

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Analisis Limbah Cair Industri Tekstil Batik

Berdasarkan hasil analisis laboratorium terhadap limbah cair industri tekstil batik di Kota Batu, maka didapatkan data seperti pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Hasil Analisis Laboratorium Terhadap Limbah Cair Industri Tekstil Batik di Kota Batu

Parameter	Baku Mutu Air Limbah untuk Industri Tekstil (mg/l)*	Kadar Limbah Cair Industri Tekstil Batik di Kota Batu (mg/l)**
BOD <sub>5</sub>	60	364
COD	150	428
TSS	50	3670
Fenol Total	0,5	15,64
Krom Total (Cr)	1,0	1,89
Minyak dan Lemak	3,0	755
pH	6,0 – 9,0	9,20
Debit Limbah	100 m <sup>3</sup> per ton produk tekstil	

Sumber : \* Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013

\*\* Hasil Analisis dari Laboratorium

Data tersebut menunjukkan bahwa secara umum kadar limbah cair industri tekstil batik yang didapatkan dari Kota Batu yaitu tidak memenuhi standar baku mutu. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis laboratorium (**Lampiran 4**) yang menyatakan bahwa kadar BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Fenol Total, Krom Total (Cr), pH serta minyak dan lemak yang telah diuji memiliki nilai yang melampaui ambang baku mutu yang berlaku. Apabila limbah ini dibuang secara langsung ke perairan umum, maka dapat memberikan pengaruh negatif bagi ekosistem perairan maupun terhadap organisme yang hidup di dalamnya.

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menjalankan proses oksidasi bahan organik pada suhu dan waktu tertentu, sedangkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan buangan dalam air melalui reaksi kimia tertentu. Berdasarkan dari hasil pengujian laboratorium, didapatkan nilai BOD<sub>5</sub> yaitu 364 mg/l dan COD yaitu 428 mg/l. Nilai BOD dan COD yang terlampau tinggi ini diduga berasal dari proses basah yang dilakukan dalam kegiatan pembuatan tekstil batik, seperti pencucian untuk menghilangkan bekas kanji, malam ataupun bahan pewarna soda dan indigo yang digunakan saat proses pembatikan. Selain dapat menyebabkan terjadinya defisit oksigen dalam suatu perairan, tingginya kadar BOD maupun COD ini juga dapat mengindikasikan terjadinya pencemaran. Hal ini sesuai dengan pendapat Mujosemedi (1985) yang menyatakan bahwa bila nilai kebutuhan oksigen biologis suatu perairan tinggi, berarti kandungan bahan pencemar organik terlarut dan kebutuhan oksigen untuk proses oksidasi oleh mikroorganisme tinggi pula.

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan semua zat padat maupun partikel-partikel yang tersuspensi dalam air (Jannah, 2014). Dari hasil pengujian kadar TSS yang terkandung dalam limbah cair industri tekstil batik didapatkan nilai sebesar 3670 mg/l. Tingginya nilai TSS ini diduga berasal dari pengendapan sisa malam dan zat tambahan lain dari proses produksi batik yang masuk ke dalam air. Nilai TSS yang sangat tinggi dapat menyebabkan banyak kerugian bagi perairan, misalnya yaitu terhambatnya cahaya matahari yang masuk ke dalam air sehingga proses fotosintesis tidak dapat terjadi secara maksimal. Selain itu, nilai TSS yang terlalu tinggi juga sangat membahayakan kelangsungan hidup organisme perairan seperti ikan. Partikel-partikel ini akan menempel pada insang ikan dan menyebabkan terganggunya sistem respirasi

sehingga proses metabolisme tubuh ikan juga terhambat karena kurangnya suplai oksigen yang dibutuhkan. Hal ini didukung oleh pendapat Effendi (2003), bahwa TSS dalam jumlah yang berlebih dapat menyebabkan penyumbatan insang ikan atau selaput pernapasan lainnya, serta kurangnya asupan oksigen karena terlapsi oleh padatan.

Menurut Irmanto (2012), fenol merupakan turunan senyawa benzena (benzenol) yang berupa zat kristal tak berwarna dengan bau yang khas. Fenol memiliki rumus kimia yaitu  $C_6H_5OH$  dan strukturnya juga memiliki gugus hidroksil ( $OH$ ) yang berikatan dengan cincin fenil. Berdasarkan dari hasil pengujian laboratorium, didapatkan nilai total fenol yaitu 15,64 mg/l. Nilai ini terbilang sangat tinggi karena telah melebihi ambang batas baku mutu yang ditentukan. Keberadaan fenol dalam limbah cair batik dapat berasal dari proses pelunturan lilin dan zat warna. Nilai fenol yang tinggi ini tentu akan berdampak buruk bagi organisme perairan. Menurut Lubis *et al.* (2013), keberadaan fenol di perairan akan mempengaruhi kinerja sistem syaraf pusat. Demikian pula pendapat Kusdarwati *et al.* (2010), yang mengatakan bahwa keberadaan senyawa fenol dapat membunuh sel dengan cara mendenaturasi protein sel. Akibat terdenaturasinya protein sel, maka semua aktivitas metabolisme sel terhenti. Ketika metabolisme sel terhenti, maka sistem koordinasi pada sistem syaraf akan terganggu sehingga dapat menyebabkan aktivitas yang ada di dalam tubuh juga akan terganggu.

