondioksida bebas yang aman dalam perairan bagi kehidupan organisme akuatik adalah sebesar 12 ppm. Menurut Lingga (1989) karbondioksida bebas ini lebih mudah larut dalam air di bandingkan dengan oksigen, kekurangan oksigen terlarut menyebabkan ikan lebih aktif bernafas dan tanda ini bisa di lihat dari gerakan air di seputar insang.

5). Amonia (NH₃)

Hasil pengukuran amonia selama uji sublethal berkisar 0,001 - 0,0310 mg/L, semakin tinggi konsentrasi limbah cair sawit yang diberikan pada media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) selama uji sublethal maka semakin meningkat pula kandungan amonia. Limbah cair sawit memiliki bahan organik yang tinggi. Sehingga proses dekomposisinya menghasilkan amonia. Nilai amonia yang tinggi dapat menyebabkan kematian ikan yang tinggi. Boyd (1979) menyatakan paras toksik dari NH₃ untuk pemaparan jangka pendek adalah 0,6-2 ppm.

Afrianto dan Liviawaty (1992) menyatakan konsentrasi amonia yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan insang, sehingga ikan sulit mengambil oksigen dari lingkungan. Boyd (1979) paras toksik dari NH₃ pemaparan jangka pendek 0,6-2 ppm. Kisaran terendah amonia tak terionisasi yang masih diperbolehkan dalam usaha budidaya adalah 0.02

mg/L (Juliana, 2003). Amalia *et al.* (2013) menyatakan bahwa kadar amonia yang diperoleh selama uji sublethal pada ikan Patin adalah 0,002-0,058 mg/L yang dapat bersifat toksik bagi ikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan limbah cair sawit memberikan pengaruh terhadap ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dimana pada uji pendahuluan diperoleh nilai ambang batas bawah 100 ml/L dan nilai ambang batas atas 1000 ml/L. Pada toksisitas akut diperoleh nilai LC₅₀ 96 jam yaitu 417,936 ml/L dan nilai batas aman biologinya (*Biological Safety Level*) adalah sebesar 4,18 ml/L. Pada uji sub lethal pemberian limbah cair sawit memberikan pengaruh sama pada perlakuan P0 (0,00 ml/L), P1 (4 ml/L) dan P2 (42 ml/L) baik pada pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan kelulushidupan. Perlakuan terbaik selama penelitian terdapat pada perlakuan P1 (4 ml/L) dengan pertumbuhan bobot mutlak sebesar 4,95 g, laju pertumbuhan spesifik 4,94 % dan kelulushidupan 80%, pada konsentrasi tersebut limbah cair sawit aman untuk proses pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dan bila masuk ke dalam perairan umum tidak membayakan bagi ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*).

Saran

Limbah cair sawit pada media pemeliharaan ikan Lele Sangkuriang (*C. gariepinus*) dengan konsentrasi 4 ml/L diperoleh kelulushidupan sebesar 80%. Tingkat kelulushidupan ikan yang tinggi ini perlu dilakukan pengamatan mengenai mengenai

anatomi ikan dan melihat efek limbah cair sawit terhadap kesehatan ikan serta layak atau tidak untuk dikonsumsi oleh manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E dan E. Liviawaty, 1992. *Pengendalian Hama dan Penyakit Ikan*. Kanisius. Yogyakarta. 87 hlm.
- Amalia R, Marsi, dan Ferdinant HT. 2013. Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan dan Tingkat Konsumsi Oksigen Ikan Patin (*Pangius sp*) yang Terpapar Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia* 1 (2): 203-215.
- Bakri, S. 2006. Toksisitas Limbah Cair Industri Kelapa Sawit dan Uji Sublethal Terhadap Pertumbuhan Ikan Sepat Rawa (*Trichogaster trichogaster*). *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. 68 hlm. (tidak diterbitkan).
- Boyd, 1979. *Water Quality in Warm Water Fish Pond*. Auburn University. Agriculture Experiments station. Alabama. 389 pp.
- Destya, Q. 2016. Uji Toksisitas Limbah Cair Sawit Terhadap Ikan Patin (*Pangasius sp.*) Dengan Metode *Renewel Test*. *Jurnal Online Mahasiswa*. 3(2) : 1-9.
- Djoko. 2006. *Lele Sangkuriang Alternatif Kualitas di Tanah Priangan*. Trobos. Jakarta. : 80–81 hlm.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 256 hlm.
- Esenowo, I. K dan O. A. Ugwumba. 2010. Growth response of catfish (*C. gariepinus*) exposed to water soluble fraction of detergent and diesel oil. *Environmental Reseach Journal*. 4 (4) : 298-301
- Finney. D. J. 1978. *Statistical Method in Biological Assay*. Charles Griffin and Co Ltd. *Biometrical Journal*. 21 (7) : 689-690
- Gaspersz, V. 1989. *Metode Perancangan Percobaan*. CV. Armico. Bandung. 289 hlm
- Hasugian, A, P. 2012. Remediasi Amonia dalam Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit untuk Media Hidup Ikan dengan Metode Elektrokoagulasi dan Filtrasi Aktif. *Skripsi*. Fakultas Perikanan Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 67 hlm (tidak diterbitkan)
- Juliana, A. 2003. Pengaruh Tepung Terigu Dan Garam Terhadap Perubahan Kualitas Air Dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 21 hlm (tidak diterbitkan)

