

UJI TOKSISITAS AKUT LIMBAH ANTIBIOTIK *STREPTOMICYN* DAN *TETRASIKLIN HCl* TERHADAP IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L.)

Saddam Husein^{1*}, Nyoman Nanda Ayu Saputri¹, Ade Maria Ulfa¹

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Malahayati, Indonesia

*Corresponding Author:
Saddam Husein

Abstract.

*The pharmaceutical industry is growing from year to year, along with the development of the pharmaceutical industry, it produces a lot of liquid waste that has toxic and dangerous characteristics. This pharmaceutical waste contains analgesics and antibiotics. Antibiotic waste can cause quite serious damage to the environment, especially to water. The purpose of this study was to find out whether the effluent entering the water receiving body contains toxic compounds at certain concentrations, which can cause the death of the test animals expressed by the LC₅₀ (Median Lethal Concentration) value. The study used sample preparation methods, anaerobic-aerobic waste processes, acclimation of test animals and the WET method to measure the total toxic effect regardless of its physical and chemical composition. The test was carried out using the WET (Whole Effluent Toxicity) method. Testing the parameters of the antibiotic waste mixed with streptomycin and tetracycline HCl was carried out on the values of COD, BOD, and TSS and yielded values of 60 mg/L, 16.5 mg/L, and 267 mg/L, respectively. The results of the acute toxicity test of mixed streptomycin and tetracycline HCl antibiotic waste using carp (*Cyprinus carpio* L.) yielded LC₅₀ and TUa values of 2.0224 and 49.447 (high acute toxicity).*

Keywords: Antibiotic Waste, Streptomycin, Tetracycline HCl, Goldfish, Acute Toxicity

PENDAHULUAN

Industri farmasi yang semakin berkembang dari tahun-ketahun, seiring dengan perkembangan industri farmasi maka banyak menghasilkan limbah cair yang memiliki karakteristik beracun dan berbahaya. Kontaminan yang paling beracun adalah obat antibiotik. Limbah farmasi ini berupa analgetik dan antibiotik. Limbah antibiotik dapat menyebabkan kerusakan yang cukup serius pada lingkungan terutama terhadap air (Stackelberg *et. al*, 2004).

Limbah antibiotik berkaitan dengan masalah pencemaran lingkungan tertentu, seperti pencemaran pada air. Banyak senyawa obat yang terdapat pada limbah farmasi seperti antibiotik, hormon, pengawet, dan anestesi apabila dibuang sembarangan tanpa adanya proses pengolahan terlebih dahulu dapat mengakibatkan limbah farmasi akan bermuara kesungai sehingga air sungai menjadi tercemar dan mengganggu ekosistem sungai (Bila *et. al*, 2003).

diterapkan secara baik dan benar (Ningrum, 2013).

Limbah antibiotik yang pengelolaannya masih belum optimal merupakan salah satu sumber pencemaran terhadap perairan yang menyebabkan kematian biota akuatik sehingga perlu dilakukan penelitian uji toksisitas akut. Uji toksisitas akut adalah jenis penelitian toksikologi perairan yang paling umum. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah *effluent* yang masuk ke badan penerima air mengandung senyawa toksik pada konsentrasi tertentu, yang dapat menyebabkan kematian hewan uji yang dinyatakan dengan nilai LC₅₀ (*Median Lethal Concentration*).

Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) tergolong *omnivore* dan memiliki kemampuan mengkomsumsi berbagai organisme bentik, antara lain insekta air, larva insekta, cacing, moluska, dan zooplankton. Ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) merupakan salah satu dari sedikit variates ikan yang digunakan di air tawar yang memiliki areal pengembangan budidaya yang sangat luas untuk meningkatkan potensi pasar. Permintaan terhadap produk ikan mas cukup tinggi. Menurut data Direktorat Jenderal Perikanan

Budidaya (2018), terjadi peningkatan produksi sebesar 33,954ton selama tahun 2010 hingga 2017. Ikan mas dijual seharga 40.000/kg (Silaban et al. 2012).