Selain fenol, salah satu bahan yang terkandung dalam limbah cair batik yaitu krom (Cr). Krom (Cr) merupakan satu dari sekian unsur logam berat yang dapat membahayakan makhluk hidup apabila terjadi suatu kontaminasi. Menurut Pramudita *et al.* (2014), kandungan krom (Cr) dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti iritasi pada kulit dan kanker pada manusia. Sedangkan,

untuk biota akuatik seperti ikan logam berat ini dapat menyebabkan penebalan pada dinding epitel insang ikan sehingga ikan akan sulit untuk mengambil oksigen terlarut dalam air. Berdasarkan hasil pengujian kadar krom yang terkandung dalam limbah cair industri tekstil batik tersebut didapatkan nilai sebesar 1,89 mg/l. Nilai ini juga terbilang cukup tinggi mengingat bahwa dalam proses pewarnaannya, sentra pematikan ini juga menggunakan bahan pewarna buatan.

Secara umum, minyak dan lemak merupakan komponen organik yang sering ditemukan dalam bahan buangan atau air limbah. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, didapatkan nilai kadar minyak dan lemak dalam limbah cair industri tekstil batik tersebut yaitu sebesar 755 mg/l. Tingginya kadar minyak dan lemak ini dihasilkan dari proses perebusan kain batik untuk menghilangkan malam dengan air panas. Menurut Tchobanoglous dan Frank (2002), minyak jika terdapat dalam limbah cair dapat merugikan karena dapat menghambat aktivitas biologi mikroba untuk pengelolaan limbah cair. Hal ini didukung oleh pendapat Pratiwi (2011), bahwa terbentuknya emulsi air dalam minyak akan membuat lapisan yang menutupi permukaan air dan dapat merugikan, karena penetrasi sinar matahari ke dalam air berkurang serta lapisan minyak menghambat pengambilan oksigen dari udara menurun.

Berdasarkan hasil pengukuran pH pada limbah cair tekstil batik tersebut, didapatkan nilai pH yaitu 9,20. Nilai pH ini telah melampaui ambang batas baku mutu untuk kategori limbah cair industri tekstil. Hal ini tentu akan berdampak bagi menurunnya kualitas lingkungan perairan dan seringkali menyebabkan keasaman atau alkalinitas yang tinggi pada saluran-saluran air di tempat limbah tersebut dibuang. Nilai pH yang terlalu basa ini umumnya dapat menghambat pertumbuhan dari organisme akuatik.

#### 4.2 Hasil Uji Pendahuluan Toksisitas Limbah Cair Industri Tekstil Batik Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn)

Data hasil uji toksisitas yang didapatkan selama uji pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Data Hasil Uji Pendahuluan

Konsentrasi Limbah (%)	Jumlah Ikan (Ekor)	Jumlah Mortalitas Ikan (Ekor)					Total Mortalitas Ikan (Ekor)	Persentase Mortalitas Ikan (%)
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam		
0 (Kontrol)	10	0	0	0	0	0	0	0
0,02	10	0	0	0	6	1	7	70
0,2	10	0	1	0	3	1	5	50
2	10	0	10	-	-	-	10	100
20	10	0	10	-	-	-	10	100

Berdasarkan data tersebut, didapatkan hasil bahwa ikan pada bak kontrol dengan konsentrasi 0% (0 ml/l) tidak mengalami kematian. Sementara itu, pada bak percobaan dengan konsentrasi 0,02% (0,2 ml/l) total kematian ikan mencapai nilai 70% dan pada bak percobaan dengan konsentrasi 0,2% (2 ml/l) total kematian ikan mencapai nilai 50%. Pada bak percobaan dengan konsentrasi 2% (20 ml/l) terjadi banyak kematian ikan pada jam ke-24 dengan total persentase sebesar 100% dan total kematian ikan paling tinggi juga terjadi pada bak dengan konsentrasi 20% (200 ml/l) yaitu jumlah ikan yang mati adalah 100%. Dengan demikian, maka dapat ditentukan kisaran konsentrasi yang digunakan untuk uji  $LC_{50-96 \text{ jam}}$  yaitu antara 0,2% hingga 2%, dimana konsentrasi 0,2% sebagai ambang bawah dan 2% sebagai ambang atas. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan konsentrasi limbah yang akan diberikan pada uji sesungguhnya sehingga diperoleh nilai konsentrasi antara lain yaitu 0,27% (2,7 ml/l), 0,48% (4,8 ml/l), 0,84% (8,4 ml/l), dan 1,5% (15 ml/l). Perlakuan pada uji sesungguhnya masing-masing dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

