

**LAPORAN TEKNIS**  
**PENELITIAN ANTISIPATIF TERHADAP ISU SUMBERDAYA IKAN DI**  
**PERAIRAN UMUM DARATAN**

Agus Djoko Utomo  
Siti Nurul Aida  
Taufiq Hidayah



**BALAI RISET PERIKANAN PERAIRAN UMUM DAN**  
**PENYULUHAN PERIKANAN**  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERIKANAN**  
**BADAN RISET DAN SUMBERDAYA DAN MANUSIA**  
**KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN**

**TAHUN 2019**



# **PENELITIAN ANTISIPATIF TERHADAP ISU SUMBERDAYA IKAN DI PERAIRAN UMUM DARATAN**

## **ABSTRAK**

Kegiatan penelitian antisipatif merupakan suatu kegiatan riset strategis Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum dan Penyuluhan Perikanan terhadap isu-isu yang bersifat positif dan negatif di bidang perikanan perairan umum. Penelitian antisipatif dilakukan bila ada kejadian yang urgen perlu reaksi cepat, pada wilayah seluruh perairan umum daratan. Data yang diambil berupa data primer dan sekunder. Data primer berupa parameter fisika, kimia maupun biologi, sedangkan data sekunder diambil dari dinas perikanan/instansi terkait dan penelusuran pustaka. Hasil kegiatan penelitian ini diharapkan juga bisa menjadi bahan penyusunan rekomendasi kebijakan terkait isu-isu di perikanan perairan umum; dan bahan penyusunan *policy brief* perikanan perairan umum; serta laporan penilaian cepat terkait adanya isu permasalahan sumberdaya ikan pada lokasi kejadian pada saat itu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber utama pencemaran di Bengawan Solo yaitu dari PT. Acidatama di Bak Kramat Karang anyar, industri Ciu rumah tangga di Bekonang Sukoharjo, Pabrik Tekstil di Solo, dampak pencemaran terhadap kematian ikan meluas sampai daerah Ngawi. Penebaran ikan patin di Waduk Kedung Ombo Sragen yang dilakukan oleh BRPPU pada tahun 2012 telah berhasil dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik.

***Kata Kunci: Antisipatif, isu permasalahan, sumberdaya ikan.***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas terselesaikannya Laporan Teknis Penelitian Tahun Anggaran 2019 yang berjudul " Penelitian Antisipatif Terhadap Isu Sumberdaya Ikan di Perairan Umum Daratan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui akar permasalahan secara cepat terhadap isu isu degradasi sumberdaya ikan, dan memberikan solusi berdasarkan kajian ilmiah

Dengan berakhirnya kegiatan penelitian tahun anggaran 2019, Kami mengucapkan terima kasih Kepada Bapak Kepala Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum dan Penyuluhan Perikanan atas fasilitas dan kelancaran yang telah diberikan selama ini. Kami menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih banyak kekurangannya, oleh sebab itu masukan dan saran sangat diperlukan guna penyempurnaan laporan ini.

Palembang, Nopember 2019

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ISI:</b>	<b>HALAMAN:</b>
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3. Keluaran	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
BAB III BAHAN DAN METODE	9
3.1 Kerangka Pemikiran	9
3.2 Waktu dan Tempat	9
3.3 Pendekatan	9
3.4 Kebutuhan data	9
3.5 Teknik Pengumpulan Data	9
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1. Pencemaran di Bengawan Solo	10
4.2. Keberhasil Penebaran Ikan Patin di W. Kedung Ombo	14
BAB V KESIMPULAN	17
5.1. Kesimpulan	17
5.2. Saran	17
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN	22

# I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang.

Legalitas Balai penelitian Riset Perikanan Perairan Umum dan Penyuluhan Perikanan mengacu pada Surat Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. Kep.53/MEN/2002, tanggal 18 November 2002, mempunyai mandat melaksanakan kegiatan riset Pengelolaan perikanan perairan umum yang mencakup bidang biologi, limnologi, ekologi, dinamika populasi, lingkungan sumber daya perikanan.

Tipe habitat perairan umum daratan sangat kompleks antara lain perairan sungai, waduk, danau, rawa banjiran, rawa pasang surut dan lainnya. Perairan umum daratan mempunyai arti penting bagi masyarakat yaitu sebagai tempat mata pencaharian, sumber protein hewani, pendapatan asli daerah dan sumber perkembangan perekonomian masyarakat khususnya di daerah pedalaman. Perairan umum daratan bersifat multiguna beberapa sektor sebagai pengguna perairan umum daratan yaitu pertanian, perikanan, perkebunan, pariwisata, pekerjaan umum, dinas perhubungan, industri dan sebagainya. Semua sektor sebagai pengguna perairan umum daratan akan mempunyai dampak terhadap kualitas/kuantitas perairan. Sumberdaya ikan perairan umum daratan sangat rentan terhadap perubahan lingkungan, perubahan kualitas/kuantitas perairan akan berdampak langsung terhadap kehidupan ikan ( Utomo, et al 2008).

Menurut Utomo, 2013. Kejadian kematian ikan secara masal sudah sering terjadi di perairan umum daratan sebagai akibat pencemaran, umbalan (up-welling), penangkapan ikan dengan bahan kimia dan sebagainya. Untuk mengetahui penyebab kematian ikan secara masal perlu dilakukan penelitian respon cepat, karena perubahan perairan sangat dinamis dan cepat. Mengingat kawasan pengelolaan perikanan perairan umum daratan (KPP-PUD) di Indonesia yang cukup luas, kompleks dan banyak penggunanya sehingga kejadian isu-isu lingkungan kemungkinan akan sering terjadi seperti kematian ikan massal dan lain sebagainya. Oleh karena itu respon cepat yang berdasarkan kajian ilmiah terhadap isu-isu tersebut sangat dibutuhkan, sehingga diharapkan dalam pengambilan kebijakan tidak banyak bias.

## **1.2. Tujuan.**

- Mengetahui akar permasalahan secara cepat terhadap isu-isu degradasi sumberdaya ikan secara signifikan (kematian ikan secara massal, pencemaran yang meluas/membahayakan, dan lainnya) di perairan umum daratan, berdasarkan kajian ilmiah.
- Memberikan solusi bila terjadi bencana yang menyebabkan degradasi sumberdaya ikan di perairan umum daratan, berdasarkan kajian ilmiah.

## **1.3. Keluaran:**

- ) Data dan informasi :1). pencemaran. 2). kematian ikan secara massal, 3). Keberhasilan pengelolaan sumberdaya ikan.
- ) Satu paket laporan teknis
- ) Dua (2) karya tulis ilmiah (diisi target KTI)
- ) Satu paket rekomendasi pengelolaan perikanan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Pencemaran perairan adalah masuknya bahan dari luar yang pada umumnya disebabkan oleh kegiatan manusia sehingga menyebabkan penurunan mutu perairan. Ambang batas pencemaran adalah kadar maksimum bahan pencemaran (*pollutan*) yang diperkenankan. Pencemaran dapat berupa bahan organik dan anorganik. Contoh pencemaran bahan organik yaitu buangan sampah dari rumah tangga, sisa pakan dari budidaya ikan. Sedangkan contoh pencemaran bahan anorganik yaitu buangan unsur unsur logam dari perindustrian seperti Pb, Cr, Cd dan sebagainya. Pencemaran dari sisa usaha budidaya ikan dalam keramba jaring apung pada umumnya berupa bahan organik yaitu sisa pakan yang terlepas dan kotoran ikan. Contoh yang berkaitan dengan ambang batas yaitu kadar maksimum dalam bahan makanan yang diperbolehkan untuk Cr = 2,5 mg/kg, Pb = 2 mg/kg (Dwiloka *et al.*, 2006). Kadar kromium (Cr) yang aman bagi kehidupan akuatik di perairan adalah tidak melebihi 0,05 mg/L (Moore, 1991).

