

JURNAL

**TOKSISITAS LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DAN UJI SUB-LETHAL
PADA WADAH PEMELIHARAAN BENIH IKAN BAUNG
(*Hemibagrus nemurus*)**

OLEH

MEI SILFIA SITUMORANG



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

**TOKSISITAS LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DAN UJI SUB-LETHAL
PADA WADAH PEMELIHARAAN BENIH IKAN BAUNG
(*Hemibagrus nemurus*)**

Oleh

Mei Silfia Situmorang¹, SaberinaHasibuan², Syafriadiman²

Fakultas Perikanan dan Kelautan

Universitas Riau

Email : meisitumorang24@gmail.com

Abstrak

Limbah cair kelapa sawit merupakan limbah buangan hasil produksi kelapa sawit yang berbahaya dan dapat mengganggu kehidupan organisme perairan, khususnya ikan Baung yang habitatnya berada dekat dengan lokasi pengolahan kelapa sawit. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan November-Desember 2018 yang bertempat di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui toksisitas limbah cair kelapa sawit dan uji sub-lethal pada wadah pemeliharaan ikan Baung (*H. nemurus*). Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dan tiga tahap percobaan yang dilakukan secara berurutan, yaitu : 1). Uji Pendahuluan; 2). Uji Toksisitas Lethal; 3). Uji Toksisitas Sub-lethal. Penentuan nilai LC_{50} 96 jam menggunakan metode EPA probit dengan software *probit analisis* dalam program SPSS. Ikan uji yang digunakan selama penelitian adalah benih ikan Baung (*H. nemurus*) dengan ukuran 5 cm sebanyak 450 ekor yang diperoleh dari BBI Sei Tibun, Kampar. Jumlah padat tebar benih ikan Baung adalah sebanyak 10 ekor per wadah. Parameter yang diukur selama penelitian adalah bobot mutlak, panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan kelulushidupan. Untuk kualitas air antara lain suhu, pH, DO, CO_2 dan amoniak. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, toksisitas limbah cair kelapa sawit dan uji sub-lethal memberikan pengaruh terhadap benih ikan Baung (*H. nemurus*). Selama pemeliharaan, diperoleh Nilai LC_{50} 96 jam sebesar 230,57 ml/L sedangkan Nilai Batas Aman Biologi (*Biological Safety Level*) sebesar 2,30 ml/L. Selanjutnya, perlakuan terbaik terdapat pada P1 (2,30 ml/L konsentrasi limbah sawit), dengan nilai pertumbuhan bobot mutlak, yaitu 2,39 gram, pertumbuhan panjang mutlak, yaitu 3,14 cm, laju pertumbuhan spesifik, yaitu 3,42% dan kelulushidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*), yaitu 93%. Parameter kualitas air seperti suhu air berkisar antara 26-28⁰C, pH berkisar antara 5,6-8,0, DO berkisar antara 4,1-2,3 mg/L, CO_2 berkisar antara 8,60-13,50 mg/L dan amoniak berkisar antara 0,018-0,056 mg/L.

Kata kunci : Toksisitas, Sub-lethal, Limbah cair kelapa sawit, Ikan Baung

1) Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

2) Dosen Pembimbing Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

**TOXICITY OF PALM OIL WASTES AND SUB-LETHAL TEST ON THE
MAINTENANCE MEDIA OF BAUNG FISH SEEDS
(*Hemibagrus nemurus*)**

By

Mei Silfia Situmorang¹, SaberinaHasibuan², Syafriadiman²

Faculty of Fisheries and Marine Resources

Riau University

Email: Meisitumorang24@gmail.com

Abstract

Palm oil liquid waste is a waste produced from oil palm which is dangerous and can disrupt the life of aquatic organism, especially Baung fish whose habitat is close to the location of oil palm perrocessing. This research was conducted on November until December 2018 at the Laboratory of Environmental Quality of Culture, Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau, Pekanbaru. Objective of this study to determine of toxicity palm liquid waste effect and sub-lethal test on the maintenance media of *Hemibagrus nemurus* and safe doses for the growth of *Hemibagrus nemurus*. Method of this research is an experimental method using a Complete Random Design (CRD) with one factor and three stages of an experiment as follows : 1). Preliminary test; 2). Lethal test ; 3). Sub-lethal test. Determination of LC₅₀ 96 hour value using EPA Probit method with *probit analysis* software in SPSS program. The Test fish used during the study is the seed of fish Baung (*H. nemurus*) with a size of 5 cm as much as 450 tails obtained from BBI Sei Tibun, Kampar. The stocking density of Baung seeds fish is as much as 10 tails per container. The parameters measured during the study are absolute weight, absolute length, specific growth rate and sustainability. For water quality, such as temperature, pH, DO, CO₂ and Ammonia. Result of this study that has been done, the toxicity of palm oil liquid waste and sub-lethal tests give effect on the seed of Baung fish (*H. nemurus*) during maintenance, acquired value LC₅₀ 96 hours is 230.57 ml/L While the safe limit value Biological Safety Level of 2.30 ml/L. The best treatment is in P1 (2,30 ml/L concentration of palm oil waste), with the value of absolute weight growth of 2.39 grams, the absolute length growth of 3.14 cm, the specific growth rate of 3.42% and sustainability of Baung fish (*H. nemurus*) is 93%. The parameters of water quality such as water temperature ranges between 26-28°C, pH ranges between 5.6-8.0, DO range between 4.1-2.3 mg/L, CO₂ ranges between 8,60-13.50 mg/L and ammonia ranges between 0,018-0,056 mg/L.