#### 4.3 Hasil Uji Sesungguhnya Toksisitas Limbah Cair Industri Tekstil Batik Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn)

Data hasil uji toksisitas yang didapatkan selama uji sesungguhnya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Data Hasil Uji Sesungguhnya

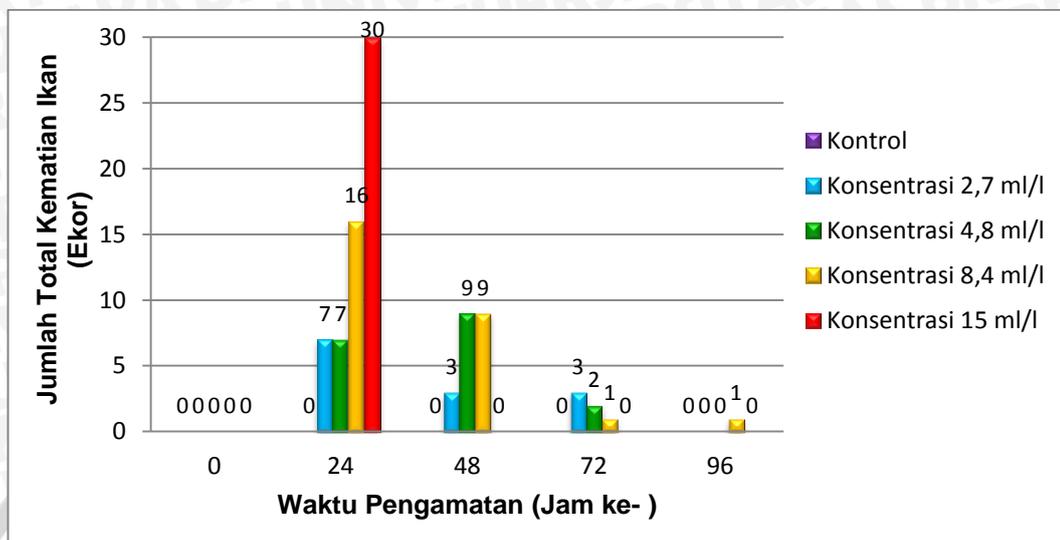
Konsentrasi Limbah (ml/l)	Ulangan ke -	Jumlah Ikan (Ekor)	Jumlah Mortalitas Ikan (Ekor)					Total Mortalitas Ikan (Ekor)	Persentase Mortalitas Ikan (%)
			0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam		
0 (Kontrol)	1	10	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	0	0	0	0	0	0	0
	3	10	0	0	0	0	0	0	0
2,7	1	10	0	3	1	0	0	4	40
	2	10	0	1	2	1	0	4	40
	3	10	0	3	0	2	0	5	50
4,8	1	10	0	1	3	1	0	5	50
	2	10	0	2	4	1	0	7	70
	3	10	0	4	2	0	0	6	60
8,4	1	10	0	5	2	1	0	8	80
	2	10	0	5	5	-	-	10	100
	3	10	0	6	2	0	1	9	90
15	1	10	0	10	-	-	-	10	100
	2	10	0	10	-	-	-	10	100
	3	10	0	10	-	-	-	10	100

Berdasarkan data hasil uji sesungguhnya tersebut, diperoleh jumlah kematian ikan yang berbeda-beda dari setiap perlakuan. Ikan yang terdapat pada bak kontrol, tidak mengalami kematian sama sekali. Ikan ini masih terbilang sehat dan cukup aktif bergerak karena tidak terkontaminasi oleh bahan toksikan apapun. Sementara itu, pada konsentrasi terendah yaitu 2,7 ml/l pergerakan ikan

tidak terlalu aktif dan hanya berenang secara perlahan. Hal ini merupakan respon awal dari ikan mas terhadap bahan toksikan yang dimasukkan ke dalam media dan mulai mencemari media hidup ikan tersebut. Menurut Jannah (2014), proses kematian ikan akibat adanya bahan toksikan biasanya ditandai dengan kondisi ikan yang berbeda, misalnya mulut ikan *megap-megap*, pergerakan tidak seimbang dan semakin melemah, serta ikan yang sering berenang di dasar perairan. Pada bak ini, ikan mulai mengalami kematian pada jam ke-24 sejumlah 7 ekor, jam ke-48 sejumlah 3 ekor, dan jam ke-72 sejumlah 3 ekor. Selanjutnya, pada jam ke-96 ikan masih bertahan hidup. Adapun hasil rata-rata jumlah mortalitas ikan dari ketiga ulangan yaitu sebesar 43,33%.