- Linarsih dan Sarto. 2018. Emisi Gas Metana dan Karbon Dioksida pada Proses Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit. *Berita Kedokteran Masyarakat*. 34(3):107-114
- Lingga, P. 1989. Ikan Mas Kolam Air Deras. Penebar Swadaya. Jakarta. 62 hlm.
- Koesumadinata S & Sutrisno. 1997. Toksisitas Herbisida pada Ikan Nila. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 3(2):23-28.
- Mount, D. I. And C. E. Stephan, 1967. A Method For Establishing Acceptable. *Fish Soc*. 96: 185-193.
- Mulia, D. S. 2012. *Vaksinasi Lele Dumbo*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta. 56 hlm
- Putri, S, P. 2007. Toksisitas Akut dan Uji Subkronik Logam Berat Cd (Kadmium) Terhadap Benih Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*, Burchell). *Skripsi*. Fakultas Perikanan Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 119 hlm (tidak diterbitkan)
- Rand. G. M. and Petrocelli, S. R. 1985. *Faundamental of Aquatic Toxicology. Methods and Aplication*. Washington : Hemisphere Publising Co.
- Romi, A. 2003. Toksisitas Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Terhadap Larva Ikan Gabus (*Channa*, sp). *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 49 hlm (tidak diterbitkan).
- Rudiyanti, S. 2009. Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) Pada Berbagai Konsentrasi Pestisida Regent 0,3G. *Saintek Perikanan*. 5 (1) : 49–54.
- Rukmana, R dan H. Yudirachman. 2017. *Suskes Budidaya Ikan Lele Secara Intensif*. Andi Publisher. Yogyakarta. 57 hlm
- Sandra, E, B. 2017. Toksisitas Logam Berat Hg (Merkuri) dan Uji Subletal ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Skripsi*. Fakultas Perikanan Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 58 hlm (tidak diterbitkan)
- Sihaloho, W. S. 2009. Analisis Kandungan Amonia dari Limbah Cair Inlet dan Outlet dari Beberapa Industri Kelapa Sawit. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmi Pengetahuan Alam. Medan 48 hlm (tidak diterbitkan)
- Syafriadiman. 2000. Penentuan Bio Indikator Pencemaran. Toksisitas Limbah Industri Terhadap Organisme Macrobenthos dari Perairan Sungai Siak. Pekanbaru.
- Syafriadiman. 2006. *Teknik Pengolahan Data Statistik*. CV Mina Mandiri. Pekanbaru. 270 hlm
- Syafriadiman. 2010. Toksisitas Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit dan Uji Sublethal

Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis* sp.). *Berkala Perikanan Terubuk*. 3(1):95-106.

Taha MR dan Ibrahim AH. 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.

Wardoyo, S.T.H., 1981, Kriteria Kualitas Air untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan, Makalah Training AMDAL, Kerjasama PPLH-UNDEP-PUSDL-PSL. Bogor. 19-31 hlm

Wong FPS, Nandong J, Samyudia Y. 2009. Optimised treatment of palm oil mill effluent. *International Journal of Environment and Waste Management*, 3(3/4):265-277.

Zulfahmi, Ilham. 2017. Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linneus 1758) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Froskali 1755). *Agricola*. 7(1) : 44-55