Menurut hasil penelitian Utomo *et al.* (2010) kandungan Cr di Bengawan Solo sebelah hilirnya Waduk Gajah Mungkur sudah melebihi ambang batas yaitu daerah Kampung Sewu, Bak Kramat dan Tundungan masing masing kadar Cr adalah 0,375 mg/L, 0,226 mg/L dan 0,233 mg/L. Kandungan Pb dalam ikan Sapu Sapu (*Liposarcus pardalis*) di daerah Bak Kramat juga sudah melebihi ambang batas yaitu 2 – 2,06 mg/L. Menurut penelitian Universitas Sebelas Maret (2004) bahwa Bengawan Solo daerah Bak Kramat sudah tercemar Cr, sebagai indikasi kadar Cr dalam padi yang mendapat pengaliran air dari Bengawan Solo sudah melebihi ambang batas yaitu 3,8 – 7,5 mg/kg padi. Kromium termasuk unsur yang jarang ditemukan di perairan alami, kadar Cr yang tinggi di perairan pada umumnya berasal dari limbah tekstil, logam dan kertas (Effendi, 2000).

Menurut Kartamihardja *et al.* (2012), pemanfaatan sumberdaya perairan umum daratan bersifat multi guna dan melibatkan berbagai ragam pemanfaat menurut sektor. Pemanfaatan sumberdaya antara lain sebagai media transportasi, penyediaan air minum bersih, irigasi, pembangkit tenaga listrik, pengendali banjir, perikanan dan pariwisata. Pemanfaatan perairan umum yang multi guna dapat menimbulkan konflik pada tingkatan lokal dan pengambil kebijakan, serta sering timbul permasalahan berkaitan dengan pengambilan keputusan yang tidak transparan dan merugikan sektor perikanan. Lebih lanjut menurut Kartamihardja *et al.* (2012), perikanan perairan umum daratan merupakan ekosistem perairan yang rentan,



kompleks dengan keragaman yang lebar. Beberapa jenis ikan yang bersifat endemik dan terisolasi, tidak dapat menyebar dengan mudah di antara ekosistem yang berbeda-beda. Beberapa spesies ikan telah mengalami penurunan, terancam punah, dan menjadi langka bahkan menghilang.

PUSLUH KKP (2014) menyampaikan beberapa contoh kasus yang terjadi pada tanggal 20 Januari 2013 para pembudidaya ikan di Waduk Jatiluhur dikejutkan dengan banyaknya kematian ikan. Kematian ikan secara massal ini selain mengejutkan pemudidaya ikan juga merugikan bagi mereka. Para pembudidaya yang memanfaatkan Waduk Jatiluhur hampir bisa dipastikan mengalami kerugian yang cukup besar. Kematian ikan di Waduk Jatiluhur ini akibat arus bawah yang naik ke permukaan (*upwelling*). Berdasarkan hasil identifikasi Tim KKP di waduk tersebut, daerah terdampak musibah kematian massal berlokasi di 5 zona, dari Desa Tajur, Kecamatan Sindang sampai Desa Sindang Laya, Kecamatan Sukatani.

Menurut informasi penyuluh perikanan dan ketua kelompok budidaya KJA Mekar Lestari di zona 1-3 waduk Jatiluhur air berwarna putih dan mengeluarkan bau yang menyengat. Berdasarkan data Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Purwakarta yang kami peroleh melalui penyuluh perikanan setempat, terjadi kematian ikan mas sebesar 70 ton dan ikan nila 30 ton. Ikan yang mabok sehingga dijual murah (Rp. 2000,-/kg) ikan mas sejumlah 250 ton dan ikan nila 120 ton. Ditaksir kerugian akibat kematian ikan kali ini mencapai Rp. 5,26 Milyar 260.000.000 untuk ikan mas dan Rp. 1,4 Milyar untuk ikan nila.

Febrian *et al.* (2004) menyatakan bahwa tingkat pencemaran perairan waduk Cirata seluas 6.200 ha sudah berada di atas tingkat baku mutu air. Penyebabnya selain polutan yang dibawa dari Sungai Citarum juga berasal dari pakan ikan yang mengandung zat kimia yang mengendap di dasar waduk yang menyebabkan peralatan waduk mengalami korosi. Waduk Cirata saat ini ada sekitar 30.000 petak jaring apung. Padahal, berdasarkan pada Keputusan Gubernur Jawa Barat Nomor 41 Tahun 2002 jumlah jaring apung dibatasi hanya 12.000 petak dan harus seizin instansi terkait. Kartamihardja (1997) menyatakan bahwa daya dukung perairan waduk Cirata hanya 3.000 petak, berarti perkembangan KJA di Waduk Cirata telah melebihi daya dukung sampai 10 kali lipat. Waduk Juanda Jatiluhur yang letaknya di hilir Waduk Cirata juga telah terkena dampak negatif dari perkembangan KJA di Waduk Cirata, kandungan H<sub>2</sub>S (asam sulfida) air buangan Waduk cukup tinggi. Asam sulfida merupakan uraian sisa protein, sisa pakan yang tidak termakan dan terbuang. Pengaruh lainnya yaitu

beberapa jenis ikan lokal seperti jambal, belida, baung, dan sebagainya sudah tidak ditemukan lagi.

Surachman (2002) menyatakan bahwa keberadaan Waduk Cirata sebagai sumber listrik tenaga air berkekuatan 1.000 megawatt (MW) kini dalam kondisi yang buruk karena sedikitnya 30.000 petak jaring apung milik masyarakat terdapat di sana, akibatnya terjadi pengendapan limbah sisa pakan yang banyak, sangat mengganggu turbin pembangkit listrik di waduk itu, beberapa senyawa kimia telah memberi kontribusi terjadinya korosi pada peralatan turbin, sedangkan kerusakan lainnya disebabkan oleh endapan sisa pakan yang mencapai ribuan ton di dasar waduk. Kotoran sisa pakan ikan akan mengapung menuju turbin apabila terjadi arus balik di sekitar waduk. Arus balik itu terjadi apabila terjadi hujan. Selain pakan ikan, limbah yang masuk ke Waduk Cirata melalui aliran Sungai Citarum cukup banyak, terutama dari buangan industri tekstil di sekitar Kabupaten Bandung. Limbah pakan dan tekstil itu telah menurunkan kualitas air waduk. Menurut Febrian *et al.* (2004) sampel ikan mas dan nila yang diambil dari jaring apung di waduk tersebut ditemukan empat kandungan logam berat. Keempatnya adalah timbal (Pb) 0,6 *part per million* (ppm), zinc/seng (Zn) 22,45 ppm, krom (Cr) 0,1 ppm, dan air raksa atau merkuri (Hg) 179,13 partikel per berat badan (ppb). Pada pertengahan Juli 2004 kematian ikan di Waduk Cirata yang mencapai 300 ton, adalah akibat koi herpes virus dan pekatnya limbah. Air Waduk Saguling dan Cirata kini tidak lagi layak dikonsumsi karena baku mutu air normal untuk minum sudah terlewati.