Pada bak dengan konsentrasi 4,8 ml/l, pergerakan ikan mulai nampak tidak seimbang. Hal ini diduga karena bahan toksikan dari limbah cair tekstil batik telah mempengaruhi kinerja dari sistem syaraf pusat yang berfungsi untuk mengatur keseimbangan tubuh. Menurut Lubis *et al.* (2013), senyawa fenol dan turunannya yang sudah masuk ke dalam tubuh akan mempengaruhi sistem syaraf pusat. Pada pengamatan ini, ikan mulai mengalami kematian pada jam ke-24 sejumlah 7 ekor, pada jam ke-48 sejumlah 9 ekor, dan pada jam ke-72 sejumlah 2 ekor. Selanjutnya, pada jam ke-96 tidak terdapat kematian lagi. Akan tetapi, ikan yang masih bertahan hidup ini berada dalam kondisi gerak tubuh yang tidak begitu aktif. Hasil rata-rata jumlah mortalitas ikan dari ketiga ulangan yaitu sebesar 60%. Sementara itu, pada konsentrasi 8,4 ml/l ikan lebih sering ditemui berdiam diri di dasar bak uji. Pada bak ini, ikan mulai mengalami kematian pada jam ke-24 sejumlah 16 ekor, pada jam ke-48 sejumlah 9 ekor, dan pada jam ke-72 dan jam ke-96 yaitu 2 ekor. Hasil rata-rata jumlah mortalitas ikan dari ketiga ulangan tersebut yaitu 90%. Sedangkan pada konsentrasi 15 ml/l, ikan mulai mengalami kematian pada jam ke-24 sejumlah 100% dari ketiga bak yang ada.

Adapun hubungan antara jumlah mortalitas dan waktu pengamatan dari data yang telah diperoleh dapat disajikan pada Grafik berikut ini:



**Gambar 4.** Grafik Hubungan Antara Jumlah Mortalitas dan Waktu Pengamatan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, didapatkan bahwa masih terdapat ikan yang mampu bertahan hidup pada konsentrasi 2,7 ml/l dan 4,8 ml/l hingga pengamatan hari ke-4, sedangkan pada konsentrasi tertinggi yaitu 15 ml/l ikan mengalami *shock* dan stres berat sehingga terjadi kematian 100% pada pengamatan jam ke-24 (hari pertama).

Data ini selanjutnya diolah dengan metode analisis probit untuk mengetahui nilai  $LC_{50-96 \text{ jam}}$  (**Lampiran 5**). Dari hasil perhitungan tersebut, maka diperoleh nilai  $LC_{50-96 \text{ jam}}$  dari limbah cair tekstil batik terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yaitu sebesar 3,34 ml/l. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian masukan limbah dengan nilai konsentrasi tersebut, dapat menyebabkan kematian hewan uji hingga 50% dalam rentang waktu pemaparan 96 jam. Semakin banyak konsentrasi limbah batik yang diberikan, maka semakin tinggi pula nilai persentase mortalitas hewan uji. Begitu pun sebaliknya, semakin sedikit konsentrasi limbah batik yang diberikan, maka semakin rendah pula nilai persentase mortalitas hewan uji. Demikian pula yang disampaikan oleh

Koesoemadinata (2000), bahwa kerentanan organisme terhadap bahan toksik yaitu berbeda-beda. Dapat digolongkan berdasarkan konsentrasi dari bahan toksik itu sendiri, berdasarkan jenis spesies dan juga ukuran organismenya. Begitu pula pendapat Utami (2008), bahwa toksisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: komposisi dan jenis toksikan, konsentrasi toksikan, durasi dan frekuensi pemaparan, sifat lingkungan, dan jenis spesies biota penerima.

Pemberian limbah cair dari industri tekstil batik ini juga mengakibatkan perubahan tingkah laku pada kondisi ikan mas sebelum mengalami kematian.

Adapun perubahan kondisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

**Tabel 4.** Hasil Pengamatan Secara Visual Terhadap Kondisi Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) Pada Uji Sesungguhnya

Konsentrasi Limbah (ml/l)	Kondisi Ikan Mas ( <i>Cyprinus carpio</i> Linn)
0 (Kontrol)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kondisi ikan sehat dan normal</li> <li>– Ikan berenang secara aktif</li> <li>– Ikan tetap hidup hingga pengamatan ke-96 jam</li> </ul>
2,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ikan masih mampu berenang secara normal, namun lebih sering bergerak ke atas dan ke bawah</li> <li>– Mulai terjadi kematian pada pengamatan ke-24 jam</li> </ul>
4,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ikan masih berenang aktif pada hari pertama</li> <li>– Pada hari kedua, ikan mulai kehilangan keseimbangan dalam berenang. Pergerakannya mulai melambat dan lebih sering berenang di dasar.</li> <li>– Mortalitas tertinggi terjadi pada pengamatan ke-48 jam</li> </ul>
8,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ikan mengalami stress pada saat diberi masukan limbah. Gerakan ikan sebagian ada yang melompat.</li> <li>– Bukaan operculum ikan semakin cepat dan terdapat sedikit busa pada media percobaan.</li> <li>– Pada ikan yang mati, ditemukan banyak lendir dan gumpalan-gumpalan zat pewarna batik yang menempel pada kulit dan operculumnya.</li> </ul>
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ikan mengalami stress berat pada saat diberi masukan limbah dan gerakannya semakin agresif, sebagian ada yang melompat.</li> <li>– Kondisi media percobaan berwarna sangat pekat dan terdapat banyak busa.</li> <li>– Ikan mengalami kematian 100% pada pengamatan hari pertama.</li> </ul>