METODE PENELITIAN

Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat meliputi wadah sampel, reaktor uji *effluent* anaerob-aerob yang dilengkapi dengan filter bioball, akuarium kaca ukuran 30 cm x 25 cm x 20 cm dibutuhkan untuk aklimatisasi hewan uji serta untuk wadah pengamatan mortalitas hewan uji, aerator, pH meter, termometer, dan DO meter.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu sampel limbah antibiotik campuran *streptomycin* merek *Streptomycin Sulfate Meiji* dan tetrasiklin HCl merek *Dumocycline*, aquadest, EM4, dan pakan pelet ikan merek Akari Super Red. Ikan mas berasal dari tempat pembenihan didaerah Way Halim Bandar Lampung.

Preparasi Sampel

Sampel antibiotik tetrasiklin HCl dibuat larutan 500 ppm dalam 1000 mL, dengan menimbang 500 mg antibiotik tetrasiklin HCl kemudian dilarutkan dengan menggunakan aquadest 1000 mL. Sampel antibiotik streptomycin dibuat larutan 500 ppm, dengan menimbang 500 mg antibiotik streptomycin kemudian dilarutkan dengan menggunakan aquadest 1000 mL, setelah dilakukan preparasi sampel limbah antibiotik tetrasiklin HCl dan *streptomycin* lalu dilakukan simultan limbah dengan cara mencampurkan kedua limbah antibiotik tetrasiklin HCl dan *streptomycin*.

Pelaksanaan Pengolahan Limbah Antibiotik *Streptomycin* dan Tetrasiklin HCl

Pengolahan limbah antibiotik dimulai dengan proses *sedding* dan aklimatisasi. Proses *sedding* dalam penelitian ini untuk menumbuhkan bakteri atau mikroorganisme menggunakan EM4 dengan perbandingan volume 1:20.

Langkah selanjutnya adalah *running* air limbah dengan waktu penyelesaian tiga hari. Pengoperasian reaktor saat ini menggunakan sistem kelompok. Prinsip dari reaktor batch yaitu dengan cara reaktor terhubung ke reaktan dan disimpan selama waktu tertentu, kemudian dilihat perubahan kualitas reaktan pada selang waktu tertentu. Pengoperasian reaktor pertama dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke bioreaktor anaerob secara mengalir kebawah. Pengambilan sampel dilakukan setelah sampel dibatch selama tiga hari dibak anaerob, kemudian dialirkan ke bak aerob dan diaerasi selama tiga hari. *Effluent* hasil pengolahan anaerob dan aerob dianalisis parameter pH. Setelah melalui reaktor aerob *effluent* dialirkan ke bak pengendapan anaerob tiga hari dan bak pengendapan aerob tiga hari yang kemudian akan diuji tingkat toksisitasnya terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* L.).

Aklimitisasi Hewan Uji

Aklimitisasi hewan uji dilakukan untuk membantu hewan uji terbiasa dengan kultur media air untuk memberikan waktu hewan uji untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru. Kultur media ini dikondisikan untuk selalu mempunyai temperatur antara 25 °C-30 °C. Proses aklimatisasi ini dilakukan selama kurang lebih 7 hari, sehari sebelum hewan uji siap digunakan dan selama proses pengujian ikan dipuaskan (Tyas *et. al.*, 2016). Penggantian kultur media dilakukan apabila kondisi air sudah terlalu keruh. Selama aklimatisasi, hewan uji diberi pakan pelet ikan setiap tiga kali sehari serta diberi aerasi yang cukup, hal ini bertujuan mempertahankan kadar oksigen terlarut pada akuarium. Aklimatisasi dilakukan selama tiga hari pada setiap uji pendahuluan dan uji toksisitas.

Tingkat DO pada tahap aklimatisasi hewan uji minimal 6,0 mg/L untuk pengujian hewan air tawar dan untuk kandungan suhu berada pada temperatur 25 °C- 30 °C serta pada pH 6-8,5 (USEPA, 2002)

Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi yang tepat saat pengujian toksisitas, serta untuk menentukan batas kisaran kritis (*critical range test*) yang menjadi dasar dari penentuan konsentrasi yang digunakan dalam uji lanjutan atau uji toksisitas yang sesungguhnya, konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian terbesar mendekati 50% dan kematian terkecil mendekati 50%.