Menurut hasil penelitian Kartamihardja *et al.* (2002) daya dukung perairan Waduk Jatiluhur hanya 295 ton ikan/tahun. Dampak dari pakan tersebut membuat air menjadi keruh, sedangkan dampak dari banyaknya ikan yang dipelihara juga menyebabkan air waduk berbau amis. Padahal, danau buatan ini adalah sumber pengairan bagi sekitar 240 ribu hektare areal persawahan di wilayah Jakarta, Kabupaten/Kota Bekasi, Karawang, Subang, dan sebagian Indramayu. Febrian *et al.* (2004) menyatakan bahwa sepuluh tahun lalu air di waduk Jatiluhur masih berwarna biru bening, namun sekarang warna air kuning keruh. Keruhnya waduk terjadi sejak makin banyaknya keramba jaring apung. Saat ini di waduk Jati luhur seluas 8.300 ha tersebut terdapat 3.083 keramba milik 209 Orang. Dari ribuan keramba itu setiap tahun menghasilkan 16.869 ton ikan. Setiap hari, pemilik KJA menebar sekitar 10 ton pakan ikan. Menurut penelitian Pusat Litbang SDA (2004) yang bekerja sama dengan Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan (PPSDAL) Universitas Padjadjaran Bandung, menyatakan bahwa kualitas air Waduk Saguling sudah di atas ambang batas normal. Kandungan merkuri (Hg) telah mencapai 0,236 ppm, padahal menurut standar baku mutu

angka aman adalah 0,002 ppm. Logam merkuri itu, berasal dari pakan ikan dan industri plastik. Sedangkan logam berat lainnya berasal dari pabrik tekstil untuk proses pewarnaan kain. Sekarang air Waduk Saguling tidak layak lagi dimanfaatkan untuk konsumsi, pertanian, dan perikanan. Menurut Pusat Litbang SDA (2007), timbunan limbah pakan ikan di Waduk Saguling hanyalah bagian dari penyebab tercemarnya air waduk, selain itu juga limbah buangan rumah tangga dan industri yang mengotori daerah aliran Sungai Citarum. Sungai tersebut sekaligus menjadi tempat pembuangan limbah dari sekitar 1.500 industri di Cekungan Bandung, seperti Majalaya, Banjaran, Rancaekek, Dayeuhkolot, Ujung Berung, Cimahi, dan Padalarang. Sungai Citarum harus menampung 280 ton limbah kimia anorganik setiap hari.

Krismono (1992) menyatakan bahwa keramba jaring apung dengan ukuran  $7 \times 7 \times 3 \text{ m}^3$  pakan yang keluar ke perairan 20 – 30 %, sedangkan ukuran  $1 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$  pakan yang keluar 30 – 50 %. Waduk Jatiluhur, Saguling, Cirata masing masing mengeluarkan pakan yang lolos ke perairan 5.971 ton/tahun, 4.763 ton /tahun, 8.726 ton/tahun. Di dalam pakan tersebut mengandung 4,86 % N dan 0,26 % P; sehingga nutrien yang lolos ke perairan di Waduk Jatiluhur N=290,19 ton/tahun dan P=15,52 ton/tahun, Waduk Saguling N= 231,48 ton/tahun dan P =12,38 ton/tahun, Waduk Cirata N= 424 ton dan P = 22,68 ton/tahun. Selanjutnya, menurut Krismono et al. (2008) bahwa setiap satu ton ikan akan melepaskan nutrien ke perairan 85 – 90 kg P dan 12- 13 kg N. Sehingga waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur selain mendapatkan beban dari pakan yang lolos dari sangkar juga beban nutrien yang dikeluarkan oleh ikan.

Menurut hasil penelitian Vithanage (2009) kandungan  $\text{PO}_4\text{-P}$  dan  $\text{NO}_3\text{-N}$  pada anak sungai yang masuk ke Waduk Roxo Netherlands masing masing berkisar antara 0,2 – 11,65 mg/L dan 9,74 – 55,77 mg/L. Kandungan  $\text{PO}_4\text{-P}$  dan  $\text{NO}_3\text{-N}$  pada Waduk Roxo masing masing 0,03 mg/L dan 0,1mg/L. Kandungan fosfat dan nitrat pada anak sungai lebih besar jika di banding di tengah waduk disebabkan limbah dari rumah tangga yang banyak terdapat di sekitar sungai, sedangkan di tengah Waduk Roxo tidak ada aktivitas budidaya ikan KJA. Menurut Utomo *et al.* (2011); Daryati *et al.* (2009) apabila waduk banyak KJA maka kandungan fosfor dan plankton akan lebih banyak di tengah sekitar KJA dari pada di sungai yang masuk ke waduk, seperti yang terjadi di Waduk Kedung Ombo dan Waduk Gajah Mungkur. Pertumbuhan algae dan fitoplankton yang berlebihan di Waduk akan mempunyai efek terhadap pengurangan air, mengurangi kandungan oksigen terutama saat malam hari,

bau air yang tidak sedap, beberapa jenis algae dari algae biru mengandung racun yang membahayakan terhadap kehidupan ikan dan manusia.

Menurut Lindon dan Heiskary (2009), *blue-green algae* dapat memproduksi zat racun yang membahayakan kesehatan manusia dan hewan yang memanfaatkan perairan tersebut, Salah satu genus yang membahayakan yaitu *Microcystis* yang menghasilkan racun *microcystin*. Penelitian yang dilakukan pada 12 danau di Minnesota Amerika Utara menunjukkan bahwa danau tersebut sudah dalam kondisi *eutrophic* dengan kandungan total fosfor berkisar antara 40-300  $\mu\text{g/l}$ , kandungan klorofil-a antara 30 – 60  $\mu\text{g/l}$ , kecerahan 0,2-1 m. Dari dua belas danau tersebut semuanya terdapat algae jenis *Microcystis*, dan tiga diantaranya termasuk beresiko tinggi karena kandungan *Microcystis* melebihi 2.000  $\mu\text{g/l}$ . Keberadaan jenis fitoplankton *Microcystis* sp di Waduk Gajah Mungkur walaupun belum banyak namun perlu diwaspadai karena plankton ini merupakan plankton yang beracun. Jenis racun *Microcystine* yang ada pada plankton tersebut bila terminum atau termakan oleh binatang maka akan menimbulkan kelumpuhan syaraf. Sulastrri dan Haryani (2005) menyatakan bahwa *Myrcocystis* merupakan fotoplankton dari kelompok algae biru-hijau, bila perairan dalam kondisi eutrofik maka jenis plankton *Microcystis* sp Sangat berpotensi untuk berkembang pesat seperti yang terjadi di Danau Maninjau tahun 2000, Waduk Sutami tahun 2001 dan Waduk Jatiluhur tahun 2002.

