

**BIOASSESSMENT KUALITAS AIR KALI SURABAYA
BERDASARKAN TINGKAT KERUSAKAN INSANG
IKAN UJI TAWES (*Puntius javanicus*, BlKr.)
DAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)
DENGAN SISTEM KARAMBA**

**BIOASSESSMENT OF SURABAYA RIVER WATER QUALITY
BASED ON GILLS DEGRADATION LEVEL OF TAWES
(*Puntius javanicus*, BlKr.) AND NILA (*Oreochromis niloticus*)
WITH KARAMBA SYSTEM**

Idam Wasiadi¹⁾, Yulinah Trihadiningrum²⁾ dan S. Djalal Tandjung³⁾

¹⁾Laboratorium Forensik Polri Cabang Surabaya

²⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya

³⁾Fakultas Biologi UGM Yogyakarta

Abstrak

Penelitian untuk mengetahui tingkat pencemaran Kali Surabaya dengan parameter biologi berdasarkan tingkat kerusakan ikan uji tawes (*Puntius javanicus*, BlKr.) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Parameter yang digunakan pH, temperatur, DO, COD dan SS serta kecepatan pernafasan ikan uji dan pola melanophora sisik ikan uji. Berdasarkan perhitungan *Prati Index* tingkat pencemaran Kali Surabaya di Desa Bambe tercemar lebih berat (*polluted*, class IV) dibandingkan lokasi karamba di Desa Cangkir dan Desa Karangpilang (*good*, class II). Hasil penelitian menggunakan metoda insang Tandjung menunjukkan kesimpulan yang sama, dimana tingkat pencemaran Kali Surabaya di Desa Bambe mengalami pencemaran lebih berat (tercemar agak berat, kerusakan struktur insang tingkat 4) dibanding di Desa Cangkir dan Desa Karangpilang (tercemar sedang, kerusakan struktur insang tingkat 3)

Kata kunci : metoda insang Tandjung, melanophora, pencemaran, *Prati Index*

Abstract

This research was aimed to determine the level of Surabaya river pollution according gills degradation of tawes (*Puntius javanicus*, BlKr.) and nila (*Oreochromis niloticus*) as well as melanophora pattern of fish scales. Weekly observations of some physicochemical parameter were pH, temperature, DO, COD, SS and biological parameter (respiration rate and melanophora pattern). The *Prati Index* the pollution level of Surabaya river in Bambe station was higher (*polluted*, class IV) than Cangkir station and Karangpilang station (*good*, class II). Results of gills observation showed that the pollution level in Bambe was higher (gills degradation level 4) than in Cangkir station and Karangpilang station (gills degradation level 3)

Keywords : Tandjung gills method, melanophora, pollution, *Prati Index*

1. PENDAHULUAN

Studi atas keberadaan Kali Surabaya tidak dapat lepas dengan keberadaan Kali Brantas, sehingga persoalan yang dihadapi Kali Surabaya selalu terkait dengan persoalan Kali Brantas. Hal ini dikarenakan Kali Surabaya merupakan anak Kali Brantas. Kali Surabaya mempunyai fungsi vital sebagai penunjang keberadaan masyarakat Surabaya karena berfungsi sebagai sumber air baku air minum.

Hal tersebut sesuai dengan Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 187 Tahun 1988 tentang Peruntukan Kali Surabaya mulai dari Dam Mlirip sampai Dam Jagir, dimana menurut peruntukannya berfungsi sebagai sumber air baku air minum (Golongan B).

Data-data sekunder monitoring Perum Jasa Tirta I terhadap kualitas air Kali Surabaya menunjukkan bahwa kualitasnya sering melampaui nilai ambang

batas yang ditentukan (Anonim, 2001), sehingga perlu pemantauan terhadap kualitas badan air Kali Surabaya, limbah industri dan limbah domestik secara rutin. Hal ini dikarenakan Kali Surabaya sering kali mendapat mendapat sumbangan atau gelontoran bahan pencemar yang berasal dari berbagai kegiatan masyarakat. Beban pencemaran ini tidak hanya berasal dari limbah domestik tetapi juga yang terbesar dari kegiatan industri yang tersebar sepanjang Kali Surabaya.