Keywords: Toxicity, Sub-lethal, Palm liquid waste, *Hemibagrus nemurus*

- 1) Student of the Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau
- 2) Lecturer of the Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi. Tanaman kelapa sawit dapat diolah menjadi aneka produk diantaranya sebagai bahan baku minyak goreng, campuran bahan bakar biodiesel, industri kosmetik dan lain-lain. Areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia khususnya di Provinsi Riau terus mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal ini mengakibatkan munculnya berbagai industri pengolahan kelapa sawit yang berpotensi menghasilkan limbah berbentuk cair, padat dan gas. Limbah cair kelapa sawit umumnya berwarna kecoklatan, mengandung konsentrasi bahan organik yang relatif tinggi. Limbah cair kelapa sawit mengandung bahan organik yang sangat tinggi yaitu *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebesar 25.500 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 48.000 mg/L, *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 31.170 ml/L, Nitrat sebesar 41 ml/L, minyak dan lemak sebesar 3.075 ml/L dan pH 4.0 (Wong *et al.*, 2009). Dampak yang ditimbulkan oleh limbah ini adalah tercemarnya sungai, karena hampir setiap industri minyak kelapa sawit berlokasi di dekat sungai. Selain itu, limbah cair kelapa sawit merupakan salah satu polutan karena dapat menyebabkan kekeruhan dan keracunan serta kematian pada organisme di dalam perairan tersebut apabila dibuang langsung ke perairan tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian uji toksisitas menggunakan hewan uji berupa ikan. Salah satu jenis komoditas ikan air

tawar yang banyak dijumpai di sungai adalah ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*).

Habitat ikan Baung (*H. nemurus*) yang hidup di sungai akan terkena dampak dari pembuangan limbah cair industri kelapa sawit, sehingga mengakibatkan terganggunya kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan Baung. Penelitian tentang toksisitas limbah cair kelapa sawit telah dilakukan sebelumnya oleh Amalia *et al.*, (2013) terhadap kelangsungan hidup, pertumbuhan dan tingkat konsumsi oksigen ikan Patin (*Pangasius sp.*). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai LC₅₀ 96 jam selama uji toksisitas lethal adalah 14,12 ml/L dapat menyebabkan kematian ikan Patin sebesar 50% selama pemaparan 96 jam.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang toksisitas limbah cair kelapa sawit dan uji sub-lethal pada wadah pemeliharaan terhadap benih ikan Baung (*H. nemurus*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan November-Desember 2018 di Laboratorium Mutu Lingkungan Budidaya Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru. Bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah benih ikan Baung (*H. nemurus*) dengan ukuran 5 cm yang berjumlah 450 ekor, larutan PK (Kalium Permanganat), limbah cair kelapa sawit yang diperoleh dari pabrik kelapa sawit PTPN V Sei Pagar Kampar Pekanbaru dan pelet komersil (Merk FF-999). Peralatan yang

digunakan selama penelitian ini antara lain : Akuarium ukuran 30 cm x 30 cm x 20 cm), tabung erlemeyer, kertas grafik, timbangan analitik, alat pengukur kualitas air, selang, aerator, blower, ember, tangguk, jerigen, baskom, kamera, dan alat tulis.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu dengan Rancangan Acak Lengkap atau RAL (Sudjana, 1991), dengan 7 perlakuan 2 kali ulangan untuk uji pendahuluan, 6 perlakuan 3 kali ulangan untuk uji toksisitas lethal dan 4 perlakuan dengan 3 kali ulangan untuk uji toksisitas sub-lethal. Perlakuan konsentrasi yang akan dilakukan untuk uji pendahuluan mengacu pada Rand dan Petrocelli (1985) untuk limbah cair kelapa sawit, yaitu :

- P0 : Kontrol atau tanpa pemberian konsentrasi limbah cair kelapa sawit
- P1 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 0,01 ml/L
- P2 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 0,1 ml/L
- P3 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 1,0 ml/L
- P4 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 10,0 ml/L
- P5 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 100,0 ml/L
- P6 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 1000,0 ml/L

Perlakuan konsentrasi untuk uji toksisitas lethal berdasarkan Nilai Ambang Batas Atas (A) dan Nilai Ambang Batas Bawah (B) yang diperoleh dari perhitungan hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya yaitu sebagai berikut :

- P0 : Kontrol atau tanpa pemberian limbah cair kelapa sawit

P1 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 100 ml/L

P2 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 325 ml/L

P3 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 550 ml/L

P4 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 775 ml/L

P5 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 1000 ml/L

Konsentrasi untuk uji toksisitas sub-lethal yaitu sebagai berikut :

P0 : Kontrol atau tanpa pemberian limbah cair kelapa sawit

P1 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 2,30 ml/L

P2 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 23,05 ml/L

P3 : Pemberian limbah cair kelapa sawit dengan konsentrasi 230,57 ml/L

Penyamplingan benih ikan Baung untuk pengukuran bobot mutlak, panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan kelulushidupan benih ikan Baung dilakukan setiap 10 hari sekali selama 30 hari pemeliharaan.