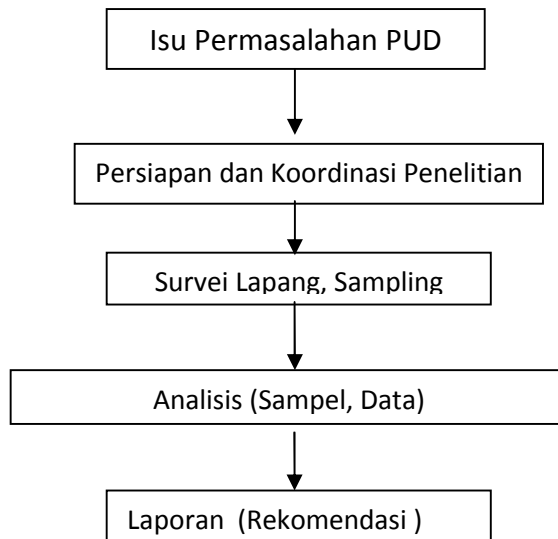
Kematian ikan secara massal pada keramba jaring apung (KJA) hampir tiap tahun terjadi di Waduk Kedung Ombo (WKO) Jawa Tengah. Selama empat tahun terakhir kejadian yang paling buruk pada tahun 2015, lebih dari 150 ton ikan pada KJA di WKO mati secara mendadak. Pada bulan Agustus 2016 terdjadi kematian ikan sebanyak 30 ton (Dinas Peternakan dan Perikanan Kab. Sragen, 2016). Kejadian berulang di waduk Kedung Ombo ini terutama disebabkan oleh perubahan suhu yang mendadak, terutama saat hujan deras disertai dengan angin akan memicu terjadinya “up-welling”. Apabila suhu permukaan air berubah menjadi dingin karena air hujan maka berat jenis air permukaan akan lebih tinggi dari pada lapisan bawah, sehingga akan terjadi perputaran/pembalikan air dari atas turun ke bawah dan dari bawah naik ke atas (up-welling) (Kulther, 2009).

Pada tanggal 3 Juli dini hari jam 3 terjadi kematian ikan secara masal di Waduk Kedung Ombo (WKO) daerah Bulu-Serang Kabupaten Boyo Lali, di perairan yang bertipe teluk. Pada saat kematian ikan udara ekstrim sangat dingin, ikan yang mati diperkirakan 50 – 80 % dari total ikan yang dibudidayakan. Jumlah KJA di daerah Bulu-erang ada 800 petak KJA diperkirakan terdapat ikan budidaya sebanyak 600 ton ikan, dengan demikian ikan yang

mati tidak sempat diselamatkan diperkirakan mencapai 300- 480 ton ikan. Oksigen dasar perairan sangat rendah merupakan indikasi bahwa dasar perairan banyak terdapat sisa bahan organik yang mereduksi oksigen sehingga oksigen menjadi rendah. Nilai kecerahan sangat rendah merupakan indikasi bahwa perairan tersebut keruh akibat banyak algae dan banyak bahan organik yang larut ke perairan. Banyaknya bahan organik yang mengendap di dasar perairan dan yang larut ke perairan tidak terlepas dari sisa kotoran (sisa pakan dan kotoran ikan) yang terlepas ke perairan. (Utomo dan Aida, 2018).

### III. METODOLOGI

#### 3.1. Kerangka pemikiran



**Gambar 1. Alur Kerangka Pemikiran**

#### 3.2. Waktu dan lokasi

Kegiatan penelitian antisipatif dilakukan dengan waktu yang dinamis berdasarkan pada isu-isu perikanan perairan umum yang terjadi pada tahun 2019, dengan lokasi penelitian mencakup seluruh KPP-PUD yang ada di Indonesia.

#### 3.3. Pendekatan

Penelitian bersifat studi kasus pada daerah yang terjadi kasus yang bersifat negatif maupun positif. Kasus yang bersifat negatif sebagai contoh adalah terjadinya pencemaran perairan, kematian ikan secara masal dan sebagainya yang menyebabkan degradasi terhadap sumberdaya ikan. Kasus yang bersifat positif adalah keberhasilan pengelolaan sumberdaya ikan, sebagai contoh keberhasilan penebaran ikan. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer dilakukan secara langsung melalui survey lapangan, pengujian sampel dan pengambilan contoh uji. Beberapa parameter fisika, kimia dan biologi dilakukan secara insitu dan parameter sisa dilakukan pengambilan sampel dan pengawetan berdasarkan metode uji yang digunakan untuk kemudian dilakukan pengujian di laboratorium. Penentuan lokasi pengambilan contoh ditentukan secara

purposive sampling metode dengan berdasarkan isu lingkungan perikanan perairan umum yang terjadi. Data sekunder dikumpulkan melalui penelusuran pustaka dan hasil penelitian yang relevan dari instansi dan perguruan tinggi terkait. Penelitian melibatkan para peneliti BP3U dan dinas perikanan/instansi terkait setempat.

### 3.4. Kebutuhan data

Data Primer yang dikumpulkan mencakup: parameter fisika kimia perairan di lokasi terjadi isu lingkungan perikanan perairan umum (oksigen terlarut, karbon dioksida, pH, kecerahan dll), sampel ikan yang menjadi dampak dari terjadinya isu lingkungan perikanan perairan umum, wawancara dengan masyarakat setempat terkait dengan kejadian kematian ikan/pencemaran. Sedangkan data sekunder berupa data statistik, peta wilayah, karya tulis ilmiah, laporan teknis dan sebagainya.

### 3.5. Teknik pengumpulan data

Pada lokasi terjadinya isu perikanan perairan umum, akan dilakukan pengambilan sampel air dan sedimen baik untuk parameter fisika, kimia maupun biologi. Contoh air pada perairan diambil dengan menggunakan kemmerer water sampler. Sebagian contoh akan diperiksa secara insitu (suhu, kedalaman air, kecepatan arus, kecerahan, daya hantar listrik, pH, dan oksigen terlarut). (Tabel 1). Disamping itu juga akan dilakukan pemeriksaan lainya bila dianggap perlu, tergantung penyebab terjadinya bentuk degradasi sumberdaya ikan. Wawancara dengan masyarakat dan staf dinas perikanan/instansi terkait dengan terjadinya degradasi sumberdaya ikan. Wawancara meliputi waktu kejadian, lokasi, cakupan sebaran kejadian, jumlah ikan yang mati, kondisi perairan, kondisi cuaca dan sebagainya yang berkaitan dengan kejadian tersebut.

**Tabel 1. Parameter dan metode analisi sampel air**

Parameter	Satuan	Metode dan peralatan
1. Suhu	<sup>0</sup> C	Insitu. Termometer
2. Kecerahan	cm	Insitu. Piringsechi
3. DHL	μS/ cm	Insitu. SCT meter
3. pH	pH unit	Insitu. pH universal indicator
4. Karbondioksida	mg/L	Insitu, metode Winkler, titrimetri dengan NaOH sebagai titrant
5. Oksigenterlarut	mg/L	Insitu, metode Winkler, titrimetri dengan larutan thiosulfat sebagai titrant.