Menurut laporan Perum Jasa Tirta I (Anonim, 2000) tidak kurang dari 28 industri yang membuang air limbahnya langsung ke Kali Surabaya, selain itu ada 26 industri yang membuang limbahnya ke Kali Tengah sedangkan Kali Tengah sendiri bermuara di Kali Surabaya tepatnya di Desa Bambi, Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik.

Indikator pencemaran suatu perairan dapat berupa perubahan secara fisika, kimia dan biologi. Indikator pencemaran yang umum digunakan di Kali Surabaya adalah parameter kualitas fisika dan kimia. Parameter biologi sebagai indikator pencemaran suatu perairan sudah sering digunakan di negara maju, namun di Indonesia indikator biologi masih jarang digunakan untuk menunjukkan adanya pencemaran di suatu perairan.

Menurut Tandjung (1999), bioindikator adalah organisme yang dapat memberi petunjuk tentang lokasi, status dan kualitas lingkungan, sehingga bioindikator dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu bioindikator lokasi yang memberi petunjuk tentang lokasi geografis suatu tempat, misalnya pohon kelapa, maple dan kaktus tertentu. Ketiga tumbuhan tersebut memberi petunjuk lokasi tempatnya tumbuh, yaitu di wilayah tropis, Kanada dan padang pasir sub tropis. Bioindikator status yang memberi petunjuk keadaan suatu saat. Misalnya di wilayah gunung berapi, bila gunung tersebut meletus akan dijumpai indikator yaitu bermacam-macam hewan akan gelisah dan mengadakan migrasi menjauhi gunung. Serta bioindikator kualitas lingkungan, memberi petunjuk tentang kualitas lingkungan. Misalnya ikan yang hidup di suatu perairan dengan morfologi yang tidak biasa dan ikan yang status nutrisinya jelek dapat sebagai bioindikator terjadinya pencemaran air, pada tumbuhan yang mempunyai daun yang menguning dan pada bagian tepi bergelombang dapat sebagai bioindikator terjadinya pencemaran udara.

Selanjutnya Tandjung (1996) mendefinisikan bioindikator sebagai organisme yang kemandiriannya, vitalitasnya dan responnya mengalami perubahan bila terjadi perubahan kualitas lingkungan. Organisme yang sering digunakan sebagai bioindikator kualitas lingkungan adalah bakteri, virus, algae, protozoa, makroinvertebrata dan ikan. Ikan merupakan jenis bioindikator yang baik, karena ikan menunjukkan respon tingkah laku dan fisiologis yang jelas dan mudah diamati.

Menurut Untung (1998), parameter biologi sebagai sarana monitoring kualitas suatu perairan merupakan perkembangan baru dalam bidang *bioassessment* di Indonesia. *Bioassessment* mempunyai keunggulan dibandingkan dengan pendekatan monitoring berdasarkan parameter fisika dan kimia, antara lain yaitu mampu merespon perubahan lingkungan dalam jangka pendek atau jangka panjang, mampu mendeteksi adanya mikropolutan dengan lebih akurat, teliti, sensitif dan sederhana. Tingkat kerusakan struktur mikroanatomi atau histopatologi insang dapat digunakan untuk menunjukkan kualitas atau bioindikator suatu perairan (Tandjung, 1999).

