

UJI TOKSISITAS LIMBAH CAIR BATIK SEBELUM DAN SESUDAH DIOLAH DENGAN TAWAS DAN SUPER FLOK TERHADAP BIOINDIKATOR (*Cyprinus carpio L*)

Yuli Pratiwi^{1*}, Sri Hastutiningrum², Dwi Kurniati Suyadi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Lingkungan, IST AKPRIND Yogyakarta

*E-mail: yuli_pratiwi@akprind.ac.id

INTISARI

Limbah cair batik mengandung berbagai jenis bahan organik dan anorganik seperti pewarna sintesis dan lilin (malam) yang dapat menyebabkan pencemaran air dan bersifat toksik bagi bioindikator (*Cyprinus carpio L*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas dan toksisitas limbah cair batik terhadap Lethal Concentration 50% (LC_{50}) pengamatan 0-96 jam pada bioindikator (*Cyprinus carpio L*), sebelum dan sesudah diolah dengan tawas dan super flok. Hasil pengolahan limbah cair batik kemudian dibandingkan dengan Standar Baku Mutu Kegiatan Industri Batik menurut Peraturan Gubernur DIY No.7 Tahun 2010, berdasarkan parameter pH, TDS, COD. Limbah cair diperoleh dari salah satu industri batik yang ada di wilayah Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan dalam 5 (lima) tahap, yaitu : 1) Uji toksisitas limbah cair batik sebelum pengolahan; 2) Menentukan volume penambahan tawas dan super flok (1, 2, 3, 4, 5 mL) yang optimum; 3) Proses pengolahan limbah cair batik dengan tawas dan super flok; 4) Uji toksisitas LC_{50} 0-96 jam limbah cair batik sesudah pengolahan dengan tawas dan super flok; 5) Analisa limbah cair batik sebelum dan sesudah pengolahan (pH dengan kertas indikator pH, TDS dengan TDS meter, COD dengan spektrofotometer DR-2000 "HACH"). Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume penambahan tawas optimum adalah 20 mL/300 mL dan super flok 2 mL/300 mL limbah cair batik. Efisiensi penurunan: pH 35%; TDS 7,45%; COD 68,6%. Berdasarkan Standar Baku Mutu Kegiatan Industri Batik menurut Peraturan Gubernur DIY No.7 Tahun 2010, nilai pH sudah sesuai sedangkan TDS dan COD masih di atas baku mutu. Toksisitas limbah cair batik terhadap bioindikator (*Cyprinus carpio L*) berdasarkan LC_{50} 0-96 jam sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok adalah 0,00% (0 jam), 5,5% (24 jam), 4,7% (48 jam), 4,2% (72 jam), dan 3,7% (96 jam), dan setelah pengolahan adalah 0,00% (0 jam), 15,7% (24 jam), 14,9% (48 jam), 13,6% (72 jam), dan 10,6% (96 jam). Persentase peningkatan kualitas limbah cair batik terhadap bioindikator (*Cyprinus carpio L*) berdasarkan LC_{50} 0-96 jam adalah sekitar 0,00% - 65,09%.

Kata kunci: bioindikator (*Cyprinus carpio L*), limbah cair batik, toksisitas, tawas, super flok