Prosedur Penelitian

Persiapan Wadah Penelitian

Terlebih dahulu kita sediakan alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian. Wadah yang akan digunakan adalah 1 unit akuarium berukuran 60 cm x 30 cm x 30 cm untuk aklimatisasi benih ikan Baung (*H. nemurus*) dan yang berukuran 30 cm x 30 cm x 20 cm sebanyak 15 unit untuk uji pendahuluan, 18 unit untuk uji toksisitas lethal dan 12 unit uji toksisitas sub-lethal. Sebelum digunakan, terlebih dahulu akuarium dicuci bersih kemudian disterilkan dengan merendamnya dengan larutan PK (Kalium Permanganat) secukupnya selama 24 jam. Langkah selanjutnya

adalah akuarium dicuci kembali lalu dikeringkan pada suhu kamar (Syafriadiman 2016). Setelah 24 jam, akuarium diberi label/tanda dengan pengacakan untuk setiap konsentrasi perlakuan uji. Persiapan wadah akuarium yang akan digunakan untuk uji toksisitas lethal dan uji toksisitas sub-lethal nantinya juga sama seperti yang dilakukan pada uji pendahuluan ini.

Aklimatisasi organisme uji

Organisme uji pada penelitian ini adalah benih ikan Baung (*H. nemurus*) dengan ukuran 5 cm. Jumlah hewan uji pada setiap akuarium sebanyak 10 ekor per wadah. Sebelum dilakukan uji pendahuluan, uji toksisitas lethal dan uji toksisitas sub-lethal, terlebih dahulu benih ikan Baung (*H. nemurus*) diaklimatisasikan. Selama proses aklimatisasi berlangsung, air di dalam wadah akuarium diaerasi dan ikan diberi pakan pelet komersil Merk FF-999 dengan frekuensi pemberian pakan sebanyak 3 kali sehari secara adlibitum. Feses ikan Baung yang berada di dasar akuarium dibersihkan dengan cara disipon.

Persiapan limbah cair kelapa sawit

Limbah cair kelapa sawit yang telah disiapkan terlebih dahulu dimasukkan ke dalam akuarium yang telah tersedia, sesuai dengan konsentrasi limbah untuk setiap perlakuan, kemudian ditambahkan air pelarut sampai volumenya 10 liter dan diberi label atau tanda untuk setiap perlakuan, kemudian lakukan pengacakan wadah penelitian sesuai perlakuan.

Uji pendahuluan

Penelitian ini dimulai dengan uji pendahuluan terlebih dahulu, menggunakan limbah cair kelapa sawit

mengikuti konsentrasi yang disarankan oleh Rand dan Petrocelli (1985), yaitu 0,00 ml/L; 0,01 ml/L; 0,1 ml/L; 1,0 ml/L; 10,0 ml/L; 100,0 ml/L; dan 1000,0 ml/L. Tujuan dilakukannya uji pendahuluan adalah untuk mendapatkan nilai mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) dan menentukan kisaran Nilai Ambang Batas Atas (A) dan Nilai Ambang Batas Bawah (B) yang nantinya akan dijadikan untuk menetapkan konsentrasi uji toksisitas lethal untuk tahap selanjutnya (Syafriadiman, 2016).

Pengamatan yang dilakukan selama uji pendahuluan meliputi perubahan tingkah laku, respons, gejala klinis yang terjadi pada benih ikan Baung (*H. nemurus*) akibat paparan limbah cair kelapa sawit dan nilai mortalitas yang terjadi pada jam ke-12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 dan 96 jam lalu ditabulasikan ke dalam bentuk tabel. Selanjutnya, penentuan konsentrasi yang akan digunakan untuk uji toksisitas lethal ditentukan dengan formula Syafriadiman (2006) yaitu :

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

Uji toksisitas lethal

Konsentrasi yang digunakan dalam uji toksisitas lethal didapat berdasarkan uji pendahuluan sebelumnya, yaitu P0 (kontrol); P1 (100 ml/L limbah cair kelapa sawit); P2 (325 ml/L limbah cair kelapa sawit); P3 (550 ml/L limbah cair kelapa sawit); P4 (775 ml/L limbah cair kelapa sawit) dan P5 (1000 ml/L limbah cair kelapa sawit).

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

Nilai LC_{50} 96 jam dapat ditentukan dengan metode probit yaitu membuat grafik dengan memplotkan nilai-nilai mortalitas organisme uji dengan dosis limbah cair kelapa sawit yang diuji. Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan software computer *EPA Probit Analisis Program* versi 1.5. Selanjutnya, Nilai Batas Aman Biologi (*Biological Safety Level*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus Syafriadiman (2016) sebagai berikut :

NBAB = LC_{50} 96 Jam x “Application Faktor”

Uji toksisitas sub-lethal

Uji toksisitas sub-lethal dilakukan selama 30 hari dan ditentukan berdasarkan hasil pengujian toksisitas lethal berdasarkan Rand dan Petrocelli (1985) yaitu 0 x LC_{50} 96 jam, 0,01 x LC_{50} 96 jam, 0,1 x LC_{50} 96 jam, 1 x LC_{50} 96 jam, sehingga diperlukan 12 unit akuarium.

Penimbangan bobot ikan uji

ikan Baung ditimbang bobot awalnya dengan menggunakan timbangan analitik serta diukur panjang dan lebar tubuh ikan untuk memperoleh data awal dan nanti diakhir penelitian.