Metoda untuk menentukan tingkat pencemaran air sungai melalui indeks kimia antara lain: *Prati Index*, *LISEC Score*, *Water Quality Index* dan lain-lain. Menurut Trihadiningrum (1999), metoda indeks kimia yang fleksibel digunakan adalah *Prati Index*. Terdapat 13 parameter kualitas air yang dapat digunakan untuk menghitung kualitas perairan menggunakan metoda *Prati Index*. Dalam kondisi tertentu dapat dipilih parameter yang cocok saja untuk penentuan kualitas perairan, misalnya dalam penelitian ini dipilih parameter pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Suspended Solids* (SS) sebagai variabel indeks-nya. Setiap variabel indeks (X) dihitung berdasarkan konsentrasinya (Y) menggunakan Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 5.

$$\begin{aligned} \text{pH} & X_{7-9} = (Y-7)^2 & (1) \\ \% \text{DO} & X_{<50} = 0,08 (100-Y) & (2) \\ & X_{>100} = 0,08 (Y-100) & (3) \\ \text{BOD (mg/l)} & X = Y/1,5 & (4) \\ \text{SS (mg/l)} & X = 2^{2,1(\log(y-10)/10)} & (5) \end{aligned}$$

Persentase kelarutan oksigen (%DO) air Kali Surabaya dihitung dengan cara mengkonversikan DO terukur dengan nilai konsentrasi kelarutan oksigen sebagai fungsi dari salinitas dan tekanan barometer

(Tchobanoglous and Schroeder, 1985). *Prati Index* dihitung berdasarkan hasil rata-rata perhitungan parameter yang diukur. Interpretasi *Prati Index* sehubungan dengan kualitas perairan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi Prati Index

Kelas	Nilai Rata-Rata	Kualitas Air
I	0,1 – 1	Sangat Baik
II	1 – 2	Baik
III	2 – 4	Moderat
IV	4 – 8	Tercemar
V	>8	Sangat Tercemar

Sumber: Trihadiningrum, 1999

Hubungan antara bentuk kerusakan struktur mikroanatomi insang dengan tingkat pencemaran perairan terdapat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara Bentuk Kerusakan Struktur Mikroanatomi Insang dengan Tingkat Pencemaran Perairan

Tingkat Kerusakan Histopathologi	Tingkat Pencemaran
Mikroanatomi normal	Air bersih
Edema pada sel epitelium lamellae branchialis	Air terkontaminasi
Hiperplasia pada satu basis lamellae branchialis	Tercemar ringan
Hiperplasia pada dua lamellae branchialis	Tercemar sedang
Hampir semua lamellae branchialis mengalami hiperplasia	Tercemar agak berat
Semua lamellae branchialis dan filamen kehilangan struktur	Tercemar sangat berat

Sumber: Tandjung, 1999

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan cara menempatkan karamba yang diisi dengan ikan uji tawes (*Puntius javanicus*, *BlKr.*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berukuran 6 – 8 cm sebanyak 20 ekor untuk masing-masing karamba. Karamba diletakkan di Desa Bambe (mewakili daerah tercemar berat), Desa Cangkir (mewakili daerah kurang tercemar) dan Desa Karangpilang (dekat dengan intake PDAM Surabaya), serta dipelihara selama satu bulan mulai tanggal 15 April 2002 – 15 Mei 2002.

Pengamatan kualitas air dilakukan setiap minggu terhadap parameter temperatur, DO, BOD, SS dan pH serta kecepatan pernafasan ikan uji per menit. Adapun pengamatan terhadap preparat mikroanatomi dilakukan pada akhir penelitian disertai dengan preparat kontrol yang diambil dari Balai Benih Udang Galah (BBUG) Pandaan, Pasuruan dengan umur ikan yang relatif sama. Analisis data dilaku-

kan dengan uji statistik non parametrik *Kruskall-Wallis*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan kualitas air berdasarkan parameter biologi maupun kimia dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Index Kualitas Air Kali Surabaya

Lokasi Karamba	Indeks Kualitas Air			
	<i>Prati Index</i>		Metoda Insang Tandjung	
	Kelas	Kualitas Air	Nilai	Kualitas Air
Cangkir	II	Baik	3	Tercemar sedang
Bambe	IV	Tercemar	4	Tercemar agak berat
Karangpilang	II	Baik	3	Tercemar sedang