1. PENDAHULUAN

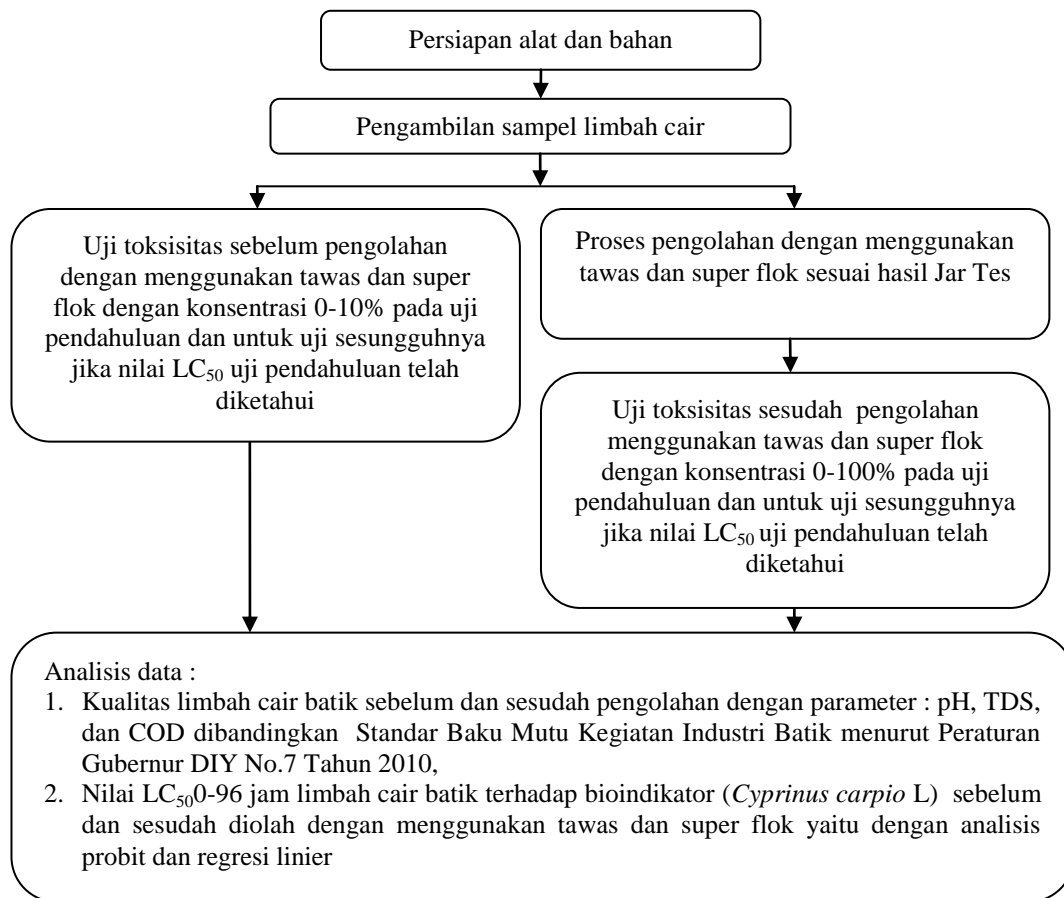
Sejak dicanangkan hari batik nasional pada tanggal 2 Oktober 2009 omset pengusaha batik naik hingga 50%. Batik memiliki seni tinggi dan sejarah yang tidak ternilai serta mampu memberikan keuntungan ekonomi bagi masyarakat. Selain itu industri batik juga merupakan industri penghasil limbah yang mengandung polutan yang dapat merusak lingkungan, karena mengandung berbagai jenis bahan organik dan anorganik, seperti lilin (malam dan pewarna sintesis). Hal ini ditunjukkan oleh tinggi dan rendahnya nilai pH, kebutuhan oksigen kimia dan biologi, kandungan detergen dan minyak, serta logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran perairan (Mauliddin, 2011). Lingkungan perairan yang tercemar limbah batik, dapat mengancam dan membahayakan kehidupan biota air dan manusia yang mengkonsumsi biota tersebut.

Untuk mengetahui zat pencemar penyebab terganggunya kehidupan biota dan dampaknya terhadap biota dalam suatu perairan, perlu dilakukan uji efek zat pencemar terhadap biota yaitu dengan menghitung *Lethal Concentration* (LC_{50}). Uji tersebut adalah uji toksisitas, yang meliputi toksisitas akut dan kronis (Mangkoedihardjo, 1999 dalam Halang, 2004). Uji toksisitas digunakan untuk mengevaluasi besarnya konsentrasi toksikan dan durasi pemaparan yang dapat menimbulkan efek toksik pada jaringan biologis.