Sumber (Source): APHA 1986

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pencemaran di Bengawan Solo.

#### 1). Tanggal 5 sd 10 April 2019.

Isu pencemaran di Bengawan Solo merupakan isu negatif bagi sumberdaya ikan. Pada awal bulan Mei 2019 telah terjadi kematian ikan di Bengawan Solo antara Bak Keramat/Karang Anyar sampai dengan Mantingan/Ngawi. Banyak nelayan menangkap ikan dengan mudah karena ikan mabuk, mengapung dipermukaan air. Alat tangkap yang digunakan pada umumnya cerok (scop net) dan jala (cast net). Menurut informasi dari masyarakat yang tinggal di tepi Bengawan Solo kejadian kematian ikan tersebut sudah sering terjadi hampir tiap bulan. Awal mula pencemaran di perairan dekat PT. Acidatama (pabrik alkohol terbesar di Indonesia) yang berlokasi di Bak Kramat, dampak pencemaran terhadap kematian ikan sampai daerah Mantingan Ngawi.

Kegiatan penangkapan ikan di Kabupaten Sragen mecapai puncaknya bila ada pengaruh buangan limbah dari arah hulu (Acidatama), banyak ikan mabuk mudah ditangkap dengan alat Sambar/Cerok (Scop net), kejadian pencemaran yang menyebabkan ikan mabuk tersebut oleh masyarakat setempat disebut PLADU. Didapatkan data kualitas air pada 8 stasiun mulai Kabupaten Sragen, Karang Anyar, Kota Solo, Sukoharjo hingga Kabupaten Wonogiri (Tabel 2). Mulai dari Kota Solo sampai terindikasi ada pengaruh pencemaran yang cukup tinggi (Oksigen rendah, Karbondioksida tinggi, kecerahan rendah, warna air hitam), terutama lokasi Kampung Sewu (Solo) dan Acidatama (Karang Anyar) (Oksigen 1,5 mg/L- 3,7 mg/L, kecerahan 18-50 Cm, warna air coklat kehitaman). Sedangkan lokasi di hulunya daerah pencemaran kualitas air relatif baik seperti daerah Bendung Colo (Sukoharjo) dan Waduk Gajah Mungkur (Wonogiri), kandungan oksigen 4,4 – 5,68, warna air hijau bening.



**Tabel 2. Kualitas Air Bengawan Solo  
Tri 1 (5-10 April 2019)**

PARAMETER	Kampung Sewu	Kampung Sewu	Acidatama	Tenggak	Cemeng	Kandang Sapi/mantingan	Trinil	Bendungan colo
Suhu air (°C)	22,3	29,8	29,93	28,78	26,85	29,9	28,7	28.55
pH	7,19	7,75	7,38	7,37	7,37	7,34	7,55	7,62
O <sub>2</sub> terlarut (mg/L)	1,51	5	3,7	3,74	3,83	3,81	3,76	4,4-5,68
CO <sub>2</sub> (mg/L)	0,8	0,5	0,8	0,5	0,09	0,08	0,07	0,06
T.Alkalinitas (mg/L)	80	99	112	88	112	120	90	90
DHL (µS)	639	336	522	318	161	166	274	159
TDS (mg/L)	0,218	0,216	0,346	0,207	0,105	0,172	0,178	0,104
Kecerahan (cm)	18	20	20	25	50	40	40	40
Kedalaman (m)	3	3	3	1,2	3	2	3	3
S :	070 34' 37"	070 34' 37"	07031'16"	07 0023' 58"	07 020' 27"	07 021' 12"	07 022' 28"	07 045' 4"
E :	1100 50 '38"	1100 50 '38"	1100 52' 56"	110057 '03"	11104 '43"	1110 08' 55"	1110 21' 30"	111054'06"
JAM :	10.12	15.05	16.40	9.35	09.00	12.05	14.29	09.14
TANGGAL :	5/4/2019	5/4/2019	5/4/2019	8/4/2019	6/4/2019	6//4/2019	6/4/2019	7/4/2019

## 2). Tanggal 2 sd 9 Agustus 2019.

Isu pencemaran di Bengawan Solo selanjutnya terjadi pada awal bulan Agustus 2019 telah terjadi kematian ikan di Bengawan Solo antara Bak Keramat/Karang Anyar sampai dengan Ngawi Purba. Banyak nelayan menangkap ikan dengan mudah karena ikan mabuk, mengapung dipermukaan air. Alat tangkap yang digunakan pada umumnya cerok (*scop net*) dan jala (*cast net*). Didapatkan isu sumber pencemaran utama dibengawan solo yang menyebabkan kematian masal ikan di Bengawan solo yaitu PT Acidatama di Karang Anyar, Perusahaan minumas keras (Ciu) di Bekonang Solo dan Industri Tekstil di Solo. Dari ketiga sumber utama pencemaran tersebut PT Acidatama diduga yang paling sering mengeluarkan pencemaran yang paling besar. PT Acidatama merupakan Industri Etanol terbesar di Indonesia, berada di tepi Bengawan Solo Kecamatan Karang Anyar.

Menurut penduduk setempat di desa Bison yang tingganya dekat dengan PT acidatama memberikan keterangan bahwa hampir tiap bulan membuang limbah lebih sat kali

kali, saat membuang limbah pada malam hari sekitar jam 3 malam (dini hari). Bila membuang limbah dampaknya banyak ikan mabuk di sepanjang bengawan solo mulai dari Karang Anyar ke hili sampai daerah Sragen dan Ngawi. Didapatkan data kualitas air pada 7 stasiun mulai Kampung Sewu (SOLO), Acidatama (Karang Anyar), Tenggak (Sragen), Mantingan (Sragen), Ngawi Purba, Kanor (Bojonegoro), Ngablak (Bojonegoro). (Tabel 3). Mulai dari Kota Solo (Stasiun Kampung Sewu) terindikasi ada pengaruh pencemaran yang cukup tinggi (Oksigen rendah yaitu 1,79-3,44 mg/L, warna air hitam). Lebih jelek lagi yaitu di Karang Anyar (stasiun Acidatama) (Oksigen 0,65 mg/L- 0,89 mg/L, warna air hitam). Dampak pencemaran di Acidatama samai daerah Sragen stasiun Tenggak (kadar oksigen: 0,98mg/L warna air cokelat hitam)

Setelah sampai daerah mantingan kadar oksigen mulai membaik yaitu 4,28 mg/L, warna air masih cokelat hitam. Setelah sampai daerah Ngawi Purba yang merupakan pertemuan antara Bengawan Solo dan Sungai Madiun, kualitas air mulai membaik (Kadar oksigen: 4- 5,5 mg/L, warna air kecokelatan). Lebih ke hilir lagi Sampai daerah Bojonegoro kualitas air sudah normal (kadar oksigen 4,6- 5,63 mg/L, warna air putih kehijauan).