Dari tabel terlihat bahwa berdasarkan metoda insang Tandjung tingkat pencemaran Kali Surabaya di lokasi karamba di Desa Cangkir dan Desa Karangpilang menunjukkan kualitas yang tercemar sedang (mengalami kerusakan struktur insang level 3), sedangkan di lokasi karamba di Desa Bambe menunjukkan kualitas yang tercemar agak berat (mengalami kerusakan struktur insang level 4). Jadi perairan Kali Surabaya di lokasi karamba Desa Bambe tercemar lebih berat dibanding di lokasi karamba Desa Cangkir dan Desa Karangpilang. Hal ini diakibatkan sumbangan air limbah industri yang berasal dari Kali Tengah. Hasil pengamatan ini relevan dengan kesimpulan dari hasil perhitungan kualitas air Kali Surabaya pada ketiga lokasi karamba menggunakan *Prati Index*, dimana kualitas air di lokasi karamba Desa Bambe tercemar lebih berat dibanding di lokasi karamba Desa Cangkir dan Desa Karangpilang.

Dari hasil perhitungan menggunakan indeks kimia dengan *Prati Index* diketahui bahwa Kali Surabaya di Desa Bambe sudah mengalami pencemaran (tercemar, kelas IV), sedangkan kualitas air di Desa Cangkir dan Desa Karangpilang masih tergolong baik (baik, kelas II). Perbandingan tingkat pencemaran berdasarkan perhitungan *Prati Index* dan tingkat kerusakan struktur insang ikan uji tertera pada tabel 3.

Penyebab kerusakan struktur ikan ini merupakan dampak sinergis berbagai parameter kualitas air, karena insang merupakan organ yang berfungsi untuk respirasi pada ikan dan merupakan sasaran utama pencemaran. Menurut Iles (2002), insang mempunyai perlindungan yang sangat lemah berupa

operkulum yang terbuat dari tulang rawan, sehingga insang sangat mudah mengalami kerusakan fisik maupun kimia. Salah satu respon insang akibat teriritasi adalah mengalami hiperplasia akibat parasit, SS, amonia atau senyawa iritan lainnya. Selain itu kerusakan insang dapat disebabkan oleh proses sinergisme berbagai faktor lain bersama dengan pH yang terlalu tinggi atau rendah. pH juga dapat menyebabkan iritasi pada insang yang disertai keluarnya mucus.

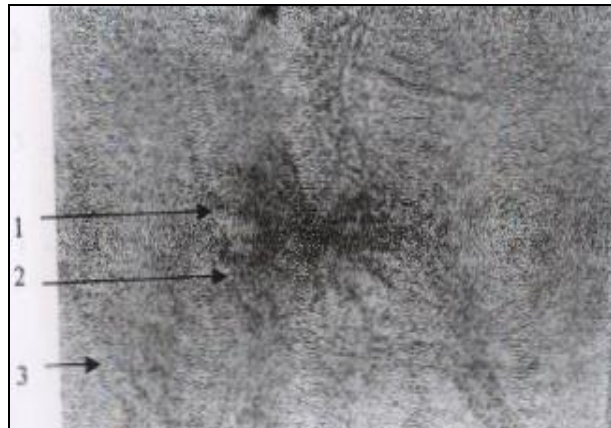
Berdasarkan hasil penelitian ini, metoda *bioassay* menggunakan metoda insang Tandjung, berupa efek patologi terhadap insang akibat pencemaran air dapat diaplikasikan untuk penentuan kualitas suatu perairan, namun hasilnya masih harus ditunjang dengan data-data kualitas fisika dan kimia. Akan tetapi kadangkala data pengamatan parameter biologi dengan perhitungan indeks fisika kimia hasilnya saling bertolak belakang. Apabila hal ini terjadi maka data yang mendekati kebenaran adalah data biologi, karena indikator biologi merupakan hasil respon selama makhluk hidup tersebut hidup, sedangkan parameter kimia hanya merupakan data sesaat dimana kita tidak mungkin melakukan analisis parameter kimia sepanjang waktu.