Setelah ikan melalui proses aklimatisasi, ikan kemudian dipindahkan ke reaktor toksisitas dengan konsentrasi limbah antibiotik yang bervariasi. Perlakuan percobaan dilakukan dengan 3 variasi pengenceran limbah antibiotik *streptomycin* dan tetrasiklin HCl dan satu sebagai variasi kontrol. Percobaan ini dilakukan dengan satu kali pengulangan dengan konsentrasi 500 ppm, 400 ppm, dan 300 ppm. Setiap akuarium berkapasitas 2 L. Konsentrasi limbah antibiotik antara lain 500 ppm (limbah antibiotik 500 mg dan air 1 L), 400 ppm (limbah antibiotik 400 mg dan air 1 L), 300 ppm (limbah antibiotik 300 mg dan air 1 L), dan 0 ppm (limbah antibiotik 0 mg dan air 1 L) sebagai variasi control dalam pengujian. Hewan uji akan ditempatkan pada 4 akuarium berisi air yang telah diisi dengan *effluent* dan memiliki konsentrasi berbeda masing-masing 10 ekor. Pengamatan mortalitas hewan uji dilakukan pada jam ke-0, 24, 48 dengan tetap memperhatikan perubahan perilaku dan morfologi ikan selama pengujian serta tetap dilakukan pemberian aerasi.

Konsentrasi DO yang rendah mungkin berdampak pada hasil uji. Maka dapat dilakukan proses aerasi pada semua pengujian dan kontrol (Fleming, 2004). Hasil pengujian dapat diterima apabila pada reaktor kontrol ikan yang bertahan $\geq 90\%$ populasi (US EPA, 1991).

Uji Toksisitas

Uji toksisitas akut dilakukan terhadap limbah antibiotik *streptomycin* dan tetrasiklin HCl dengan cara menghitung nilai konsentrasi yang didapat dari uji pendahuluan yang telah dilakukan. Konsentrasi yang diperoleh dari uji pendahuluan digunakan untuk menentukan konsentrasi pada uji toksisitas akut berdasarkan rumus berikut (Zulfahmi *et. al.*, 2017).

$$\text{Log} \left(\frac{N}{n} \right) = k \text{Log} \left(\frac{a}{n} \right)$$

Keterangan:

- N : Konsentrasi batas atas
 n : Konsentrasi batas bawah
 a : Konsentrasi terkecil dalam pengujian
 k : Jumlah konsentrasi yang diujikan

dengan:

$$\left(\frac{a}{n} \right) = \left(\frac{b}{a} \right) = \left(\frac{c}{b} \right) = \left(\frac{d}{c} \right) = \left(\frac{e}{d} \right)$$

Keterangan:

- N : konsentrasi batas bawah
 a : konsentrasi terkecil dalam pengujian
 b, c, d, e : nilai konsentrasi yang diujikan

HASIL DAN PEMBAHASAN

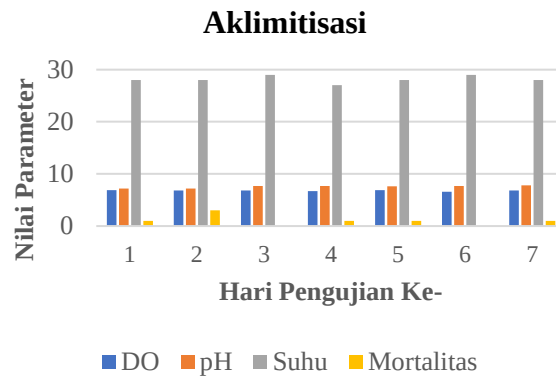
Limbah Antibiotik

Tabel 4.1 Kadar limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl

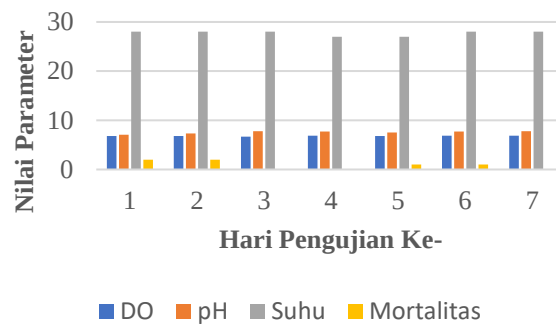
No	Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan
1	COD	60	mg/L	TMS
2	BOD	16,5	mg/L	TMS
3	TSS	267	mg/L	TMS

Hasil analisa COD, BOD, dan TSS menunjukkan bahwa limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl mendapatkan hasil yang cukup tinggi. Nilai COD, BOD, dan TSS yang tinggi menandakan adanya senyawa organik pada limbah campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl, serta banyaknya zat organik yang dioksidasi secara kimiawi tetapi tidak dapat dioksidasi secara biologis (Royani *et al.*, 2021). Berdasarkan keterangan menunjukkan hasil TMS: tidak memenuhi

syarat, MS: memenuhi syarat. Limbah mengandung kadar organik yang cukup tinggi hal ini menyebabkan toksik bagi kehidupan biota air di dalam perairan (Rohmani, 2014).



Gambar 4.1 Parameter Kimia dan Mortalitas pada Tahapan Aklimitisasi Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*) ada Akuarium 1



Gambar 4.2 Parameter Kimia dan Mortalitas pada Tahapan Aklimitisasi Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*) ada Akuarium 2

Aklimitisasi dilakukan dengan menggunakan dua akuarium dan dilakukan diwaktu yang bersamaan. **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.3** merupakan data yang diperoleh saat proses aklimitisasi selama tujuh hari. Hasil aklimitisasi menunjukkan bahwa kematian ikan mas (*Cyprinus carpio L.*) pada akuarium 1 berjumlah 7 ekor (10%) dari 70 ekor ikan mas dan hasil aklimitisasi pada akuarium 2 berjumlah 6 ekor (8%) dari 70 ekor ikan mas, kedua hasil presentase kematian menunjukkan masih dibawah presentase yang diperbolehkan (10%) (USEPA, 2002) sehingga ikan mas dianggap siap digunakan untuk uji toksisitas.

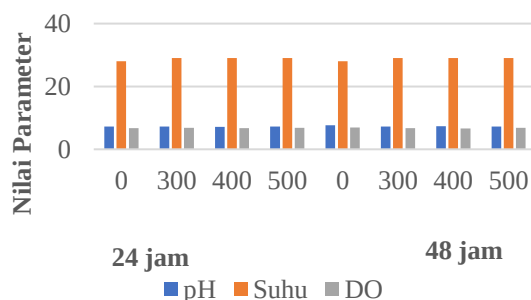
Grafik pada **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.3** menunjukkan nilai DO terendah pada angka 6,6 mg/L. Menurut (SNI 8296.4, 2016) kadar oksigen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio L.*) minimal 5 mg/L. Nilai pH pada proses aklimitisasi masih berkisar pada 7,1-7,8 serta nilai suhu berkisar pada 27-29°C yang berarti masih sesuai dengan persyaratan kondisi aklimitisasi dan kualitas air pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio L.*).

Uji Pendahuluan

Tabel 4.2 data mortalitas ikan mas (*Cyprinus carpio L.*) pada uji pendahuluan

Konsentrasi Limbah	Mortalitas		Jumlah
	24 jam	48 jam	
0	-	-	0
300 ppm	3	1	4
400 ppm	1	-	1
500 ppm	4	2	6

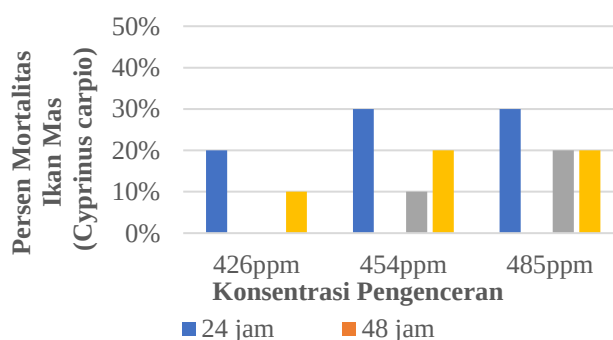
Kedua uji pendahuluan menunjukkan mortalitas hewan uji yang berbeda pada masing-masing konsentrasi. Pada uji pendahuluan limbah antibiotik campuran streptomycin dan tetrasiklin HCl ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) mengalami kematian pada 24 jam awal pemaparan limbah hingga pengenceran konsentrasi terkecil yaitu 300 ppm dan pada kontrol tidak terjadi kematian (Yuliani *et al.*, 2015). Uji pendahuluan menunjukkan konsentrasi batas atas 500 ppm dan batas bawah 400 ppm sehingga perkiraan pengenceran uji toksisitas dihitung berdasarkan rumus dan didapat konsentrasi yang baru yaitu 0 ppm, 426 ppm, 454 ppm, dan 485 ppm.



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran pH, suhu, dan DO pada Uji Pendahuluan Limbah Antibiotik Streptomycin dan Tetrasiklin HCl

Pengukuran pH, suhu, dan DO pada **gambar 4.4** menunjukkan nilai DO 6,6-6,9 mg/L dimana nilai tersebut sesuai dengan kadar DO yang dibutuhkan untuk organisme perairan tawar. Nilai DO yang layak dalam pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) yaitu > 3 mg/L. Nilai pengukuran pH masih berkisar pada 7,1-7,6 dimana nilai tersebut masih sesuai dengan kondisi lingkungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) yang disebutkan Pescond 1973 dalam Rudiyaniti (2009) sebesar 6,5-8,5. Pengukuran suhu sebesar 28-29°C sesuai dengan persyaratan kondisi hidup ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) menurut santoso 1992 dalam Rudiyaniti (2009) yaitu 14-38°C. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa kematian hewan uji yang terjadi saat uji pendahuluan tidak dipengaruhi oleh ketiga parameter yang diukur.

Uji Toksisitas



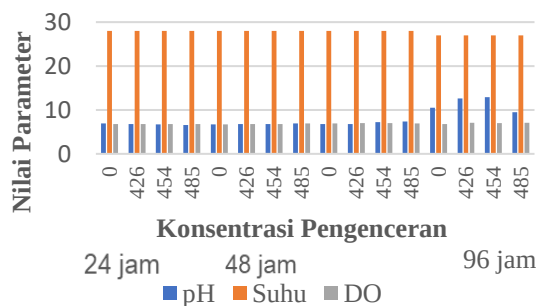
Gambar 4.4 Grafik Mortalitas Hewan Uji pada Uji Toksisitas Limbah Antibiotik Streptomycin dan Tetrasiklin HCl

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Toksisitas Akut

Konsentrasi Limbah	Mortalitas				Jumlah Total
	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
0 ppm	0	0	0	0	0
426 ppm	2	0	0	1	3

454 ppm	3	0	1	2	6
485 ppm	3	0	2	2	7

Uji toksisitas selama 96 jam menunjukkan mortalitas hewan uji yang semakin tinggi seiring dengan meningkatnya konsentrasi pengenceran limbah antibiotik *streptomycin* dan tetrasiklin HCl. Pengenceran tertinggi yaitu 485 ppm mortalitas hewan uji mati sebanyak 7 ekor (70%) selama 96 jam. Pada pengenceran 454 ppm mortalitas hewan uji mati sebanyak 6 ekor (60%). Pada pengenceran terendah 426 ppm mortalitas hewan uji mati sebanyak 3 ekor (30%).



Gambar 4.5 Grafik Pengukuran pH, Suhu, dan DO pada Uji Toksisitas Akut Limbah Antibiotik *Streptomycin* dan Tetrasiklin HCl

Pengukuran pH, suhu, dan DO pada **gambar 4.7** menunjukkan nilai pH berkisar 7,1-10,5 besaran nilai pH tidak sesuai dengan persyaratan kualitas air pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) berdasarkan (SNI 8296.4, 2016) dengan kadar maksimal 8,5 untuk menunjang kehidupan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.). Nilai pH yang tinggi dapat mendorong produksi lendir yang dapat menutup insang dan menyebabkan pendarahan (Svobodova, 1993). Suhu pada pengujian toksisitas berkisar 27-28⁰C sesuai dengan persyaratan kondisi hidup ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) menurut Santoso, 1992 dalam Rudyanti (2009) yaitu 14-38⁰C. nilai DO dalam pengujian toksisitas 6,7-7,1 mg/L, hal tersebut sesuai dengan (SNI 8296.4, 2016) yang menyebutkan nilai DO untuk kualitas pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) minimal 5 mg/L sehingga dapat dinyatakan kualitas DO pada uji toksisitas terhadap limbah antibiotik *streptomycin* dan tetrasiklin HCl baik.

Lethal Consentration (LC₅₀) dan Toxic Unit acute (TUa)

Nilai *Lethal Consentration* (LC₅₀) pengujian toksisitas akut limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl dihitung menggunakan Metode Probit (US EPA, 2002). Berdasarkan dari analisa probit didapatkan nilai LC₅₀ selama 96 jam sebesar 2,0224 ppm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi 2,0224% dapat mematikan 50% hewan uji dalam jangka waktu 96 jam. Nilai *Toxic Unite acute* (TUa) ditentukan dari nilai LC₅₀ yang telah didapatkan. TUa limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl dihitung dengan rumus dan didapat nilai 49,447. Nilai TUa menunjukkan nilai dibawah 100 sehingga masuk dalam kategori toksik kelas empat dan dapat dinyatakan berdasarkan (Persoone *et. al.*, 2003) bahwa limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl mengandung toksisitas akut tinggi (*High acute toxicity*).

Analisis Pengaruh Karakteristik Limbah Antibiotik *Streptomycin* dan Tetrasiklin HCl Terhadap Mortalitas Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.)

Nilai BOD yang tinggi dalam limbah mengindikasikan tingginya kandungan beban organik yang dapat menyebabkan terjadinya biodegradasi secara anaerob (Ogundiran, 2010). Limbah industri dengan beban organik yang tinggi dapat menurunkan oksigen terlarut yang menghambat pernapasan penyebab afiksia dan gangguan organ seperti difungsi hati yang menyebabkan kematian (Adewiyw, 2005). Berdasarkan (Svobodova, 1993) batas atas nilai BOD untuk kehidupan optimal ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) pada lingkungan kolam atau sungai berkisar 8-15 mg/L.

Hasil pengujian menunjukan COD yang tinggi, hasil ini sesuai dengan penelitian (Raptis, 2014) mengatakan bahwa peningkatan konsentrasi COD dapat menyebabkan peningkatan nilai toksisitas. Berdasarkan (Svobodova, 1993) batas atas nilai COD untuk kehidupan optimal ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) pada lingkungan kolam atau sungai berkisar 20-30 mg/L.

Total Suspended Solid (TSS) mendapatkan hasil yang tinggi dalam limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl yang dapat mempengaruhi nilai LC_{50} (Husni, 2012). Tingginya kadar TSS pada limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl disebabkan dari zat-zat yang ada dalam antibiotik dan sisa zat warna dari antibiotik tetrasiklin HCl yang menyebabkan kekeruhan pada limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl. Pada penelitian ini kadar limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl sebesar 267 mg/L. Menurut (Svobodova, 1993) TSS dengan kadar 200-300 mg/L dapat menjadi faktor lingkungan yang berbahaya bagi biota perairan karena dapat meningkatkan kerentanan pada penyakit tertentu.

KESIMPULAN

Hasil analisis karakterisasi uji toksisitas akut terhadap limbah campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl didapat nilai BOD, COD, dan TSS dari limbah antibiotik campuran *Streptomycin* dan Tetrasiklin HCl mendapatkan nilai yang cukup tinggi sebesar 16,5 mg/L, 60 mg/L, dan 267 mg/L sehingga limbah bersifat toksik. Sampel limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl memiliki nilai LC_{50} sebesar 2,0224 ppm yang termasuk dalam kategori toksik tinggi ditunjukan dengan nilai LC_{50} yang kecil di bawah 100 ppm (< 100 ppm). Dari hasil nilai LC_{50} diperoleh hasil TUa sebesar 49,447, nilai TUa menunjukan nilai di bawah 100 sehingga masuk dalam kategori toksik kelas empat dan dapat dinyatakan bahwa limbah antibiotik campuran *streptomycin* dan tetrasiklin HCl mengandung toksisitas akut tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adewoyw, S., Fawole, O., Owolabi, O., & Omotosho, J. (2005). Toxicity Of Cassava Wastewater Effluents To African Catfish: *Clarias Gariepinus* (Burchell, 1882). *Faculty Of Science, Addis Ababa University*, 189-194.
- Bila, D. M., & Dezotti, M. (2003). Pharmaceutical Drugs in the Environment. *Quim. Nova*, 26, 523-530.
- EPA, U. (1991). *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism: 4th Edition*. United States: Environmental Protection Agency.
- EPA, U. (2002). *Methods for Masuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism*. Washington DC: Environmental Protection Agency.
- Husni, H., Esmiralda, & MT. (2011). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio Lin*) .
- Meyer, B. N., Ferrigni, N. A., Putnam, J. E., Jacobsen, L. B., Nichols, D. E., & Mclaughlin, J. L. (1982). Brine Shrimp: A Convenient General Bioassay for Active Plant Constituents. *Journal Planta Medica*, Vol. 45(05), 31-34.
- Ningrum, P. T. (2013). Gambaran Sanitasi Dasar Pengelolaan Limbah Rumah Tangga di Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember. *Jurnal IKESMA*, Vol. 9 No. 2, 83-96.
- Nur, T., Noor, A. R., & Elma, M. (2016). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Sumpah Organik Rumah Tangga Dengan Bioaktivator EM4 (*Effective Microorganisms*). *Jurnal Konversi*, Vol. 5 No. 2, 44-51.
- Ogundiran, M., Fawole, O., Adewoye, S., & Ayandiran, T. (2010). Toxicological Impact Of Detergent Effluent On Juvenile Of African Catfish (*Clarias garlepinus*) (Buchell 1882). *Agric. Biol. J. N. Am*, 330-342.
- Persoone, G., Marselek, B., Blinova, I., Torokne, A., Zarina, D., Manusadzianas, L., . . . Kolar, B. (n.d.). A Partical and User-Friendly Toxicity Classification System with Microbiotests for

- Natural Waters and Wastewaters. *Research and Development for Microbiotesis, Inc: Toxkit Microbiotesis*.
- Rohmani, I. (2014). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Pabrik Tahu Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) . *Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Royani, S., Fitriani, A. S., Enarga, A. B., & Bagaskara, H. Z. (2021). Kajian COD Dan BOD Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas . *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* , 40-49.
- Rudiyanti, S., & Ekasari, D. (2009). Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada Berbagai Konsentrasi Pestisida Regent 0,3 G. *Jurnal Saintek Perikanan*, Vol. 5, No. 1, 39-47.
- Silaban, T. F., Santoso, L., & Suparmono. (2012). Dalam Peningkatan Kinerja Filter Air Untuk Menurunkan Konsentrasi Amonia Pada Pemeliharaan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, Vol. 1 No. 1, 48-56.
- SNI, 8. (2016). Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) Bagian 4: Produksi Benih. *Indonesia, Indonesia: BSN*.
- Stackelberg, P. E., Furlong, E. T., Meyer, M. T., Zaugg, S. D., Henderson, A. K., & Reissman, D. B. (2004). Persistence of Pharmaceutical Compounds and Other Organic Wastewater Contaminants in a Conventional Drinking-Water-Treatment Plant. *Journal Science of the Total Environment*, 99-113.
- Svobodova, Z., Lioyd, R., Machova, J., & Vykusova, B. (n.d.). Water Quality and Fish Health. *ROME: FAQ United Nations*.
- Tyas , N. M., Batu, D. T., & Affandi, R. (2016). Uji Toksisitas Letal Cr6+ Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Pengetahuan Indonesia*, Vol. 21(2), 128-132.
- Yuliana, R. L., Purwanti, E., & Pantiwati, Y. (2015). Pengaruh Limnah Detergen Industri Laundry terhadap Mortalitas dan Indeks Fisiologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*).
- Zulfahmi, I., Muliari, & Mawaddah, I. (2017). Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linneus 1758) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos Froskall 1755*). *Jurnal Agricola*, Vol. 7(1), 44-55.