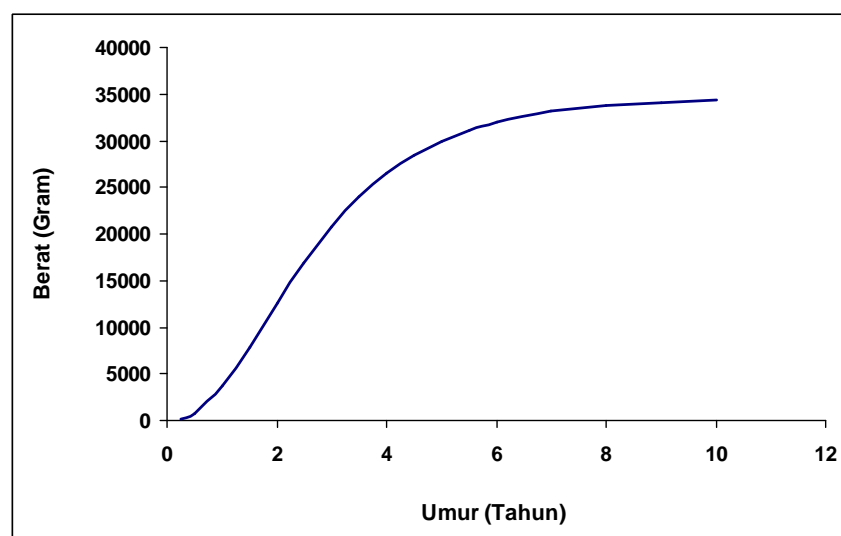
**Tabel 2. Kualitas Air Bengawan Solo  
Tri 2 (2-9 Agustus 2019)**

PARAMETER	Kampung Sewu (Saluran PEPE dari Kota Solo)	Kampung Sewu (Pertemuan Bengawan Solo dengan Saluran PEPE)	Acidatama (Saluran dari PT Acidatama)	Bengawan Solo (Setelah Bertemu Saluran)	Tenggak (Sragen)	Kandang Sapi/ mantingan	Ngawi Purba	Bojonegoro
Suhu air (°C)	29	29,8	29,56	28,7	27	27,5	29,5	28-30
pH	7,7	7,66	7,9	7,7	7	6,53	8	7,5-7,8
O <sub>2</sub> terlarut (mg/L)	1,79	3,44	0,65	0,89	0,98	4,28	4-5,5	4,6-5,63
CO <sub>2</sub> (mg/L)								
T.Alkalinitas (mg/L)								
DHL (µS)	855	684	935	601	605	557	567-649	552-539
TDS (g/L)	0,556	0,445	0,346	0,390	0,394	0,362	0,422	0,315-0,350
S :		070 34' 37"	07031'16"		07 0023' 58"	07 021' 12"	07 022' 28"	07 045'4"
E :		1100 50 '38"	1100 52' 56"		110057 '03"	1110 08' 55"	1110 21' 30"	111054'06"
JAM :	14: 09	14:09	15:35		9:04	12.05	12:00	09.14
TANGGAL :	2/8/2019	2/8/2019	2/8/2019		5/8/2019	6//4/2019	3/8/2019	4/8/2019

## 4.2. KEBERHASILAN PENEBARAN IKAN PATIN DI WADUK KEDUNG OMBO

Induk ikan Patin yang ditebar pada tahun 2012 di area KJA PT Aquafarm Boyolayar Sragen dapat memijah di inlet Serang Kemusu Boyolali. Beberapa ikan contoh yang diberi tanda memperlihatkan bahwa ikan patin yang tertangkap di inlet Serang dan Samodera sudah matang gonade. Di sekitar inlet Serang dan inlet Samodera hampir tiap hari ikan Patin tertangkap ada yang berukuran kecil dan ada yang berukuran besar, hal ini membuktikan bahwa induk ikan Patin yang di tebar dapat berkembang biak. Ukuran ikan yang tertangkap ada 4-6 kelas ukuran yaitu 50 gram – 150 gram, 0,2-0,5 kg/ekor., 1-2 kg/ekor., 2,5-3,5 kg/ekor, 5-8,5 kg/ekor dan > 10 kg/ekor. Hasil tangkapan dengan beranjang pada bulan Nopember – Desember sebesar 0,5- 8,5 kg/hari dengan rata rata 4 kg/hari. Hasil tangkapan dengan gill net pada bulan Januari- Maret adalah 3,5 – 7,5 kg/hari dengan rata rata 3 kg/hari (Aida, *et al.*, 2013). Ikan Patin yang ditebar di Waduk Kedung Ombo oleh BRPPU pada tahun 2012 dapat berkembang hingga sekarang, sering tertangkap di daerah duwet, Boyo Layar dan inlet serang, Kemusu.

Pertumbuhan ikan Patin tebaran di Waduk sangat baik sebagai contoh di waduk Gajah Mungkur 8,7-13,1 gram per hari, di waduk Kedung Ombo 19 gram/hari. Benih Patin ukuran 100 gram/ekor harga setempat Rp.1.000/ekor dalam waktu 3 bulan dapat tumbuh menjadi 1700 gram/ekor harganya Rp.21.000 (Utomo, *et al.*, 2014). Diperkirakan dalam waktu 4 -5 tahun ke depan hasil tangkapan Patin oleh nelayan sudah dapat dirasakan manfaatnya bagi peningkatan pendapatan mereka, dengan catatan daerah sekitar KJA PT. Aquafarm Boyolayar dijadikan suaka perikanan.



Gambar 1. Pertumbuhan Ikan Patin tebaran di Waduk Kedung Ombo

## **Keunggulan komoditas Patin Siam sebagai ikan tebaran**

Ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*) merupakan ikan introduksi yang berasal dari Thailand, merupakan ikan ekonomis penting di perairan tawar yang dapat dijadikan komoditas pangan baik untuk keperluan domestik maupun ekspor. Ikan Patin Siam sering juga disebut Jambal Sius, Patin Bangkok. Ikan tersebut dapat hidup di semua tipe air tawar seperti sungai, danau, waduk dan rawa. Perairan waduk merupakan perairan sungai yang dibendung, perubahan tipe ekosistem yang mengalir menjadi tergenang akan menyebabkan penurunan populasi ikan asli. Untuk meningkatkan produksi perikanan di waduk diperlukan penebaran ikan. Ikan Patin Siam merupakan salah satu jenis ikan yang sesuai untuk di tebar di waduk karena perairan waduk sesuai untuk kehidupan ikan Patin .

Beberapa Keunggulan Ikan Patin Siam sebagai ikan tebaran di Waduk:

1. Ikan Patin Siam dapat hidup baik hampir di semua tipe perairan tawar termasuk waduk.
2. Ikan Patin Siam merupakan ikan ekonomis penting, harganya relatif mahal di pasaran
3. Ikan Patin Siam digemari oleh masyarakat baik sebagai ikan olahan terutama ikan asap maupun ikan segar.
4. Ikan Patin Siam pertumbuhannya cepat, dan ukurannya dapat mencapai lebih dari 10 kg/ekor.
5. Mempunyai fekunditas yang banyak, pada ukuran 7 kg/ekor terdapat satu juta butir telur (Aida, *et al.*, 2011 ).
6. Patin Siam merupakan ikan Omnivora yang dapat memanfaatkan pakan alami yang ada di waduk, sisa pakan dari KJA.
7. Dapat mengurangi limbah dari sisa pakan dan kotoran yang terlepas dari KJA. Sehingga terjadi simbiosis mutualitis antara kegiatan budidaya pada KJA dan penebaran ikan Patin Siam.
8. Banyak Pantu benih yang sudah dapat membenihkan Patin Siam, sehingga mudah untuk mendapatkan benih maupun induk yang akan ditebar.