Metoda *bioassessment* dapat dimanfaatkan untuk mengetahui adanya perubahan kualitas lingkungan dalam jangka pendek atau jangka panjang. Untung (1998) menyatakan bahwa metoda *bioassessment* mempunyai ketepatan dan sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan analisis kimia, tetapi yang menjadi permasalahan adalah kadangkala sangat sulit untuk menentukan hubungan dampak yang diobservasi dengan aspek pencemar tertentu.

Pengamatan umum terhadap warna ikan selama penelitian terlihat adanya perbedaan warna pada kedua ikan uji di ketiga lokasi karamba seiring dengan bertambahnya lama penelitian, terutama menjelang berakhirnya penelitian. Warna ikan uji yang dipelihara dalam karamba di Desa Bambe berwarna lebih gelap dibandingkan dengan karamba di Desa Cangkir dan Desa Karangpilang. Hal ini disebabkan oleh adanya pergerakan butir-butir melanin di dalam sel melanophora.

Hasil pengamatan preparat mikroskopis sisik ikan uji tawes atau nila yang hidup di daerah tidak tercemar (kontrol) menunjukkan bahwa sel melanophora berwarna coklat kehitaman cerah dan sel melanophora berbentuk retikulostelat dengan butir-

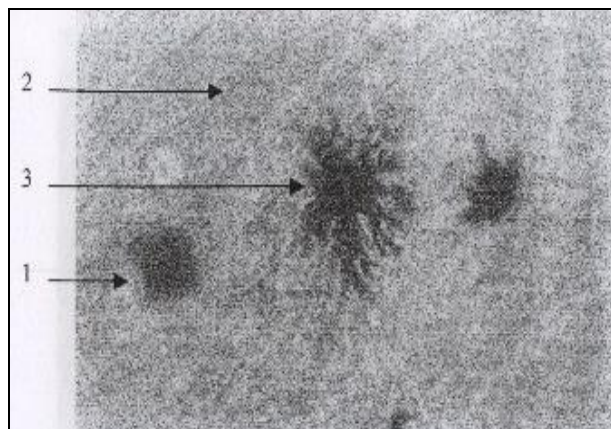
butir melanin yang menyebar serta tampak garis konsentris sebagai garis pertumbuhan seperti pada Gambar 1. Butir-butir melanin ini menyebar dan mengakibatkan cahaya kurang terserap, sehingga untuk ikan kontrol terlihat berwarna cerah, ikan tawes berwarna perak/putih cerah dan ikan nila berwarna hitam cerah.



Keterangan:
1. Sel melanophora
2. Butir-butir melanin
3. Garis konsentris

Gambar 1. Melanophora pada Sisik Ikan Uji Tawes Kontrol yang Diambil dari Balai Benih Udang Galah Pandaan, Pasuruan

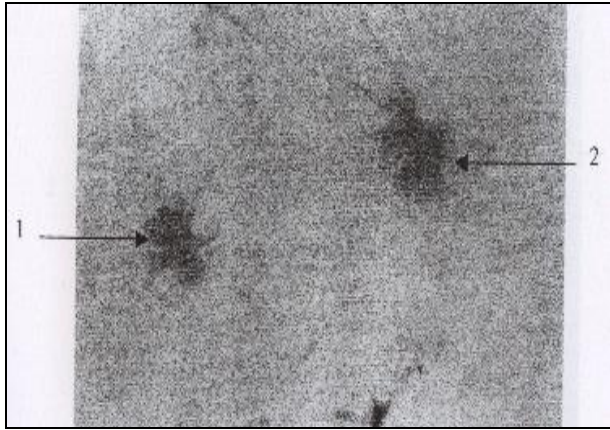
Pada Gambar 2 tampak butir-butir melanin menggumpal, sel melanophora berbentuk retikulostelat, stelat, hampir circular, berwarna gelap serta tampak adanya garis konsentris sebagai garis pertumbuhan. Pengamatan dilakukan dalam gliserin, tanpa pewarnaan dengan perbesaran lensa 400x.