Secara umum, ikan yang telah mengalami pemaparan dengan bahan uji limbah cair industri tekstil batik ini menunjukkan gejala awal yang sama. Pada mulanya, ikan akan berenang menjauhi sumber masukan bahan uji dan selanjutnya berenang di dasar dengan gerakan yang tidak seimbang. Pada pemaparan limbah dengan konsentrasi yang rendah, ikan masih mampu berenang kembali seperti semula. Akan tetapi, pada pemaparan limbah dengan konsentrasi yang tinggi, ikan nampak berenang di permukaan dengan posisi menggantung dan gerakan operkulum yang semakin cepat. Hal ini diduga karena ikan mengalami kondisi *shock* dan stres akibat masukan limbah batik yang pekat, sehingga menyulitkan proses respirasi dari ikan tersebut.

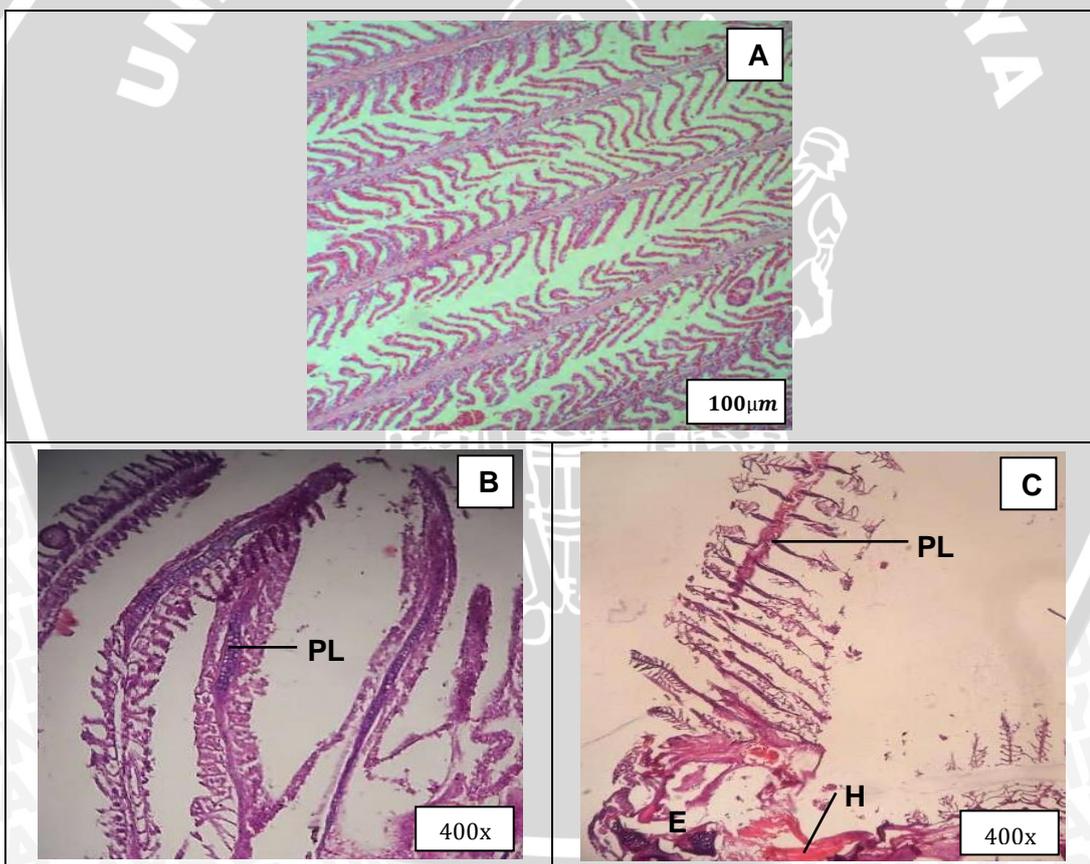
Secara visual, ikan yang mati akibat pemaparan oleh limbah ini juga memiliki ciri-ciri khusus seperti mengeluarkan banyak lendir, mulut yang terbuka, dan banyak ditemui gumpalan-gumpalan zat pewarna batik di sekujur tubuh ikan (**Lampiran 2**). Hal ini juga serupa dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Yosmaniar *et al.* (2009), bahwa gejala klinis yang terlihat dari hewan uji yang mati dimana ikan mengeluarkan lendir yang berlebihan dari permukaan tubuhnya, warna kulit ikan yang memucat dan mengalami luka disirip. Sedangkan gejala fisiologisnya terlihat dari berenangnya ikan yang tidak teratur.