## **Keunggulan waduk sebagai area penebaran ikan**

Peluang keberhasilan pengelolaan ikan Patin tebaran di waduk lebih tinggi, bila dikelola dengan baik karena sebagai berikut:

1. Waduk mempunyai batas badan air yang jelas sehingga mudah dalam pengelolaan.
2. Masyarakat sekitar waduk yang berprofesi sebagai nelayan pada umumnya sudah tertata dalam organisasi kelompok nelayan sehingga mudah dipakai mitra (co-management) dalam pengelolaan sumberdaya ikan, mudah untuk memberikan penyuluhan.

3. Waduk mempunyai ekosistem yang lengkap yaitu inlet yang biasanya untuk pemijahan ikan, litoral (derodon) banyak vegetasi bermanfaat bagi daerah asuhan dan mencari makanan bagi anak ikan, perairan yang dalam sebagai tempat ikan yang berukuran besar.  
Biji Kayu duri yang ditebar di inlet Serang pada tahun 2012 sekarang sudah berkembang pesat, dapat digunakan pemijahan ikan Patin.
4. Waduk mempunyai wilayah perairan yang digunakan untuk budidaya ikan dalam keramba jaring apung (KJA). Daerah keramba jaring apung merupakan tempat mencari pakan dan perlindungan ikan liar yang di luar KJA (Marganof, 2007., Utomo, 2013). Apabila daerah KJA digunakan tempat penebaran ikan dan suaka perikanan maka pakan dan kotoran ikan akan dimakan oleh ikan yang di luar KJA. Sehingga kegiatan penebaran ikan dan suaka perikanan di wilayah KJA merupakan simbiosis mutualistik antara budidaya ikan KJA dengan ikan ikan di luar KJA. Limbah pakan dan kotoran ikan yang dihasilkan oleh KJA dapat dimanfaatkan oleh ikan ikan di luar KJA sehingga akan menetralkan pencemaran. Ikan ikan diluar KJA dapat mengambil keuntungan dari sisa pakan dan kotoran ikan yang lolos dari KJA. Di area KJA PT. Aquafarm Boyolayar Perlu ditetapkan dijadikan suaka perikanan
5. Penebaran ikan untuk peningkatan stok ikan secara teknis mudah dilakukan dan mempunyai keberhasilan tinggi karena waduk merupakan perairan tertutup, tergenang, banyak tersedia pakan alami seperti plankton dan masukan dari luar seperti sisa pakan ikan yang terlepas dari KJA. Perubahan ekosistem mengalir menjadi tergenang akan mempengaruhi struktur komunitas ikan, untuk itu relung ekologis harus dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk peningkatan produksi melalui penebaran ikan.
6. Pengawasan kegiatan penangkapan ikan lebih mudah karena wilayah badan air jelas dan tertutup. Kelompok nelayan di Waduk pada umumnya sudah terbentuk dengan baik. Bagian yang bertanggung jawab terhadap pengawasan di perairan diberinama yaitu POKWASMAS (Kelompok Pengawasan Masyarakat) ( Utomo, 2013).

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN.**

### **5.1. Kesimpulan.**

#### 1. Pencemaran Bengawa Solo.

- Ada tiga sumber utama pencemaran di Bengawan Solo yaitu industri (rumah tangga) minuman keeras (Ciu) di Bekonang Sukoharjo, Pabrik tekstil di Solo dan Pabrik Alkohol (PT. Acidatama) di Bak Kramat Karang Anyar. Namun sumber yang paling besar yaitu dari PT. Acidatama.
- Pencemaran terjadi secara periodik hamper tiap bulan terjadi yang menyebabkan kematian ikan secara masal mulai dari Karang Anyar sampai dengan Ngawi.

#### 2. Keberhasilan Penebaran Ikan di Waduk edung Ombo

- Ikan Patin yan ditebar oleg BRPPU pada tahun 2012 di Waduk Kedung ombo telah dapat tumbuh dan berkembang biak.

### **5.2. Saran.**

#### 1. Pencemaran di Bengawan Solo

- Perlu adanya evaluasi pembuangan limbah dari industry ke Bengawan Solo, apakah sudah memenuhi persyaratan.

#### 2. Keberhasilan Penebaran ikan Patin di Waduk Kedung Ombo

- Kesepakatan sekitar KJA di PT. Aquafarm sebagai suaka perikanan tetap harus dipertahankan agar induk ikan Patin masih banyak tersedia di alam
- Inlet Serang yang banyak kayu duri sebagai tempat pemijahan ikan Patin harap tetap dipertahankan keberadaannya.

## DAFTAR PUSTAKA.

- APHA, 1986. Standard methods for the examinations of water and wastewater. APHA Inc, Washington DC. 986 p.
- Boyd, C.E 1988. Water Quality in Warm Water Fish Ponds. Fourth Printing. Auburn University Agriculture Experiment Station. Alabama. USA. 359 p.
- Danakusumah, E. dan H. Herawan 2000. Kematian Masal Ikan Budidaya di Perairan Waduk dan Kemungkinan Penanggulangannya. Pross Semiloka Nasional. Pengelolaan dan pemanfaatan Danau dan Waduk. Universitas Pejajaran. Bandung. 7 Nopember 2000. I:306-314.
- Dharyati, E., AD. Utomo., S. Adjie., Asyari., dan D. Wijaya, 2009/2010. Bio-ekologi dan Potensi Sumberdaya Perikanan di Waduk Kedung Ombo dan Gajah Mungkur Jawa Tengah. Laporan akhir tahun. Balai Riset Perikanan Perairan Umum. Palembang. 75 hal.
- Dwiloka, B; D.L.M.R, Rasana; E. Rianto 2006. Kandungan Logam Berat pada Hati dan Usus Sapi yang Dipelihara di TPA di Jatibarang Semarang. Prosiding. Makalah Seminar Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi. Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro Semarang. 33- 41.
- Effendi, H 2000. Telaah Kualitas Air. Jurusan MSP Fak. Perikanan dan Kelautan IPB Bogor. 259 hal.
- Febrian R; R. Srihartini dan N. Sutisna 2004. Kondisi Danau dan Waduk di Indonesia. <http://www.pusair.pu.go.id>. 10 April 2010
- Garno, Y.S 2002. Bahan Pencemaran Limbah Perikanan Budidaya dan Eutrofikasi di Perairan Waduk pada DAS Citarum. Jurnal Teknologi Lingkungan.
- Haslam, S.M. 1995. River Pollution and Ecological Perspective. John Wiley and Sons. Chichester, UK. 253 P.
- Kalther, J. 2009. *Upwelling-downwelling*. <http://www.e-dukasi.net>. 17 Desember 2011
- Kartamihardja, E.S., K. Purnomo., D.W.H Tjahyo, dan S.E Purnamaningsih 2002. Estimasi Daya Dukung Perairan Waduk Utama untuk pengembangan budidaya ikan dalam Keramba Jaring Apung. Makalah dipresentasikan pada seminar hasil penelitian tahun 2003 di Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar, Pusat Riset Perikanan Tangkap Jakarta. 15 hal.
- Kartamihardja, 1997. Pencemaran pakan di waduk. <http://www.apakabar@clark.net>.
- Krismono 1992. Hubungan Antara Tingkat Trophic dengan Populasi FCC Mini di Suatu Badan air. Buletin Penelitian Perikanan Darat. 1(3): 12 – 22 .
- Krismono, ASN dan Krismono 2003. Indikator umbalan dilihat dari segi aspek kualitas air di Waduk Ir. Djuanda, Jatiluhur Jawa Barat. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia. 9(4): 8 - 17
- Krismono, L.P Astuti, dan A. Warsa 2008. Evaluation of Water Quality at Ir. H. Djuanda Reservoir, Jatiluhur. Proceeding, International Conference on Indonesian Inland Waters I. Research Institute for Inland Fisheries Palembang. 105 -112.
- Lindon, M and S.Heiskary 2009. Blue-green algae toxin ( *Mycrocystin*) levels in Minnesota Lakes. International Journal Lake and Reservoir Management. 25(3): 240-252.