Biota yang dapat digunakan untuk bioindikator dalam uji toksisitas perairan salah satunya adalah ikan. Ikan yang dipakai untuk uji toksik suatu pencemar harus mempunyai kepekaan tinggi, umur, berat, dan panjang yang dipersyaratkan serta sesuai dengan ikan yang hidup di perairan yang tercemar. Ikan mas (*Cyprinus carpio L*) adalah salah satu jenis ikan yang memenuhi persyaratan tersebut sangat peka, mudah dipelihara, penyebarannya merata, mudah ditemukan, dan memenuhi syarat untuk uji toksisitas. (Pararaja, 2008)

Untuk menghilangkan efek toksik dari limbah cair batik, maka diperlukan suatu proses pengolahan limbah secara sederhana dan mudah diterapkan yaitu dengan cara koagulasi flokulasi menggunakan tawas dan super flok yang diharapkan dapat sesuai dengan baku mutu lingkungan yang berlaku. Jadi tujuan penelitian ini adalah: (1) mengetahui kualitas limbah cair batik sebelum dan sesudah diolah menggunakan tawas dan super flok, (2) mengetahui LC_{50} 0-96 jam limbah cair batik sebelum dan sesudah diolah menggunakan tawas dan super flok terhadap bioindikator (*Cyprinus carpio* L), (3) mengetahui volume super flok yang optimum untuk digunakan pada penurunan pH, TDS, COD limbah cair batik, (4) membandingkan hasil pengolahan limbah cair batik dengan Standar Baku Mutu Kegiatan Industri Batik menurut Peraturan Gubernur DIY No.7 Tahun 2010, berdasarkan parameter pH, TDS, COD.

2. METODOLOGI



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kualitas Limbah Cair Batik

Kualitas limbah cair batik setelah diolah dengan tawas dan super flok mengalami perbaikan, yaitu pH sebesar 35 %, TDS 7,45 %, dan COD 68,6 %, data lengkap tercantum di tabel.

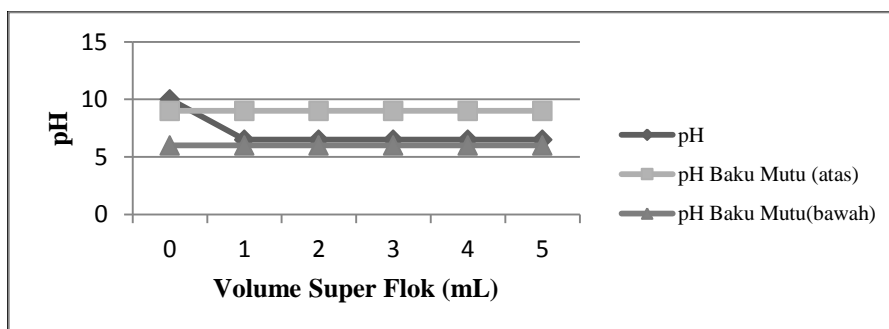
Tabel 1. Kualitas limbah cair batik sebelum dan sesudah diolah dengan tawas dan super flok

Parameter	Satuan	Limbah Sebelum Diolah	Limbah Setelah Diolah dengan Tawas 20 mL dan Super Flok Volume:					Baku Mutu*	Efisiensi Penurunan (%)
			1 mL	2 mL	3 mL	4 mL	5 mL		
pH	-	10	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,0-9,0	35,0
TDS	mg/L	1610	1590	1490	1570	1550	1540	1000	7,4
COD	mg/L	344	148	108	109	112	110	100	68,6

*Baku Mutu Limbah Cair Industri Batik Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 201

3.1.1 pH

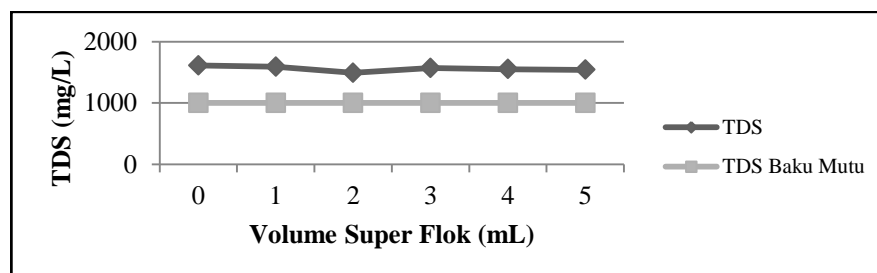
Berdasarkan tabel 1 dan gambar 2, menunjukkan adanya penurunan pH hingga 6,5 , dengan efisiensi penurunan sebesar 35%, dan tidak melampaui baku mutu yang dipersyaratkan dalam Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 untuk Kegiatan Industri Batik yaitu 6 – 9. Hal ini dikarenakan sebelum pengolahan dengan super flok 2 mL ditambahkan terlebih dahulu tawas sebanyak 20 mL. Tawas dalam pengolahan limbah cair batik berfungsi sebagai koagulan, yang dapat mendestabilisasi koloid yang terkandung pada limbah sehingga terbentuk flok. Tawas digunakan pada tahap awal pengolahan sebelum digunakan super flok yang berfungsi sebagai flokulan. Tawas selain berfungsi sebagai koagulan, juga dapat menurunkan pH limbah cair batik. Ion Al^{3+} dari tawas ($Al_2(SO_4)_3$) yang terhidrolisis dalam air akan mengikat senyawa OH^- dari air dan membentuk endapan $Al(OH)_3$, sehingga air menjadi kelebihan H^+ dan kemudian berikatan dengan senyawa sulfat membentuk asam sulfat. Pembentukan asam sulfat tersebut menyebabkan turunnya pH air.