#### **4.4 Hasil Analisis Histopatologi Insang Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn)**

Insang merupakan salah satu organ vital pada ikan yang berfungsi sebagai alat respirasi dan pengatur homeostasis dalam metabolisme tubuhnya. Insang memiliki luas permukaan epitel yang hampir setara dengan luas permukaan kulit ikan itu sendiri (Susanto, 2008). Insang juga memiliki lapisan epitel yang sangat tipis dan berhubungan langsung dengan lingkungan perairan, sehingga menyebabkan organ ini bersifat sangat rentan dan beresiko tinggi mengalami

kerusakan maupun infeksi dari lingkungan perairan yang tidak baik. Menurut Nabib dan Pasaribu (1989), kerusakan struktur yang ringan sekalipun dapat sangat mengganggu pengaturan osmose dan kesulitan pernafasan bagi ikan.

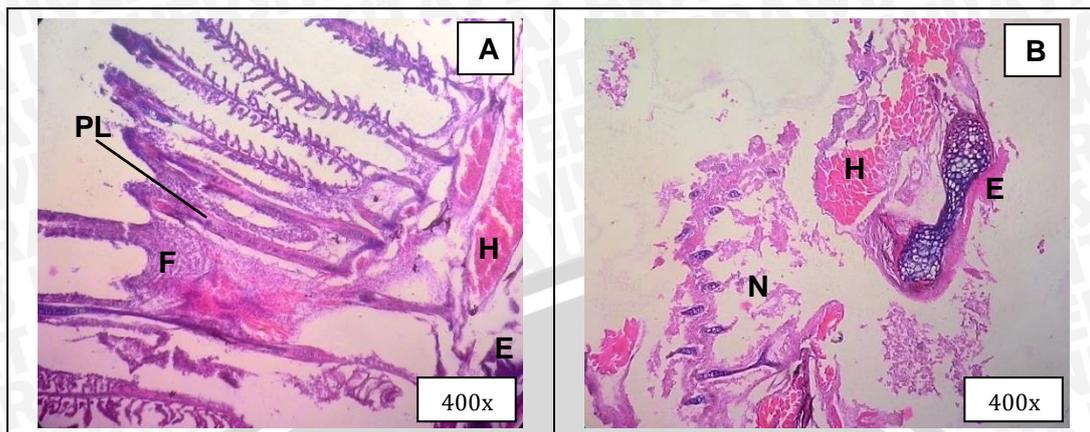
Pada penelitian ini, ikan yang mati akibat pemaparan limbah cair tekstil batik juga mengalami kerusakan yang cukup serius pada bagian insangnya. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya kondisi insang yang bengkak pada saat kematian. Berdasarkan hasil histopatologi insang ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada konsentrasi 2,7 ml/l dan 4,8 ml/l menunjukkan bahwa kerusakan jaringan yang terjadi belum terlalu kompleks, yaitu hanya terjadi gejala hemorage (pendarahan), pembendungan lamela primer dan edema (pembengkakan sel).



**Gambar 5.** (A) Histologi insang normal pada ikan mas (Susanto, 2008); (B) Histopatologi insang ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada pemaparan limbah cair batik dengan konsentrasi 2,7 ml/l; (C) Histopatologi insang ikan mas pada pemaparan limbah cair batik dengan konsentrasi 4,8 ml/l yang mengalami gejala H (Hemorage / Pendarahan); PL (Pembendungan Lamela Primer); E (Edema / Pembengkakan Sel). Pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x.

Pada beberapa studi, gejala patologis seperti ini bisa disebabkan oleh berbagai hal, misalnya trauma fisik, infeksi virus atau parasit, serta karena kontaminasi bahan kimia berbahaya. Terjadinya pembengkakan sel ataupun pembendungan pada lamela primer (Gambar 5) ini biasanya menyebabkan tersumbatnya pembuluh darah pada insang sehingga proses difusi oksigen ke seluruh tubuh menjadi terhambat dan dapat berakibat kematian. Menurut Hoole *et al.* (2001) dalam Susanto (2008), kondisi seperti hiperplasia sel-sel epitel, peningkatan sel-sel penghasil mukus, pembendungan, edema dan infiltrasi sel-sel radang akan mengurangi efisiensi difusi gas dan dapat berakibat fatal atau kematian.