- Liyanage N.P.P; S.M Ruwanpathirana and S.C Jayamanne 2009. Cage Culture of Fresh Water Fishes in Reservoir. Training manual for Kattakaduwa fishing community. NARA-AIDA. Sri Lanka. 50 p.
- Marganof, 2007. Model pengendalian Pencemaran di Danau Maninjau Sumatera Barat. *Disertasi*. Pasca Sarjana IPB. Bogor. 164 hal
- Mitsch, W.J and S.E Jorgensen 2004. Ecological Engineering and Ecosystem Restoration. John Wiley & Sons, Inc.Canada.
- Moore, J.W. 1991. Inorganic contaminants of surface water. Springer-Verlag. New York. 334 p.
- Odum, E.P 1996. Fundamentals of Ecology. Third Edition Saunders College Publishing. Rinehart and Winston. 486 p.
- Peavy, H.S., D.R. Rowe, and G.Tchobanoglous 1986. Environmental Engineering McGraw - Hill Book Company. Singapore.
- Purnomo, K 2000. Kompetisi dan pembagian sumberdaya pakan komunitas ikan di Waduk Wonogiri. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 6(4):16 -23.
- Pusat Litbang SDA 2007. Sumberdaya air. <http://www.bapeda-jabar.go.id>. 7 April 2010.
- Pusat Litbang SDA, 2004. Pengelolaan Danau dan Waduk di Indonesia. <http://www.pusair.pu.go.id>. 10 April 2010.
- Surachman, 2002. Kondisi Waduk Cirata. <http://www.pusair.pu.go.id>. 10 April 2010
- Universitas Sebelas Maret, 2004. Limbah Cr (Kromium) dan Cd (Kadmium) di Karang Anyar, Solo sudah termasuk ke dalam sistem pertanian Padi. *www. Liputan6.com SCTV*. 15 Agustus 2010
- Utomo AD, N Muflikah, S Nurdhawati, MF Rahardjo, S Makmur (2007). *Buku*. Ichtyofauna Sungai Musi Sumatera Selatan. Balai Riset Perikanan Perairan Umum Palembang. 2007; 183 hal.
- Utomo, 2013. Pendugaan Daya Dukung Perairan Untuk Budidaya Ikan dalam Keramba Jaring Apung di Waduk Gajah Mungkur. *Disertasi*. Program Studi Ilmu Lingkungan, Pasca Sarjana UNSRI.Palembang. 166 hal.
- Utomo, A.D 2010. Pendugaan Daya Dukung Perairan untuk Budidaya Ikan pada Keramba Jaring Apung di Waduk Kuto Panjang Riau. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan VII Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*. Jurusan Perikanan Kelautan UGM dan BRKP. Yogyakarta. VII (1): 1-8
- Utomo, AD., M.R Ridho., D.DA. Putranto dan E. Saleh 2010. The Water Quality Assessment at Gajah Mungkur Reservoir. *Proceeding International Conference on Indonesian Inland Waters II*. Research Institute for Inland Fisheries. pp:123 - 133
- Utomo, AD., M.R Ridho., D.DA. Putranto dan E. Saleh 2011. Keanekaragaman Plankton dan Tingkat Kesuburan Perairan di Waduk Gajah Mungkur. *BAWAL. Jurnal Widya Riset Perikanan Tangkap Jakarta*. 3(6): 415-422.
- Utomo, AD., M.R Ridho., E.Saleh dan D.D.A Putranto, 2010. Pencemaran Sungai Bengawan Solo antara Solo dan Sragen, Jawa Tengah. *BAWAL. Jurnal Widya Riset Perikanan Tangkap*. 3(1): 25-32.
- Utomo dan Aida, 2018. Laporan Kematian Ikan secara masal di Waduk Kedung Ombo. *BRPPU-PP*, 19 halaman.









- Vithanage, I.C.B, 2009. Analisis of Nutrien Dynamics in Roxo Catchment Using Remote Sensing Data and Numerical Modeling. International for Geo-Information Science and Earth Observation Enscede, The Netherlands.
- Welch, E.B 2009. Phosphorus reduction by dilution and shift in fish species in Moses lake. International Journal. Lake and Reservoir Management. Taylor and Francis. London. 25(3): 276-283.
- Wibowo, H. Tingkat Eutrofikasi Rawa Pening Dalam Kerangka Kajian Produktivitas Primer Fitoplankton. *Tesis*. Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang. 93 hal.

**Lampiran 1. Kegiatan Survei Pencemaran di Bengawan Solo**

	
<p>1. Cerok, alat tangkap ikan saat terjadi Pladu (limbah)</p>	<p>2. Strom, masih sering digunakan untuk menangkap ikan.</p>
	
<p>3. ST. KAMPUNG SEWU SOLO</p>	<p>4. ST. KANAL ACIDATAMA, KR. ANYAR</p>
	
<p>5. ST. TENGGAK SRAGEN</p>	<p>6. ST. MANTINGAN SRAGEN</p>
	
<p>7. ST. NGAWI PURBA</p>	<p>8. ST. KANOR, BOJONEGORO</p>

**Lampiran 2. Kegiatan Monitoring Keberhasilan Penebaran Ikan Patin di Waduk Kedung Ombo**

	
<p>KOORDINASI DENGAN DINAS PERIKANAN SRAGEN</p>	<p>Inlet Serang, mengalami kekeringan pada bulan Agustus</p>
	
<p>KAYU DURI DI INLET SERANG TEMPAT PEMIJAHAN DAN NAUNGAN IKAN PATIN</p>	
	
<p>PATIN DI WADUK KEDUNG OMBO</p>	