Gambar 2. Grafik hubungan antara penambahan tawas 20 mL dan super flok dengan pH

3.1.2 TDS

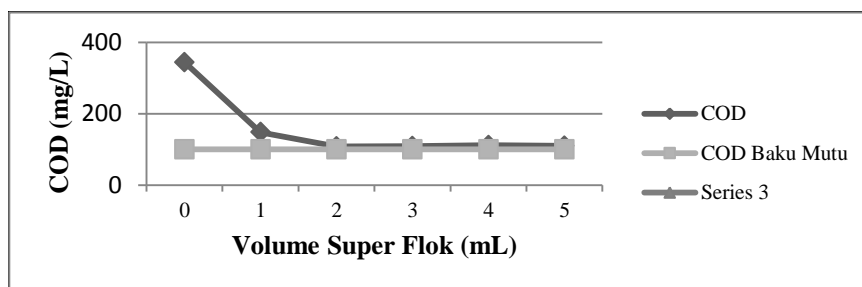
Berdasarkan tabel 1 dan gambar 3, menunjukkan bahwa hasil pengolahan menggunakan tawas 20 mL sebagai koagulan dan super flok 2mL sebagai flokulan, hanya mampu menurunkan TDS menjadi 1490 mg/L, dengan efisiensi penurunan sebesar 7,4%.



Gambar 3. Grafik hubungan antara penambahan tawas 20 mL dan super flok dengan TDS

3.1.3 COD

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi sejumlah zat organik secara sempurna dalam suatu reaksi kimia. Bahan-bahan organik yang terkandung dalam air tersebut jika ditambahkan dengan tawas dan super flok akan terikat dan membentuk flok. Hasil analisis COD pada tabel 1 dan gambar 4, terlihat bahwa penambahan tawas 20 mL dan super flok 2 mL, mampu menurunkan nilai COD menjadi 108 mg/L, dengan efisiensi penerunan sebesar 68,6%. Pada volume super flok 2 mL dianggap optimum karena pada super flok volume 3 mL - 5 mL terjadi peningkatan nilai COD, hal ini berarti bahwa super flok menjadi polutan dan menimbulkan pencemaran kembali.



Gambar 4. Grafik hubungan antara penambahan tawas 20 mL dan super flok dengan COD

3.2 Uji Toksisitas Limbah Cair Batik Terhadap Bioindikator (*Cyprinus carpio* L)

3.2.1 Uji Pendahuluan

Uji ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi limbah cair batik yang dapat mematikan 50% (LC₅₀) bioindikator pada pengamatan 0-96 jam, dengan hasil seperti tercantum di tabel 2.

Tabel 2. Mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio* L) pada uji pendahuluan