Parameter yang diukur pada uji toksisitas sub-lethal

1. Pertumbuhan bobot mutlak

Dapat dihitung dengan rumus yang disarankan oleh Effendie (1979) sebagai berikut :

$$W = W_t - W_0$$

2. Pertumbuhan panjang mutlak

Dapat dihitung dengan rumus yang disarankan oleh Effendie (1979) sebagai berikut :

$$L = L_t - L_0$$

3. Laju pertumbuhan spesifik

Dapat dihitung dengan rumus yang disarankan oleh Metaxa (2006), yaitu :

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

4. Tingkat kelulushidupan (SR)

Dapat dihitung dengan rumus yang disarankan oleh Effendie (1979) sebagai berikut :

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

Penentuan nilai Application Faktor dan NOEC (*No Observation Effect Concentration*)

Nilai *Application faktor* dapat dicari dengan menggunakan rumus menurut Mount dan Stephan (1967) sebagai berikut :

$$AF = \frac{MATC}{LC_{50} \text{ 96 jam}}$$

Parameter kualitas air

Pengukuran kualitas air berupa suhu dan pH dilakukan setiap hari, sedangkan pengukuran DO, CO₂ dan amoniak dilakukan pada awal, tengah dan akhir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Pendahuluan

Hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan selama 96 jam menunjukkan persentase mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) yang diperoleh seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Persentase mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) (%) pada uji pendahuluan selama 96 jam (%)

Perlakuan	Konsentrasi (ml/L)	Jumlah ikan/wadah (ekor)	Waktu pengamatan jam ke-									Mortalitas (%)	
			0	12	24	36	48	60	72	84	96		
P0U1	0,00	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
P0U2	0,00	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
P1U1	0,01	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
P1U2	0,01	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
P2U1	0,1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
P2U2	0,1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
P3U1	1,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
P3U2	1,0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
P4U1	10,0	10	-	-	-	-	-	-	1	-	1	20	
P4U2	10,0	10	-	-	-	-	1	-	1	-	-	20	
P5U1	100,0	10	-	-	-	-	-	1	2	-	-	30	
P5U2	100,0	10	-	-	1	-	1	1	-	-	1	40	
P6U1	1000,0	10	-	-	3	2	1	2	2	-	-	100	
P6U2	1000,0	10	-	-	2	4	2	1	-	-	1	100	

Keterangan : Nilai Ambang Batas Bawah (B) = 100,0 ml/L (Perlakuan P5)
 Nilai Ambang Batas Atas (A) = 1000,0 ml/L (Perlakuan P6)

Berdasarkan hasil uji pendahuluan dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit kisaran 0,01-1000,0 ml/L, maka diperoleh Nilai Ambang Batas Bawah (B) sebesar 100,0 ml/L dan Nilai Ambang Batas Atas (A) sebesar 1000,0 ml/L. Konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang mematikan benih ikan Baung (*H. nemurus*) berkisar antara 100,0 ml/L-1000,0 ml/L. Mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) terjadi karena pengaruh konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang berbeda pada setiap wadah pemeliharaan. Pengaruh toksik limbah cair kelapa sawit terhadap benih ikan Baung (*H. nemurus*) akan terlihat dalam waktu pemaparan yang berbeda. Semakin tinggi konsentrasi suatu toksikan, maka akan semakin

singkat waktu yang dibutuhkan untuk membunuh atau mematikan organisme uji tersebut.

Uji toksisitas lethal

Hasil uji toksisitas lethal yang telah dilakukan selama 96 jam menunjukkan persentase mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) yang diperoleh seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2. Persentase mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) pada uji toksisitas lethal selama 96 jam (%)

Ulangan	P0 (kontrol)	P1 (100 ml/L)	P2 (325 ml/L)	P3 (550 ml/L)	P4 (775 ml/L)	P5 (1000 ml/L)
1	0	30	80	90	100	100
2	0	20	70	90	100	100
3	0	30	90	90	100	100
Jumlah	0	80	240	270	300	300
Rata-Rata	0	26,6	80	90	100	100

Keterangan : P0 : kontrol; P1 : Konsentrasi limbah sawit 100 ml/L; P2 : Konsentrasi limbah sawit 325 ml/L; P3 : Konsentrasi limbah sawit 550 ml/L; P4 : Konsentrasi limbah sawit 775 ml/L; P5 : Konsentrasi limbah sawit 1000 ml/L

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) pada uji toksisitas lethal mengalami peningkatan, seiring dengan meningkatnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang diberikan pada masing-masing wadah pemeliharaan benih ikan Baung. Semakin bertambah konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang dimasukkan, akan menambah kandungan bahan organik dalam wadah pemeliharaan benih ikan Baung (*H. nemurus*). Diantara bahan organik yang terkandung dalam limbah cair kelapa sawit diantaranya tingginya

Nilai LC₅₀ 96 jam

Hasil analisis perhitungan nilai LC₅₀ 96 jam limbah cair kelapa sawit

Tabel 3. Hasil analisis perhitungan nilai LC₅₀ 96 jam menggunakan EPA Probit

Ulangan	Nilai LC ₅₀ 96 jam	Satuan
1	253,830	ml/L
2	291,349	
3	146,560	
Jumlah	691,739	
Rata-rata	230,57	