Keterangan:
1. Sel melanophora
2. Garis konsentris (pertumbuhan)
3. Butir-butir melanin

Gambar 2. Melanophora Pada Sisik Ikan Uji Tawes Yang Dipelihara Di Karamba Cangkir Selama 1 Bulan

Pada Gambar 3 tampak butir-butir melanin mengumpul, sel melanophora berbentuk stelat dan puntat berwarna coklat kehitaman gelap. Sedangkan garis konsentris sebagai garis pertumbuhan tidak tampak. Pengamatan dilakukan dalam gliserin, tanpa pewarnaan dengan perbesaran lensa 400x.



Keterangan: 1. Sel melanophora
2. Butir-butir melanin

Gambar 3. Melanophora pada Sisik Ikan Uji Tawes yang Dipelihara di Karamba Bambe selama 1 Bulan

Pengaruh pencemaran di tiga lokasi yang berbeda dengan tingkat pencemaran yang berbeda berpengaruh terhadap pola warna ikan uji. Warna ikan terlihat makin berwarna gelap seiring dengan makin beratnya tingkat pencemaran Kali Surabaya. Warna ikan uji tawes maupun nila yang dipelihara di lokasi karamba Desa Bambe relatif berwarna lebih gelap dibandingkan dengan ikan yang dipelihara di lokasi karamba Desa Cangkir dan Desa Karangpilang. Hal ini disebabkan oleh tingkat pencemaran di lokasi karamba Desa Bambe lebih berat dibandingkan dengan tingkat pencemaran di lokasi karamba Desa Cangkir dan Desa Karangpilang.

Perubahan pola warna ikan diakibatkan oleh perpindahan butir-butir melanin sel melanophora yang terdapat di dalam sisik ikan.

Pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa butir-butir melanin yang tersebar menjadikan bentuk sel melanophora berbentuk retikulostelat sehingga kurang menyerap cahaya dan menyebabkan ikan berwarna lebih cerah.

Sebaliknya akibat bahan pencemar yang ada di perairan akan mengakibatkan butir-butir melanin menjadi mengumpul dan sel melanophora dapat berubah bentuk menjadi stelat, puntat, bahkan sir-

kuler. Hal ini menyebabkan butir-butir melanin lebih banyak menyerap cahaya sehingga warna ikan menjadi gelap. Perubahan warna sisik ikan uji tawes maupun nila terjadi akibat pengaruh pencemaran di ketiga lokasi karamba.

Oleh karena itu perubahan warna yang diakibatkan mengumpulnya butir-butir melanin dan berubahnya bentuk sel melanophora dapat dijadikan sebagai bioindikator terjadinya pencemaran di suatu perairan.

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji non parametrik Kruskal – Wallis Test dengan tingkat kepercayaan (α) 5% terhadap data pengamatan mingguan untuk semua parameter yang terdiri atas pH, temperatur, DO, COD, SS dan kecepatan pernafasan ikan uji tidak ada perbedaan nyata diantara ketiga lokasi karamba. Namun berdasarkan perhitungan menggunakan *Prati Index* yang meliputi parameter-parameter di atas terlihat bahwa terdapat perbedaan kualitas fisika dan kimia dari air Kali Surabaya pada ketiga lokasi karamba yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Indeks Kualitas Air Kali Surabaya

Lokasi Karamba	Indeks Kualitas Air			
	<i>Prati Index</i>		Metode Insang Tandjung	
	Class	Kualitas Air	Score	Kualitas Air
Cangkir	II	Good	3	Tercemar Sedang
Bambe	IV	Polluted	4	Tercemar Agak Berat
Karangpilang	II	Good	3	Tercemar Sedang

Penyebab kerusakan struktur ikan ini merupakan proses interaksi secara sinergis dari berbagai parameter kualitas air. Karena insang ikan merupakan organ yang berfungsi untuk respirasi pada ikan, sehingga organ ini merupakan sasaran utama akibat pencemaran.