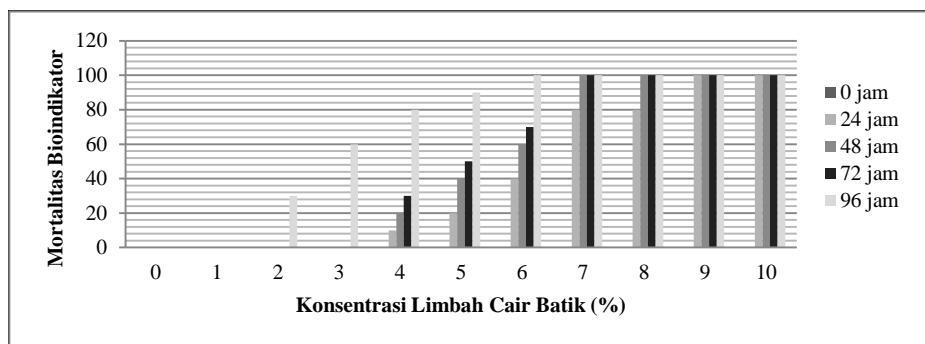
Σ Bioindik ator (ekor)	Konsentrasi Limbah Cair Batik (%)		Mortalitas Bioindikator (%) Pada Pengamatan ke:									
			0 jam		24 jam		48 jam		72 jam		96 jam	
	S	SP	S	SP	S	SP	S	SP	S	SP	S	SP
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	10	0	0	0	30	0	30	0	40	0	40
10	2	20	0	0	0	50	0	50	0	60	0	70
10	3	30	0	0	0	90	0	100	0	100	0	100
10	4	40	0	0	10	100	20	100	30	100	30	100
10	5	50	0	0	20	100	40	100	50	100	60	100
10	6	60	0	0	40	100	60	100	70	100	100	100
10	7	70	0	0	80	100	100	100	100	100	100	100
10	8	80	0	0	80	100	100	100	100	100	100	100
10	9	90	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100
10	10	100	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100

S : Sebelum pengolahan menggunakan tawas dan super flok

SP: Sesudah pengolahan menggunakan tawas dan super flok

3.2.1.1 Uji pendahuluan sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok

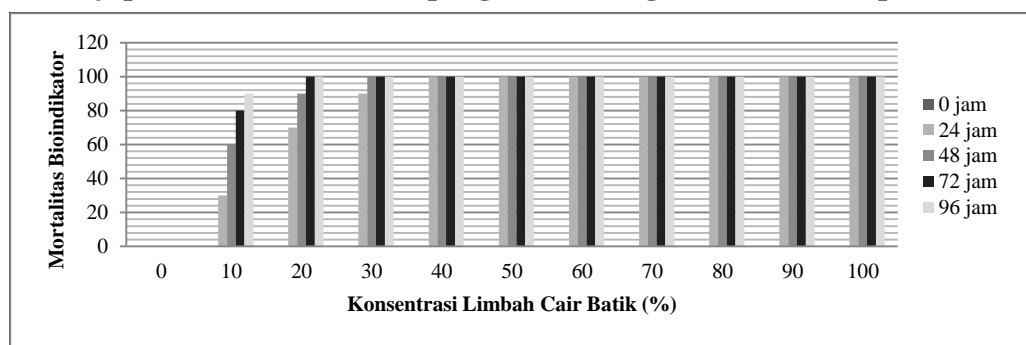
Pada uji pendahuluan sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok, menggunakan konsentrasi di bawah 10%. Hal ini dikarenakan, setelah dilakukan dua kali percobaan dengan konsentrasi limbah cair batik 10-100%, kondisi bioindikator langsung mati dalam waktu 30 menit – 2 jam, Oleh karena itu konsentrasi limbah cair batik yang digunakan pada uji pendahuluan sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok adalah 0-10% (0%, 1% , 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%).



Gambar 5. Grafik mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio* L) pada uji pendahuluan sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok

Berdasarkan tabel 2, LC_{50} 96 jam bioindikator sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok adalah 4,57%, sehingga konsentrasi limbah cair batik yang digunakan untuk uji sesungguhnya berkisar antara 4-5%. Berdasarkan analisis regresi linier, diperoleh hubungan korelasi antara konsentrasi limbah cair batik dan jumlah mortalitas bioindikator pada uji pendahuluan, dengan nilai koefisien korelasi atau $r = 0,997$. Hal ini dapat diartikan bahwa ada hubungan korelasi positif antara konsentrasi limbah cair batik dan jumlah mortalitas bioindikator pada pengamatan 0-96 jam, artinya semakin tinggi konsentrasi limbah cair batik maka akan semakin banyak bioindikator yang mati.