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui rata-rata nilai LC₅₀ 96 jam limbah cair kelapa sawit terhadap benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama

nilai kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) sebesar 20.000-60.000 mg/L, dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 48.000 mg/L, kadar minyak dan lemak (3.075 ml/L) serta TSS (*Total Suspended Solid*) sebesar 31.170 ml/L (Azwir, 2006). Proses dekomposisi (penguraian) bahan organik tersebut akan menghasilkan amoniak. Kandungan bahan organik dalam limbah cair kelapa sawit tersebut mengakibatkan daya tahan tubuh ikan menurun dan kematian yang tinggi pada benih ikan Baung (*H. nemurus*) (Amalia *et al.*, 2013).

menggunakan EPA Probit dalam SPSS dapat dilihat pada Tabel 3.

uji toksisitas lethal adalah sebesar 230,57 ml/L. Artinya adalah jika limbah cair kelapa sawit pada konsentrasi tersebut masuk ke dalam

lingkungan perairan dapat menyebabkan kematian 50% benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama 96 jam.

Nilai Batas Aman Biologi (*Biological safety level*)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai batas aman biologi (*biological safety level*) yang mengacu pada besarnya nilai LC_{50} 96 jam. Nilai batas aman biologi dengan menggunakan aplikasi faktor yang disarankan oleh Denton *et*

al., dalam Syafriadiman (2010), untuk limbah cair kelapa sawit adalah $0,01 \times LC_{50}$ 96 jam. Maka nilai batas aman biologi limbah cair kelapa sawit pada penelitian ini adalah $0,01 \times 230,57$ ml/L = 2,30 ml/L.

Uji toksisitas sub-lethal

Hasil uji toksisitas sub-lethal yang telah dilakukan selama 96 jam menunjukkan persentase mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) yang diperoleh seperti dalam Tabel 4.

Tabel 4. Persentase mortalitas benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal (%)

Ulangan	P0 (kontrol)	P1 (2,30 ml/L)	P2 (23,05 ml/L)	P3 (230,57 ml/L)
1	0	30	80	10
2	0	20	70	10
3	0	30	90	10
Jumlah	0	80	240	300
Rata-Rata	0	26,6	80	100

Mortalitas ikan Baung terjadi karena konsentrasi yang semakin banyak yang menyebabkan ikan keracunan toksik limbah tersebut. Pada konsentrasi P3 (230,57 ml/L) adalah konsentrasi dengan jumlah yang paling banyak diantara semua konsentrasi limbah cair sawit yang dimasukkan kedalam wadah pemeliharaan. Limbah cair kelapa sawit mengandung lemak dan minyak sebanyak 3.075 ml/L dapat menghambat proses difusi oksigen. Hal ini dapat menyebabkan

kandungan oksigen terlarut menjadi rendah sehingga mengganggu fungsi insang yang pada akhirnya menghambat proses respirasi ikan. Proses respirasi yang tidak berjalan dengan baik adalah salah satu penyebab ikan Baung cepat mengalami mortalitas (Amalia *et al.*, 2013).

Pertumbuhan bobot mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*)

Pertumbuhan bobot mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pertumbuhan bobot mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal (gram)

Ulangan	P0 (kontrol)	P1 (2,30 ml/L)	P2 (23,05 ml/L)	P3 (230,57 ml/L)
1	2,36	2,35	2,15	0,00
2	2,61	2,43	2,21	0,00
3	2,47	2,39	2,19	0,00
Rata-rata	2,48 ± 0,12^c	2,39 ± 0,04^c	2,18 ± 0,03^b	0,00 ± 0,00^a

Berdasarkan Tabel 5, menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan bobot mutlak benih ikan ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal mengalami penurunan sesuai dengan tingkat konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang dimasukkan ke dalam masing-masing wadah pemeliharaan. Pertumbuhan bobot tertinggi terdapat pada P0 (kontrol) yaitu sebesar 2,48 gram dan terus menurun sesuai dengan bertambahnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit, yaitu pada P1 (2,30 ml/L) sebesar 2,39 gram, P2 (23,05 ml/L) sebesar 2,18 gram dan pada P3 (230,57 ml/L) sebesar 0,00 gram. Penurunan bobot mutlak terjadi karena

Tabel 6. Pertumbuhan panjang mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal

Ulangan	Pertumbuhan panjang mutlak benih ikan Baung (<i>H. nemurus</i>) (cm)			
	P0 (Kontrol)	P1 (2,30 ml/L)	P2 (23,05 ml/L)	P3 (230,57 ml/L)
1	4,77	2,90	3,09	0,00
2	3,78	3,39	2,74	0,00
3	3,21	3,14	3,39	0,00
Jumlah	11,76	9,43	9,22	0,00
Rata-rata	3,92 ± 0,79^b	3,14 ± 0,24^b	2,91 ± 0,24^b	0,00 ± 0,00^a

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

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil penelitian pada uji sub-lethal menunjukkan bahwa pertumbuhan rata-rata panjang mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*) juga telah mengalami penurunan. Hal ini terjadi akibat pengaruh konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang berbeda pada wadah pemeliharaan. Rata-rata pertumbuhan panjang mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*) tertinggi terdapat pada perlakuan P0 (kontrol), yaitu sebesar 3,92 cm dan terus menurun sesuai dengan bertambahnya konsentrasi limbah cair

adanya bahan toksik yang dikandung oleh limbah cair kelapa sawit, yang mengakibatkan benih ikan Baung (*H. nemurus*) tidak merespon pakan yang diberikan dan 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 (Amalia *et al.*, 2013).