Bila kita mengkaitkan hubungan antara pathologis insang dan sisik ikan uji dengan parameter kualitas air yang diamati ada kemungkinan terdapat korelasi antara kerusakan struktur ikan uji dengan dengan rendahnya kualitas perairan setempat yang antara lain ditandai dengan tingginya nilai pH, kadar COD dan SS yang diamati. Hal ini didukung dengan hasil perhitungan terhadap kualitas air Kali Surabaya pada ketiga lokasi penelitian dengan menggunakan metode *Index Prati*. Dari perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kualitas air di lokasi karamba Desa Bambe tercemar lebih berat dibanding dengan lokasi karamba di Desa Cangkir dan lokasi karamba di daerah Karangpilang.

Memperhatikan hasil penelitian ini, metode *bioassay* berupa efek patologis terhadap ikan dengan metoda insang Tanjung dapat diaplikasikan untuk penentuan kualitas perairan, namun hasil ini masih harus ditunjang dengan data-data kualitas fisik dan kimia.

4. KESIMPULAN

Hasil perhitungan *Prati Index* terhadap data pengamatan mingguan parameter kimia menunjukkan bahwa kualitas air Kali Surabaya di Desa Bambe sudah tercemar (tercemar, kelas IV), sedangkan di Desa Cangkir dan Desa Karangpilang kualitas airnya masih tergolong baik (baik, kelas II). Penurunan kualitas air Kali Surabaya menyebabkan kerusakan bentuk sel melanophora sisik ikan uji dengan terjadinya pergerakan butir-butir melanin menuju pusat dan menyebabkan kerusakan struktur insang berupa hiperplasia, edema, membengkaknya sel basal, inti sel mengalami piknosis dan menyatunya lamellae secundaria branchialis. *Bioassessment* menggunakan parameter berupa kerusakan struktur insang ikan uji tawes dan nila menunjukkan telah terjadi pencemaran tingkat sedang (kerusakan insang tingkat 3) di perairan karamba Desa Cangkir dan Desa Karangpilang, sedangkan di perairan Desa Bambe (pertemuan antara Kali Surabaya dan Kali Tengah) telah terjadi pencemaran agak berat (kerusakan insang tingkat 4). *Bioassessment* berupa kerusakan insang dapat digunakan sebagai *bioassay* untuk menentukan tingkat pencemaran suatu perairan serta diaplikasikan sebagai sarana biomonitoring kualitas suatu perairan

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2000). **Kegiatan Pemantauan Kualitas Air di DPS Brantas**. Perum Jasa Tirta I. Malang
- Anonim. (2001). **Monitoring dan Modeling Kualitas Air di DPS Kali Brantas**. Perum Jasa Tirta I. Malang.
- Iles, F.P. (2002). **Gill Disease Bacterial or Environmental Gill Disease**. www.csuchico.edu/cwis/
- Tandjung, S.D. (1996). **Prospek Penggunaan Bioindikator dalam Evaluasi Kualitas Lingkungan Lingkungan Perairan**. Makalah Raker Temu Pakar Bioindikator. LAKPIP UGM. Yogyakarta.
- Tandjung, S.D. (1999). **Pengantar Ilmu Lingkungan**. Laboratorium Ekologi Fakultas Biologi UGM. Yogyakarta.
- Tchobanoglous, G. dan Schroeder, E.D. (1985). **Water Quality**. Addison – Wesley Publishing Company. Massachusetts. Amsterdam. Tokyo. Bogota. pp 734.
- Trihadiningrum, Y. (1999). **Makroinvertebrata Sebagai Bioindikator Tingkat Sanitasi Air Brantas Hilir Dan Kali Surabaya**. Jurusan teknik Lingkungan ITS.
- Untung, K. (1998). **The Importance of River Bioassessment in Indonesia: Need and Prospect**. Proceedings of Scientific Workshop Bioassessment of Rivers in Indonesia: The Brantas Study. Department of Environmental Engineering ITS. Surabaya.