3.2.1.2 Uji pendahuluan sesudah pengolahan dengan tawas dan super flok



Gambar 6. Grafik mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio* L) pada uji pendahuluan sesudah pengolahan dengan tawas dan super flok

Berdasarkan tabel 2, LC_{50} 96 jam bioindikator sesudah pengolahan dengan tawas dan super flok adalah 15,1%, sehingga konsentrasi limbah cair batik yang digunakan untuk uji sesungguhnya berkisar antara 10-20%. Berdasarkan analisis regresi linier, diperoleh hubungan korelasi antara konsentrasi limbah cair batik dan jumlah mortalitas bioindikator pada uji pendahuluan, dengan nilai koefisien korelasi atau $r = 0,616$. Berdasarkan besarnya nilai koefisien korelasi dapat diartikan bahwa ada hubungan korelasi positif antara konsentrasi limbah cair batik dan jumlah mortalitas bioindikator pada pengamatan 0-96 jam, artinya semakin tinggi konsentrasi limbah cair batik maka akan semakin banyak bioindikator yang mati.

3.2.2 Uji Sesungguhnya

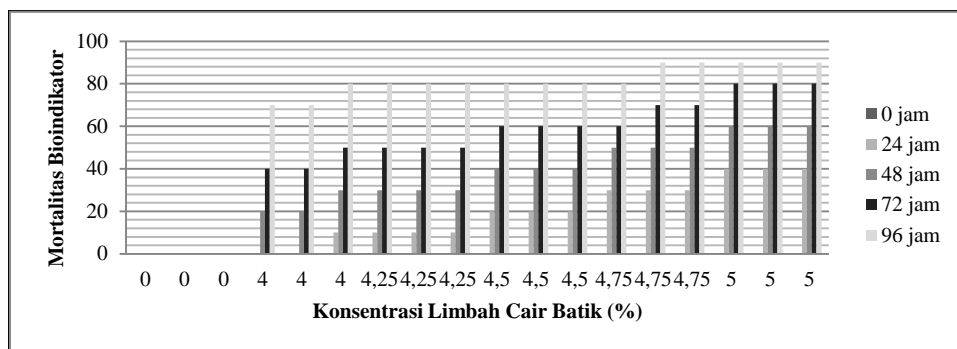
3.2.2.1 Uji sesungguhnya sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, maka konsentrasi limbah cair batik yang digunakan untuk uji sesungguhnya berkisar antara 4-5%, yaitu dengan variasi 4%, 4,25%, 4,5%, 4,75%, 5%, dengan pengulangan masing-masing 3 kali. Pada tabel 3 terlihat bahwa mortalitas bioindikator pada uji sesungguhnya terhadap limbah cair batik sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok, hasilnya semakin meningkat selaras dengan

peningkatan konsentrasi limbah cair batik. Berdasarkan analisis probit dan regresi linier diperoleh nilai LC₅₀-96jam yaitu pada konsentrasi limbah cair batik 3,7 %.

Tabel 3. Mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio* L) pada uji sesungguhnya sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok

Perlakuan	Σ Bioindikator (ekor)	Konsentrasi limbah cair batik (%)	Mortalitas ikan mas (%) pada pengamatan ke-				
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
A	10	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0
B	10	4	0	0	20	40	70
		4	0	0	20	40	70
		4	0	10	30	50	80
C	10	4,25	0	10	30	50	80
		4,25	0	10	30	50	80
		4,25	0	10	30	50	80
D	10	4,5	0	20	40	60	80
		4,5	0	20	40	60	80
		4,5	0	20	40	60	80
E	10	4,75	0	30	50	60	80
		4,75	0	30	50	70	90
		4,75	0	30	50	70	90
F	10	5	0	40	60	80	90
		5	0	40	60	80	90
		5	0	40	60	80	90



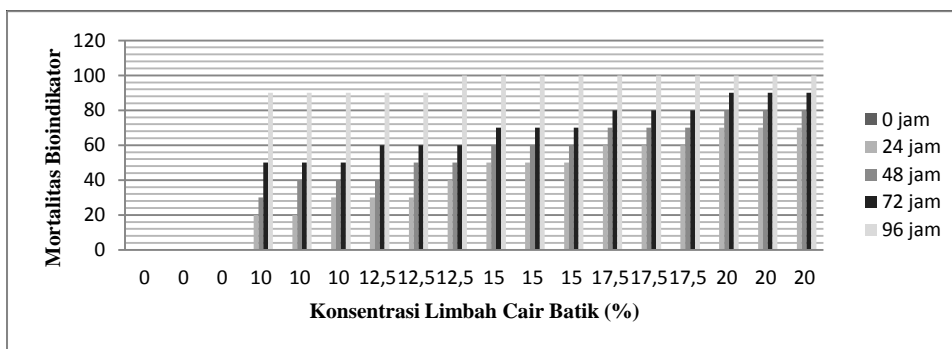
Gambar 7. Grafik mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio* L) pada uji sesungguhnya sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok

3.2.2.1 Uji sesungguhnya sesudah pengolahan dengan menggunakan tawas dan super flok

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, maka konsentrasi limbah cair batik yang digunakan untuk uji sesungguhnya berkisar antara 10-20%, yaitu dengan variasi 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%, dengan pengulangan masing-masing 3 kali. Pada tabel 4 terlihat bahwa mortalitas bioindikator pada uji sesungguhnya terhadap limbah cair batik sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok, hasilnya semakin meningkat selaras dengan peningkatan konsentrasi limbah cair batik. Berdasarkan analisis probit dan regresi linier diperoleh nilai LC₅₀-96jam yaitu pada konsentrasi limbah cair batik 10,6 %.

Tabel 4. Mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio* L) pada uji sesungguhnya sesudah pengolahan dengan tawas dan super flok

Perlakuan	Σ Ikan (ekor)	Konsentrasi limbah cair batik (%)	Mortalitas ikan mas (%) pada pengamatan ke-				
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam
A	10	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	
B	10	10	0	20	50	50	90
		10	0	20	50	50	90
		10	0	30	50	50	90
C	10	12,5	0	30	60	60	90
		12,5	0	30	60	60	90
		12,5	0	40	60	60	100
		15	0	50	70	70	100
D	10	15	0	50	70	70	100
		15	0	50	70	70	100
		15	0	50	70	70	100
		17,5	0	60	80	80	100
E	10	17,5	0	60	80	80	100
		17,5	0	60	80	80	100
		20	0	70	90	90	100
F	10	20	0	70	90	90	100
		20	0	70	90	90	100



Gambar 8. Grafik mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio* L) pada uji sesungguhnya sesudah pengolahan dengan tawas dan super flok

Tabel 5. Nilai LC₅₀ 0-96 jam pada uji sesungguhnya

Limbah cair batik sebelum pengolahan	Limbah cair batik sesudah pengolahan	Perbaikan toksisitas limbah cair batik berdasarkan LC ₅₀ 0-96 jam
LC ₅₀ 0 jam = 0,00%	LC ₅₀ 0 jam = 0,00%	0,00%
LC ₅₀ 24 jam = 5,5%	LC ₅₀ 24 jam = 15,7%	64,96%
LC ₅₀ 48 jam = 4,7%	LC ₅₀ 48 jam = 14,9%	68,45%
LC ₅₀ 72 jam = 4,2%	LC ₅₀ 72 jam = 13,6%	69,11%
LC ₅₀ 96 jam = 3,7%	LC ₅₀ 96 jam = 10,6%	65,09%

Analisis data LC₅₀ 0-96 jam menggunakan metode analisis probit dan regresi linier. Analisis probit merupakan analisis yang menggunakan prosedur transformasi statistik dari persentase data kematian bioindikator (*Cyprinus carpio* L) ke dalam variasi probit, yang selanjutnya beserta data konsentrasi limbah cair batik, digunakan untuk menentukan LC₅₀ berdasarkan persamaan regresi linier (Pratiwi, 2004).

Pada tabel 5 menunjukkan nilai LC_{50} 48 jam pada uji sesungguhnya sebelum pengolahan dengan menggunakan tawas dan super flok lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak limbah cair batik dengan bioindikator, maka jumlah rata-rata kematian akan meningkat pada konsentrasi limbah cair yang lebih rendah yang dikarenakan oleh daya tahan bioindikator semakin menurun (Windi, 2011).