Sementara itu, hasil analisis histopatologi ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang terpapar limbah cair tekstil batik dengan konsentrasi sebesar 8,4 ml/l dan 15 ml/l menunjukkan bahwa telah terjadi kerusakan jaringan insang yang cukup parah. Hal ini dibuktikan dengan terjadinya gejala penebalan lamela primer dan sekunder, serta terjadinya pertumbuhan sel yang tidak terkontrol (fusi) dan dilanjutkan dengan kematian sel (nekrosis). Fusi lamela terjadi akibat peningkatan patologi hiperplasia secara terus menerus dan menyebabkan terisinya ruang antar lamela sekunder oleh sel-sel baru yang kemudian memicu terjadinya pelekatan pada kedua sisi lamela (Sipahutar *et al.*, 2013). Demikian pula pendapat Aryani *et al.* (2004), yang mengatakan bahwa Cr yang terkandung di dalam limbah cair batik dapat menyebabkan terjadinya iritasi epithelium hingga resiko terjadinya edema. Adapun hasil pengamatan histopatologi insang dalam hal ini, dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** (A) Histopatologi insang ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada pemaparan limbah cair batik dengan konsentrasi 8,4 ml/l; (B) Histopatologi insang ikan mas pada pemaparan limbah cair batik dengan konsentrasi 15 ml/l yang mengalami gejala H (Hemorage / Pendarahan); PL (Pembendungan Lamela Primer); E (Edema / Pembengkakan sel); F (Fusi / Pertumbuhan sel yang tidak terkontrol); dan N (Nekrosis / Kematian sel). Pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x.

Adanya masukan bahan pencemar secara terus-menerus pada perairan, menyebabkan ikan mengalami gangguan fisiologis yang cukup serius dan berdampak negatif bagi kelangsungan hidupnya. Gangguan fisiologis yang parah biasanya mampu merusak jaringan dan sel tubuh ikan sehingga memicu terjadinya nekrosis atau kematian sel. Menurut Widayati *et al.* (2011), sel yang mengalami nekrosis akan lepas dari jaringan penyokongnya (membran basalis) dan menyebabkan jaringan yang berada di dekatnya menjadi rentan terinfeksi penyakit. Kerusakan yang parah pada insang menyebabkan insang kehilangan fungsinya sehingga dapat menimbulkan kematian pada ikan (Jannah, 2014).

#### 4.5 Kualitas Air

Kualitas air merupakan karakteristik kesehatan air yang dapat dilihat melalui berbagai macam parameter, seperti parameter fisika, kimia, maupun biologi perairan. Baik atau buruknya kondisi suatu perairan tentu akan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup organisme di dalamnya. Dalam uji toksisitas ini, parameter kualitas air yang perlu dimonitoring yaitu suhu, derajat

keasaman (pH) dan *Dissolved Oxygen* (DO). Pengukuran kualitas air ini dilakukan setiap 8 jam sekali (**Lampiran 8**) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh masukan limbah cair tekstil batik ke dalam media percobaan selama penelitian berlangsung.

#### 4.5.1 Suhu

Menurut Odum (1993), suhu adalah derajat panas atau dingin yang diukur pada skala tertentu ( $^{\circ}\text{C}$  atau  $^{\circ}\text{F}$ ). Besarnya suhu dalam perairan cenderung mengikuti suhu udara di sekitarnya akibat intensitas cahaya matahari. Pada penelitian ini, kondisi suhu cenderung berfluktuatif dari hari ke hari. Perbedaan nilai suhu yang didapatkan tentu dipengaruhi oleh beragam faktor, seperti perubahan cuaca di sekitar area percobaan, waktu pengukuran suhu serta posisi letak bak percobaan. Adapun hasil pengukuran suhu yang diperoleh selama pengamatan, dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

**Tabel 5.** Nilai Rata-rata Suhu Selama Penelitian

Konsentrasi Limbah (ml/l)	Nilai Rata – Rata Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )			
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
0 (Kontrol)	23,0 – 27,1	25,1 – 27,0	23,8 – 27,8	24,0 – 27,2
2,7	23,1 – 27,6	24,9 – 29,8	23,6 – 29,0	24,3 – 27,0
4,8	22,9 – 27,5	24,1 – 27,5	23,8 – 28,9	24,5 – 27,1
8,4	22,9 – 27,5	25,1 – 29,6	24,4 – 27,1	24,8 – 27,0
15	22,9 – 27,6	-	-	-

Berdasarkan data tersebut, didapatkan hasil pengukuran suhu selama 4 hari pengamatan yaitu berkisar antara  $22,9^{\circ}\text{C}$  –  $29,8^{\circ}\text{C}$ . Nilai suhu ini cenderung mengalami kenaikan, namun masih berada pada kisaran normal bagi kehidupan ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) sehingga tidak memberikan pengaruh yang cukup signifikan. Hal ini didukung oleh pendapat Santoso (1996), bahwa kisaran

kelayakan suhu air bagi ikan mas yaitu 14 – 38 °C. Ikan mas termasuk jenis ikan yang bersifat termofil karena mampu menyesuaikan diri dengan suhu lingkungan yang tinggi. Ikan mas masih dapat tumbuh pada suhu 35°C. Pada bak percobaan dengan konsentrasi limbah 15 ml/l, pengukuran suhu hanya dilakukan pada hari pertama saja. Hal ini dikarenakan pada pengamatan hari pertama, hewan uji dalam bak ini telah mengalami kematian hingga 100%, tepatnya yaitu pada pengamatan jam ke-24.

Suhu memiliki peran yang sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup organisme perairan, khususnya terhadap pertumbuhan ikan. Suhu air akan mempengaruhi laju pertumbuhan, laju metabolisme ikan, nafsu makan ikan serta kelarutan oksigen dalam air. Menurut Mahida (1984), pengukuran suhu sangat berguna untuk melihat kecenderungan aktivitas-aktivitas kimiawi dan biologis dalam air. Kenaikan suhu juga akan mempercepat reaksi kimia dan proses-proses yang terjadi di dalam tubuh organisme (Sari, 2004).

#### 4.5.2 Derajat Keasaman (pH)

Dalam monitoring kualitas air, pengukuran pH merupakan hal yang perlu dilakukan mengingat bahwa reaksi fisika dan biokimia sering terjadi pada kisaran pH yang sempit. Adapun hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Tabel 6 berikut :

**Tabel 6.** Nilai Rata-rata pH Selama Penelitian

Konsentrasi Limbah (ml/l)	Nilai Rata – Rata pH			
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
0 (Kontrol)	7,18 – 8,12	7,46 – 8,18	7,29 – 8,08	7,24 – 8,21
2,7	7,40 – 8,39	7,74 – 8,54	7,46 – 8,15	7,25 – 8,35
4,8	7,64 – 8,35	8,21 – 8,48	7,67 – 8,14	7,64 – 8,28
8,4	8,06 – 8,41	8,30 – 8,50	7,65 – 8,47	7,90 – 8,47
15	8,15 – 8,39	-	-	-

Pada pengamatan ini, pengukuran nilai pH untuk bak percobaan dengan konsentrasi limbah 15 ml/l hanya dilakukan pada hari pertama saja sebab hewan uji dalam bak ini telah mengalami kematian hingga 100% pada pengamatan jam ke-24. Berdasarkan data pada Tabel 6, dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah batik yang diberikan, maka nilai pH semakin meningkat. Hal ini diduga karena adanya pengaruh dari zat pewarna batik dan bahan alkali yang digunakan pada proses *pelorodan* sehingga nilai pH menjadi basa. Menurut Sari (2004), kondisi perairan yang sangat asam atau sangat basa dapat menyebabkan terganggunya sistem metabolisme dan pernafasan bagi organisme akuatik. Dari hasil penelitian, nilai rata-rata pH yang didapatkan yaitu berkisar antara 7,18 – 8,50. Nilai ini cenderung mengalami kenaikan, namun masih terbilang cukup kondusif bagi kelangsungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn). Hal ini sesuai dengan pendapat Sholichin *et al.* (2012), bahwa kisaran yang sesuai untuk mendukung kehidupan ikan mas adalah 6 – 8,5.

#### 4.5.3 Dissolved Oxygen (DO)

DO atau oksigen terlarut merupakan suatu komponen utama yang berguna untuk menunjang proses respirasi bagi kehidupan organisme akuatik. Adapun hasil pengukuran DO selama pengamatan ini dapat dilihat pada Tabel 7 berikut :

**Tabel 7.** Nilai Rata-rata DO Selama Penelitian

Konsentrasi Limbah (ml/l)	Nilai Rata – Rata DO (mg/l)			
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
0 (Kontrol)	5,52 – 6,38	5,63 – 6,42	5,58 – 6,41	5,57 – 6,38
2,7	5,46 – 6,21	5,40 – 6,39	5,41 – 6,32	5,39 – 6,26
4,8	5,22 – 6,23	5,21 – 6,20	5,34 – 6,26	5,30 – 6,31
8,4	5,20 – 6,13	5,19 – 6,24	5,33 – 6,17	5,39 – 6,14
15	5,12 – 6,04	-	-	-

Pengukuran nilai DO untuk bak percobaan dengan konsentrasi 15 ml/l hanya dilakukan pada hari pertama saja sebab hewan uji dalam bak ini telah mengalami kematian hingga 100% pada pengamatan jam ke-24. Berdasarkan Tabel 7 tersebut, dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah batik yang diberikan, maka nilai DO semakin menurun, namun masih berada dalam kisaran DO yang normal bagi kelangsungan hidup ikan mas. Dari hasil penelitian, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata DO yang didapatkan selama penelitian yaitu berkisar antara 5,12 mg/l – 6,42 mg/l. Nilai ini terbilang cukup kondusif bagi kelangsungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn). Menurut SNI (1999), kisaran DO yang baik bagi produksi ikan mas harus lebih dari 5 mg/l. Demikian pula yang disampaikan oleh Fardiaz (1992), bahwa kehidupan makhluk hidup di dalam air tersebut tergantung dari kemampuan air untuk mempertahankan konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan untuk kehidupannya.