Pertumbuhan panjang mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*)

Pertumbuhan panjang mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal dapat dilihat pada Tabel 6.

kelapa sawit, pada P1 sebesar 3,14 cm, P2 sebesar 2,91 cm dan perlakuan P3 sebesar 0,00 cm. Pertumbuhan panjang mutlak benih ikan Baung (*H. nemurus*) yang tertinggi dijumpai pada P0 (kontrol). Hal tersebut disebabkan karena tidak adanya toksikan limbah cair kelapa sawit pada wadah pemeliharaan, sehingga benih ikan Baung (*H. nemurus*) merespon makanan yang diberikan. Sebaliknya konsentrasi toksikan limbah cair kelapa sawit yang paling tinggi pada P3 (230,57 ml/L), yang secara langsung mengakibatkan ikan Baung

(*H. nemurus*) stres dan tidak lagi respons terhadap pakan yang diberikan. Nilai konsentrasi limbah cair kelapa yang tinggi menyebabkan mortalitas pada semua benih ikan Baung (*H. nemurus*), sehingga tidak ada lagi benih ikan Baung yang tersisa (mortalitas 100%).

Laju pertumbuhan spesifik benih ikan Baung (*H. nemurus*)

Laju pertumbuhan spesifik benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Laju pertumbuhan spesifik benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal

Ulangan	Laju pertumbuhan spesifik benih ikan Baung (<i>H. nemurus</i>) (%)			
	P0 (kontrol)	P1 (2,30 ml/L)	P2 (23,05 ml/L)	P3 (230,57 ml/L)
1	3,19	3,39	3,26	0,00
2	3,86	3,39	3,40	0,00
3	3,63	3,48	3,47	0,00
Jumlah	10,68	10,26	10,13	0,00
Rata-rata	3,56 ± 0,34^b	3,42 ± 0,05^b	3,33 ± 0,09^b	0,00 ± 0,00^a

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

Berdasarkan Tabel 7, menunjukkan bahwa rata-rata laju pertumbuhan spesifik benih ikan Baung (*H. nemurus*) pada perlakuan P0 (kontrol) sebesar 3,56%, P1 (2,30 ml/L) sebesar 3,42%, P2 (23,05 ml/L) sebesar 3,33% dan P3 (230,57 ml/L) sebesar 0,00%. Nilai laju pertumbuhan spesifik benih ikan Baung (*H. nemurus*) yang tertinggi dijumpai pada perlakuan P0 (kontrol). Hal ini disebabkan karena tidak adanya toksikan limbah cair kelapa sawit pada

wadah pemeliharaannya dan kualitas air yang baik, sehingga benih ikan Baung aktif merespon pakan yang diberikan, sehingga menyebabkan kenaikan pertumbuhan bobot mutlak dan meningkatkan laju pertumbuhan spesifik.

Kelulushidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal

Hasil uji toksisitas sub-lethal terhadap kelulushidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*) dapat dilihat seperti dalam Tabel 8.

Tabel 8. Kelulushidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal (%)

Ulangan	P0(kontrol)	P1 (2,30 ml/L)	P2(23,05 ml/L)	P3(230,57 ml/L)
1	100	90	90	0,00
2	100	100	80	0,00
3	100	90	70	0,00
Jumlah	300	280	240	0,00
Rata-Rata	100 ± 0,00^c	93,00 ± 5,77^c	80,00 ± 10,00^b	0,00 ± 0,00^a

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

Berdasarkan Tabel 8, menunjukkan bahwa rata-rata persentase kelulushidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*) pada perlakuan P0 (kontrol) sebesar 100%, P1 (2,30 ml/L) sebesar 93%, pada P2 (23,05 ml/L) sebesar 80% dan pada P3 (230,57 ml/L) sebesar 0,00%. Berdasarkan hasil Analisis Varians (ANOVA), bahwa perbedaan kelulushidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*) disebabkan oleh perbedaan konsentrasi toksikan limbah cair kelapa sawit. Hasil uji lanjut *Student Newman Keuls* juga menunjukkan bahwa perlakuan P0 (kontrol) dan P1 (2,30 ml/L) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap perlakuan P2 (23,05 ml/L) dan P3 (230,57 ml/L). Penurunan persentase kelulushidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*) disebabkan karena tingginya konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang berpengaruh dan bereaksi secara langsung terhadap organ tubuh terhadap benih ikan Baung (*H. nemurus*), terutama insangnya. Tingginya kandungan bahan organik dalam limbah cair kelapa sawit, diantaranya (BOD (*Biological Oxygen Demand*) dengan kadar sebesar 20.000-60.000 mg/L, COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 48.000 mg/L, kadar minyak dan lemak (3.075 ml/L) serta TSS (*Total Suspended Solid*) sebesar 31.170 ml/L sehingga pada proses dekomposisi membutuhkan oksigen terlarut. Ikan yang mengalami kekurangan oksigen akan mudah mengalami stres dan akan mempercepat mortalitas pada ikan. Semakin tinggi konsentrasi bahan organik dalam perairan maka akan semakin rendah kandungan oksigen terlarut dan semakin tinggi kadar amoniak (Azwir, 2006).

Nilai Application Faktor (AF) dan NOEC (*No Observation Effect Concentration*)

Faktor aplikasi (*Application faktor* = AF yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebesar 2,30 ml/L. Angka ini lebih besar dari yang pernah dilaporkan oleh Amalia *et al.*, (2013), yaitu 0,1412 ml/L untuk limbah cair kelapa sawit terhadap ikan Patin (*Pangasius* sp.). Konsentrasi pada perlakuan P1 (2,30 ml/L) tergolong rendah, aman dan tidak membahayakan benih ikan Baung (*H. nemurus*) dalam wadah pemeliharaan selama penelitian. Mount dan Stephan (1967) menyatakan bahwa nilai NOEC (*No Observation Effect Concentration*) yang merupakan ambang konsentrasi toksikan yang tidak berpengaruh nyata secara statistik terhadap perkembangan hidup suatu organisme.

Nilai NOEC yang diperoleh pada penelitian ini adalah konsentrasi pada perlakuan P1 dengan konsentrasi 2,30 ml/L. Nilai NOEC merupakan nilai konsentrasi maksimum yang diizinkan atau *Maximal Allowable Toxicant Concentration* (MATC), yaitu ambang konsentrasi toksikan (polutan) maksimum yang diizinkan dan aman bagi perkembangan hidup ikan.

Parameter kualitas air

Kualitas air yang diukur selama Uji Toksisitas Sub-Lethal meliputi : suhu air ($^{\circ}\text{C}$), pH, DO (mg/L), CO_2 (mg/L) dan amoniak (mg/L).

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

Hasil pengukuran suhu air ($^{\circ}\text{C}$) selama uji toksisitas sub-lethal yang diperoleh yakni berkisar antara 26-28 $^{\circ}\text{C}$. Menurut Sukendi, (2001), ikan Baung (*H. nemurus*) akan hidup dengan baik pada kisaran suhu antara 24-29 $^{\circ}\text{C}$. Sehingga suhu air pada penelitian uji toksisitas sub-lethal penelitian ini masih tergolong aman dan dapat ditolerir oleh benih ikan Baung (*H. nemurus*).

2. pH

Kisaran pH pada uji sub-lethal adalah 5,5-8. Menurut Boyd, (1982), kisaran pH yang ideal untuk budidaya ikan Baung (*H. nemurus*) adalah 5,4-8,6. pH yang diperoleh pada penelitian uji toksisitas sub-lethal ini dapat dikatakan masih dalam keadaan yang baik dan aman untuk kehidupan benih ikan Baung. Pengukuran pH dilakukan setiap hari selama uji toksisitas sub-lethal berlangsung yaitu selama 30 hari penelitian. Semakin tinggi konsentrasi limbah cair sawit yang diberikan menyebabkan semakin meningkatnya nilai pH.

3. DO (mg/L)

Hasil pengukuran DO (mg/L) selama penelitian uji toksisitas sub-lethal adalah berkisar antara 4,1-2,3 mg/L. Menurut Effendi, (2003), kadar DO yang paling ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan organisme akuatik yang dipelihara adalah >3 mg/L. Nilai DO pada perlakuan P0 (kontrol) sebesar 4,1 mg/L dan P1 (2,30 ml/L) sebesar 3,2 masih dikategorikan aman dan baik untuk kehidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*). Sedangkan pada perlakuan P2 (23,05 ml/L) sebesar 2,8 mg/L dan P3 (230,57 ml/L) sebesar 2,3 mg/L sudah tidak aman dan termasuk berbahaya untuk budidaya ikan Baung (*H. nemurus*).

Oksigen terlarut dibutuhkan untuk oksidasi bahan organik dan anorganik dalam proses anaerob. Terjadinya penurunan kadar DO selama penelitian uji toksisitas sub-lethal terjadi karena konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang mengandung bahan organik yang tinggi yaitu kandungan BOD (*Biological Oxygen Demand*) sebesar 20.000-60.000 mg/L, dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 48.000 mg/L, kadar minyak dan lemak (3.075 ml/L), TSS (*Total Suspended Solid*) sebesar 31.170 ml/L serta padatan tersuspensi yang tinggi yang menyebabkan oksigen berkurang dalam wadah pemeliharaan benih ikan Baung (*H. nemurus*) (Azwir, 2006). Terdapat adanya hubungan antara kandungan bahan organik dalam limbah cair kelapa sawit dengan oksigen terlarut dan amoniak, yaitu semakin tinggi konsentrasi bahan organik dalam perairan, maka semakin rendah kandungan oksigen terlarut dan semakin tinggi kadar amoniak (Effendi, 2003).

4. CO₂ (mg/L)

Hasil pengukuran nilai CO₂ selama uji toksisitas sub-lethal berkisar antara 8,60-13,5 mg/L. Angka terendah terdapat pada perlakuan P0 (kontrol), yaitu sebesar 8,60 mg/L, kemudian mengalami peningkatan pada P1 (2,30 ml/L) yaitu 9,84 mg/L, P2 (23,05 ml/L) sebesar 11,52 mg/L, lalu pada P3 sebesar 13,50 mg/L. Menurut Wardoyo, (1981), nilai CO₂ yang baik untuk pertumbuhan ikan Baung (*H. nemurus*) adalah kurang dari 12 mg/L. Perlakuan pada P0 (kontrol), P1 (2,30 ml/L) dan P2 (23,05 ml/L) masih tergolong aman untuk kelangsungan ikan Baung (*H. nemurus*). Namun, pada perlakuan P3 (230,57 ml/L), nilainya sudah melebihi kisaran standar sehingga tidak baik dan termasuk sudah membahayakan untuk kelangsungan hidup ikan Baung (*H. nemurus*). Menurut Pescoe (1973), keracunan CO₂ terjadi karena darah ikan yang mengandung hemoglobin terikat oleh oksigen sehingga dapat menyebabkan kematian.. Peningkatan CO₂ pada setiap wadah pemeliharaan disebabkan karena terjadi peningkatan proses respirasi benih ikan Baung (*H. nemurus*) dan dekomposisi organik yang ada dalam larutan uji.

5. Amoniak (mg/L)

Kadar amoniak dalam wadah pemeliharaan benih ikan Baung (*H. nemurus*) selama uji toksisitas sub-lethal berkisar antara 0,018-0,056 mg/L. Menurut Effendi, (2003), standar nilai amoniak yang baik dan aman untuk pertumbuhan

ikan adalah 0,02 mg/L. Oleh karena itu, kisaran nilai amoniak yang diperoleh saat uji toksisitas sub-lethal untuk perlakuan P0 (kontrol) dan P1 (2,30 ml/L) masih dapat dikategorikan layak dan aman untuk kehidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*). Namun pada perlakuan P2 (23,05 ml/L) dan P3 (230,57 ml/L) sudah melebihi ambang batas yang disarankan oleh Effendi (2003), sehingga sudah tidak aman lagi untuk kelangsungan hidup benih ikan Baung (*H. nemurus*). Hal tersebut mengakibatkan tingkat mortalitas pada perlakuan P2 dan P3 yang sangat tinggi yaitu pada P2 (23,05 ml/L) sebesar 70-90% dan P3 (230,57 ml/L) sebesar 100%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, toksisitas limbah cair kelapa sawit dan uji sub-lethal memberikan pengaruh terhadap benih ikan Baung (*H. 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. Selanjutnya, perlakuan terbaik terdapat pada P1 dengan nilai pertumbuhan bobot mutlak yaitu 2,39 gram, pertumbuhan panjang mutlak yaitu 3,14 cm, laju pertumbuhan spesifik yaitu 3,42% dan kelulushidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*) yaitu 93%. Parameter kualitas air seperti suhu air berkisar antara 26-28⁰C, pH berkisar antara 5,6-8,0, DO berkisar antara 4,1-2,3 mg/L, CO₂ berkisar antara 8,60-13,50 mg/L dan amoniak berkisar antara 0,018-0,056 mg/L.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa kepada pabrik kelapa sawit (PKS) agar tidak membuang limbah dengan Nilai Batas Aman Biologi yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu 2,30 ml/L. Nilai ini tidak akan mengganggu kehidupan benih ikan Baung (*H. nemurus*) di perairan maupun di keramba.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R., Marsi dan H.T. Ferdinand. 2013. Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan dan Tingkat Konsumsi Oksigen Ikan Patin (*Pangasius* sp.) yang Terpapar Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 1(2): 203-215.
- Azwir. 2006. Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar. *Thesis*. Universitas Diponegoro. Semarang. 230 hlm.
- Effendie, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. (Anggota IKAPI). Jakarta.
- Effendie, M.I. 1979. *Metode Biologi Perikanan*. Yayasan Dwi Sri. Bogor. 72 hlm.
- Metaxa. 2006. *Hight Rate Alga Pond Treatment for Water Reuse in a Marine Fish Recirculation System: Water Purification and the Butoxy Ethanol-Ester of* 2,4-0. *Trans. Am Fish Soc* 96: 185-193.

- Mount, D. I dan C. E Stephan, 1967. *A Method For Establishing Acceptable Toxicant Levels For Fish-Melathion and The Butoxy Ethanol-Ester of 2,4-O*. *Trans. Am. Fish Soc* 96: 185-193.
- Pescoe, D. 1983. *Studies in Biology.Toxicology*.Edward Arnold Publishing. England. 210 hlm.
- Rand, G.M and Petrocelli, S. R. 1985. *Fundamentals of Aquatic Toxicology, Methods and Applications*. Washington: Hemisphere Publishing Co. Environment Research: Short-term Static Bioassay. FAO Fish. Tech. Pap. 247.
- Sudjana. 1991. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Penebit Tarsito. Bandung. 280 hlm.
- Sukendi. 2001. Biologi Reproduksi dan Pengendaliannya dalam Upaya Pembenihan Ikan Baung di Perairan Sungai Kampar, Riau. *Disertasi Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor*. 207 hlm.
- Syafriadiman. 2006. *Teknik Pengolahan Data Statistik*. MM Press Pekanbaru. 225 hlm.
- Syafriadiman. 2010. Toksisitas Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit dan Uji Sublethal terhadap Ikan Nila (*Oreochromis sp.*). *Berkala Perikanan Terubuk*. Vol. 3. No. 1. Feb 2010 :95-106. ISSN 0126-6265
- Syafriadiman. 2016. Toksisitas Limbah Pabrik Kelapa Sawit Terhadap Benih Ikan Nila Merah (*Oreochromis sp.*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan* Vol. 21(1), Juni 2016: 25-32.
- 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.