Perbandingan toksisitas limbah cair sesudah pengolahan dengan menggunakan tawas dan super flok menunjukkan perbaikan yang dapat dilihat pada tabel 5, yaitu data penurunan toksisitas pada limbah cair batik berdasarkan nilai LC_{50} 0-96 jam adalah sebesar 0 – 65,09 %. Batas aman limbah cair batik bagi kehidupan bioindikator (*Cyprinus carpio L*) sebelum pengolahan dengan menggunakan tawas dan super flok pada konsentrasi 0,47 % (10% x LC_{50} 48 jam sebelum pengolahan), sedangkan sesudah pengolahan pada konsentrasi 1,5% (10% x LC_{50} 48 jam sesudah pengolahan). Berdasarkan data LC_{50} 0-96 jam maupun batas aman limbah cair batik dapat membuktikan bahwa pengolahan dengan menggunakan tawas dan super flok dapat menurunkan nilai toksisitas limbah cair batik.

Tabel 6. Nilai korelasi hubungan antara konsentrasi limbah cair batik dan jumlah mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio L*)

Pengamatan ke: (jam)	Sebelum pengolahan	Sesudah pengolahan
0	-	-
24	0,989	0,955
48	1	0,931
72	0,999	0,946
96	0,995	0,915

Dari analisis regresi linier pada uji sesungguhnya, diperoleh nilai hubungan korelasi antara konsentrasi limbah cair batik dengan jumlah mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio L*). Nilai korelasi antara konsentrasi limbah cair batik sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok untuk pengamatan 0 – 96 jam berkisar antara 0 – 0,995 dan sesudah pengolahan berkisar antara 0 – 0,915. Pada pengamatan 0 jam sebelum dan sesudah pengolahan dengan tawas dan super flok, tidak terdapat hubungan korelasi antara konsentrasi limbah cair dan jumlah mortalitas bioindikator (*Cyprinus carpio L*), hal ini disebabkan karena tidak ada bioindikator yang mati pada konsentrasi dan waktu kontak tersebut.

4. KESIMPULAN

- Pengolahan limbah cair menggunakan tawas dan super flok dapat memperbaiki kualitas limbah cair batik berdasarkan parameter pH, TDS, COD. Efisiensi penurunan pH 35%, TDS 7,45 %, dan COD 68,6 %. Berdasarkan Standar Baku Mutu Kegiatan Industri Batik menurut Peraturan Gubernur DIY No.7 Tahun 2010, nilai pH sudah sesuai sedangkan TDS dan COD masih di atas baku mutu.
- Volume penambahan tawas dan super flok optimum yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas limbah cair batik, untuk tawas 20 mL/300 mL dan super flok 2mL/300 mL limbah cair batik.
- Toksistas limbah cair batik terhadap bioindikator (*Cyprinus carpio L*) berdasarkan LC_{50} 0-96 jam adalah:
 - Sebelum pengolahan dengan tawas dan super flok: 0,00% (0 jam), 5,5% (24 jam), 4,7% (48 jam), 4,2% (72 jam), dan 3,7% (96 jam).
 - Sesudah pengolahan dengan tawas dan super flok: 0,00% (0 jam), 15,7% (24 jam), 14,9% (48 jam), 13,6% (72 jam), dan 10,6% (96 jam).
 - Persentase peningkatan kualitas limbah cair batik terhadap bioindikator berdasarkan LC_{50} 0-96 jam adalah sekitar 0,00% - 65,09%.

DAFTAR PUSTAKA

- Halang, B., 2004, *Toksisitas Air Limbah Deterjen Terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio)*, Bioscientine. (1) : 39-49
- Mauliddin, B.K., 2011, *Kualitas Limbah Batik Pewarna Alami dan Toksisitas Terhadap Larva Udang (Artemia salina Leach)*, Skripsi Departemen Biokimia, Institut Pertanian Bogor.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No.7 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, Dan Jasa Pariwisata
- Pratiwi, Y., 2004, *Uji Toksisitas dan Pengaruh Patologi Air Lindi dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah Piyungan Bantul Terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio L) serta Penurunan Toksisitasnya dengan PAC*, Thesis Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Reed, S. C, dkk. 2005. *Natural System Of Waste Managemen And Treatment*. McGraw. New York: H11 Book Company.
- Stowel, RR. 2000. *Toward The Rational Design of Aquatic Treatmwnts of Wastewater*. California: University of California.
- Windi, W.F., 2011, *Uji Toksisitas Limbah Cair Loundry Terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio L) Serta Penurunannya Menggunakan Tawas Dan Karbon Aktif*, Skripsi Teknik Lingkungan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta