

KAJIAN KUALITAS AIR BADAN PERAIRAN STRATEGIS KOTA TEGAL SEBAGAI KOTA METROPOLIS

Ir. SUYONO, M.Pi
Universitas Pancasakti Tegal
E-mail : suyono.faperi.ups@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan secara fisik di Kota Tegal sebagai kota yang sedang tumbuh menjadi kota metropolis dimungkinkan mengakibatkan dampak negatif yang menjurus kepada degradasi lingkungan khususnya terbuangnya limbah ke badan perairan umum yang strategis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air secara fisika, kimia, dan biologi dari badan perairan yang menerima buangan limbah dari kegiatan industri, hotel, mall, rumah sakit, terminal bus, pelabuhan, Pertamina, dan pemukiman di Kota Tegal serta dampaknya terhadap kemungkinan penggunaannya sebagai air minum/rumah tangga dan perikanan. Penelitian dilakukan dengan metode survai dan dilaksanakan pada bulan September 2009. Tempat pengambilan sampel meliputi: sungai Ketiwon (limbah pertanian, home industri, dan pemukiman padat penduduk), saluran air di Kejambon dekat R S Kardinah (limbah rumah sakit) Kaligung Lama/ Kolam Pelabuhan Niaga (industri, niaga, Pertamina dan Pelabuhan Niaga): saluran air di sekitar Hotel Bahari Inn/Plaza Hotel (limbah aktivitas perhotelan), sungai Kemiri dekat Terminal Bus Kota Tegal (limbah terminal bus, peternakan, dan pemukiman padat penduduk), dan sungai Kaligangsa Wetan (limbah aktivitas pertanian, peternakan dan perumahan padat penduduk). Pengamatan berjumlah 4 (empat) titik di setiap sungai/stasiun dengan ulangan sebanyak 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan kondisi kualitas fisika dan kimia air di badan perairan strategis di Kota Tegal yang dijadikan sampel penelitian memiliki kandungan nitrat, nitrit, CO₂-nya relatif cukup tinggi melebihi batas maksimum baku mutu air. F5S yang cukup tinggi di peroleh di kolam Pelabuhan Niaga. Parameter biologi untuk keperluan bidang perikanan untuk Sungai Ketiwon, Kemiri dan Kaligangsa Wetan tidak tercemar sampai dengan tercemar sedang, Saluran air di Kejambon dekat RS Kardinah dan saluran air dekat Bahari Inn, Palza Hotel dan Rita Mall termasuk dalam kategori tercemar ringan, sedang dan mengarah ke tercemar berat, sedangkan perairan di kolam Pelabuhan Niaga masuk dalam kategori sudah tercemar ringan sampai berat. Beberapa parameter fisika-kimia air, khususnya nitrit, nitrat, CO₂ dn khusus di Kolam Pelabuhan Niaga ditambah dengan CO₂ menunjukkan kurang layak untuk dijadikan air minum. Jika akan dipergunakan sebagai air minum perlu dilakukan treatment yang memadai. Dari parameter biologi dapat disimpulkan bahwa air dari Sungai Ketivon, Kemiri dan Kaligangsa Wetan serta saluran air di Kejambon dan di dekat Bahari Inn masih dapat dipergunakan sebagai air media budidaya perikanan, sedangkan air di Kolam Pelabuhan tidak layak untuk di pergunakan untuk hal yang sama.

Kata Kunci : kualitas air, parameter fisika, kimia, biologi, baku mutu air, saprobik

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Walton T (2003), Indonesia menerima curah hujan yang melimpah dan memiliki kira-kira 6 persen dari sumber air segar di dunia. Hal ini ekivalen dengan kira-

kira 2.530 km³ sumber air yang dapat diperbaharui setiap tahun, walaupun distribusinya sangat berbeda diberbagai pulau. Di Pulau Jawa, dimana berdiam 60 persen dari jumlah penduduk ketersediaan air sekitar 1.750 m³ per kapita, dan didistribusi tidak sama rata baik secara geografis maupun musim. Sumber air tanah terbatas dan digunakan untuyk tujuan rumah tangga dan industri. Jumlah sumber air yang dapat diperbaharui per kapita termasuk aliran sungai dan aliran tanah dan curah hujan adalah 13.709 m³ dalam tahun 1999.

Kualitas air Indonesia semakin memburuk, penyediaan air yang aman masih terbatas di Indonesia, dan akses ke air bersih akan berkurang karena tingkat polusi yang meningkat yang menjurus kepada kerusakan ekologis dan estetika maupun masalah kesehatan yang berkaitan dengan air. Sumber polusi air pembuangan kotoran rumah tangga, pembuangan industri, pengairan pertanian dan kesalahan dalam pengelolaan limbah padat, mencemarkan air permukaan dan air tanah di Indonesia. Sebagai tambahan penyimpangan yang tidak sesuai dan penggunaan bahan kimia pertanian (pupuk dan pestisida) semakin memperburuk masalah tersebut.

Pembangunan secara fisik di Kota Tegal sebagai sebuah kota yang sedang tumbuh megiadi kata metranalis dimulai oleh pertumbuhan hasil manufaktur yang cepat dari perluasan industri, pendirian mall dan hotel, rumah sakit, pelabuhan, terminal, Pertamina dan perumahan telah berlangsung dengan kemungkinan mengakibatkan dampak negatif yang menjurus kepada degradasi lingkungan secara serius khususnya dengan terbuangnya limbah ke badan perairan umum.

Sejauh mana limbah berbahaya mempengaruhi kualitas air badan perairan strategis di Kota Tegal dan bagaimana perspsi masyarakat terkait terhadap hal tersebut belum banyak yang mengkaji, keculai pengamatn yang pernah dilakukan sebatas pada sungai-sungai yang dianggap paling tercemar oleh Cofish Project Departemen Kelautan dan Perikanan Site Tegal pada sekitar tahun 2000-an dan kegiatan Prokasih oleh Kantor Lingkungan Hidup Kota Tegal. Untuk itu kajian terhadap hal tersebut pada saat ini menjadi hal yang cukup signifikan untuk dilakukan.

1.2. Perumusan Masalah

Secara umum permasalahan yang terkait dengan kualitas air badan perairan strategis di Kota Tegal meliputi bagaimana keadaan parameter kualitas air secara fisika, kimia, dan biologi dari badan perairan yang menerima buangan limbah dari kegiatan industri, hotel, mall, rumah sakit, terminal, pelabuhan, Pertamina, dan pemukiman di Kota Tegal : serta sejauh mana tingkat pencemarannya terhadap kemungkinan penggunaan perairan sebagai air minum/rumah tangga, perikanan, maupun pertanian.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian adalah untuk menganalisis:

1. Keadaan kualitas air secara fisika, kimia, dan biologi dari badan perairan yang menerima buangan limbah dari kegiatan industri, hotel, mall, rumah sakit, terminal bus, pelabuhan, Pertamina, dan pemukiman di Kota Tegal
2. Dampak dari aktivitas tersebut terhadap tingkat pencemaran yang alami badar peraran swrategis df Kota Tegal terkait dengan kemungkinan penggunaan perairan tersebut sebagai air minum/rumah tangga, periknan, ataupun pertanian.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai :

1. Bahan masukan bagi pengambil kebijakan dalam upaya pengelolaan badan perairan yang menerima limbah dari aktivitas industri hotel, mall, rumah sakit, terminal, pelabuhan dan pemukiman di Kota Tegal
2. Bahan masukan untuk pemilis kegiatan perindustrian, pengelola hotel, mall, rumah sakit dan masyarakat terkait dengan pengelolaan pembuangan limbah dan pengguna perairan (PDAM perikanan, pertanian)

1.5 Kerangka Pemikiran

Masalah pencemar lingkungan perairan berkembang seiring dengan pesatnya perkembangan industri, penambahan penduduk dan kondisi lingkungan. Timbulnya masalah pencemaran lingkungan dimungkinkan karena air limbah langsung dibuang ke lingkungan perairan, disamping kurang optimalnya fungsi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang ada. Limbah hasil buangan aktivitas industri, rumah sakit, hotel, mall, pelabuhan dan pemukiman yang ada di Kota Tegal dapat mempengaruhi lingkungan perairan akibat adanya perubahan sifat kimia perairan tersebut. Perubahan sifat kimia perairan, dapat menyebabkan perubahan komponen biotik yang ada di dalamnya. Menurut Odum (1993), komponen biotik dapat memberikan gambaran mengenai kondisi fisika, kimia dan biologi dari suatu perairan. Salah satu biota yang dapat digunakan sebagai parameter biologi: dalam menentukan kondisi suatu perairan adalah hewan makrobenthos. Menurut (Barbour et al. 1999 dalam Bahri dan Priadie, 2007), hewan makrobenthos digunakan sebagai parameter biologi karena organisme ini yang lebih awal terkena dampak perubahan kualitas air. Keuntungan lain dari makrobenthos tersebut dapat menentukan status dan kecenderungan dari sumberdaya perairan, mengevaluasi faktor-faktor penyebab kerusakan ekosistem perairan, penilaian terhadap sebuah program pengendalian dan mitigasi lingkungan hidup serta mengukur tingkat kesuksesan dari upaya pengelolaan daerah tangkapan air.

Berbagai kegiatan yang berpotensi menurunkan kenyamanan atau berbagai perubahan lingkungan seperti menurunnya kualitas air, menurunnya nilai estetika dan adanya bau busuk belum mendapat perhatian yang serius.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Pencemar

Menurut Undang-undang RI :Nomor 23 tahun 1997, pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup dan atau berubahnya tatanan lingkungan - oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitasnya lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya dalam menunjang pembangunan berkelanjutan. Selanjutnya Ekasanti. (2006) menyatakan bahwa limbah akan menyebabkan pencemaran lingkungan hidup di sekitarnya. Beberapa dampak negatif yang ditimbulkannya antara lain adalah: (1). menurunnya kualitas air tanah (sumur, mata air dan lain lain), (2). menurunnya kualitas air permukaan (kali/sungai kecil, sungai, kolam, telaga dan sebagainya), (3). tercemarnya udara karena bau busuk, serta, (4). menurunnya estetika lingkungan.

Mannion dan Bowlby (1992) menggolongkan polutan dari segi konservatif/non-konservatif sebagai berikut :

1. Golongan non-konservatif terbagi dalam tiga bentuk yaitu : Buangan yang dapat terurai (seperti sampah dan lumpur), buangan dari industri ' pengolahan makanan, proses distilasi (penyulingan), industri-industri kimia, dan tumpahan minyak, pupuk umumnya dari industri pertanian, buangan dissipasi (berlebih), pada dasarnya adalah energi dalam bentuk panas dari buangan air pendingin, termasuk juga asam dan alkali.
2. Golongan konservatif terbagi dalam dua bentuk yaitu : Partikulat, seperti buangan dari penambangan (misalnya tumpahan dari tambang batubara, debu-debu halus), plastik-plastik inert, buangan yang terus-menerus (persistent waste) yang terbagi lagi dalam tiga bentuk : (1) logam- logam berat (merkuri, timbal, zinkum), (2) hidrokarbon terhalogenasi (DDT dan pestisida lain dari hidrokarbon terklorinasi, dan PCBs atau polychlorinated biphenyl), dan bahan-bahan radioaktif.

2.2 Ekologi Pearairan Sungai

Sungai merupakan salah satu contoh perairan mengalir. Menurut Nonjti (1986) dalam Handayani (2001), sungai merupakan perairan terbuka yang mengalir (lotic) yang mendapat masukan dari semua buangan berbagai kegiatan manusia di daerah permukiman, pertanian, dan industri di daerah sekitarnya. Masukan buangan ke dalam sungai akan mengakibatkan terjadinya perubahan faktor fisika, kimia dan biologi di dalam perairan.

Soemarwoto (2001) menyatakan tentang fungsi sungai yang penting untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat sekitar, seperti air minum, mandi-cuci-kakus, dan untuk pembuangan limbah rumah tangga serta industri. Salim (1991) juga menyatakan tentang fungsi sungai sebagai tempat membuang bahan-bahan limbah, sumber air untuk pertanian, perikanan, industri dan sarana transportasi.

2.3. Indikator Pencemaran Air

Banyaknya limbah organik anorganik. yang memasuki perairan terkait dengan banyaknya banyaknya pencemaran yang dihasilkan oleh aktivitas industri, pertanian secara umum maupun aktivitas rumah tangga dan sosial ekonomi lainnya, maka semakin banyak limbah yang masuk ke perairan maka semakin tinggi beban pencemarannya. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air, beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah. Beban pencemaran yang melebihi daya tampung dan kemampuan pulih diri perairan sungai akan mengakibatkan pencemaran.

Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk meduga tingkat kesuburan atau pencemaran air, khususnya untuk dimanfaatkan dalam aktivitas budidaya perikanan adalah melalui Analisis Trophik Saprobiik (TROSAP). Trophik mencerminkan derajat produktivitas primer sebagai hasil dari bioaktivitas organisme perairan,. Tingkat saprobiik mencerminkan intensitas dekomposisi dari *dead organic matter* bersama bioakumulasi/ biomagnifikasi jasad renik terhadap bahan pencemar dan mencerminkan derajat pencemaran yang terjadi di dalam perairan yang dimanifestasikan oleh jumlah jasad renik indikator pencemaran. Analisis TROSAP merupakan metode analisis struktur komunitas

jazad renik untuk mengevaluasi kualitas air terutama ditinjau dari derajat pencemaran dan tingkat kesuburan perairan tersebut (Anggoro, 1998).

2.4 Hasil Penelitian Terdahulu

Kajian kualitas air sungai-sungai besar di Kota Tegal pernah dilakukan oleh Cofish Project Departemen Kelautan dan Perikanan site Tegal pada tahun 2000, dengan hasil yang terkait dengan penelitian ini tersaji pada Tabel 1 .

Tabel 1. Parameter Fisika-Kimia Air Sungai-Sungai Besar di Kota Tegal :

No	Lokasi	Parameter Fisika-Kimia
1	Sungai Ketiwon	Parameter Fisika Suhu air 32°C Kecerahan 50 cm Parameter Kimia DO 3,86 ppm BOD: 49,75 ppm pHair 8,31 Salinitas 23 ‰ NH, 0,34 mg/l
2	Sungai Kemiri	Parameter Fisika Suhu air 31°C Kecerahan 50 cm ² Parameter Kimia DO 5,85 ppm BOD: 45,44 ppm pH air 8,05 Salinitas 20 ‰ NH ₃ 0,29 mg/l.
3	Sungai Kaligangsa Wetan	Parameter Fisika Suhu air 29° C Kecerahan 40 cm Parameter Kimia DO 3,84 ppm BOD ₅ 11,85 ppm pH air 8,05 Salinitas 24 ‰ NH ₃ 0,15 mg/l

Sumber : Neraca Kualitas Lingkungan Hidup Kota Tegal, 2000

III. METODE PENELITIAN DAN ANALISIS

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel penelitian dilaksanakan di badan perairan yang strategis serta representatif terhadap aktivitas industri, hotel, mall, rumah sakit Pertamina, terminal, pelabuhan, dan pemukiman padat penduduk di Kota Tegal. Badan perairan strategis tersebut diwakili oleh sungai-sungai berikut :

1. Sungai Ketiwon yang membatasi wilayah Kota Tegal dengan Kabupaten Tegal, mewakili badan perairan yang menerima buangan limbah dari aktivitas pertanian, home industri, dan pemukiman padat penduduk;
2. Saluran air di Jl. AR Hakim, Kejambon di dekat Rumah Sakit Kardinahm mewakili badan perairan strategis yang menerima buangan limbah rumah sakit,
3. Sungai Kaligung Lama/Kolam Pelabuhan Niaga .di sekitar Pelabuhan Niaga Kota Tegal;, mewakili badan perairan strategis yang menerima limbah dari aktivitas industri, niaga, Pertamina dan Pelabuhan Niaga,
4. Saluran air di sekitar Hotel Bahari Inn dan Plaza Hotel, mewakili badan perairan yang menerima buangan limbah dari perhotelan,
5. Sungai Kemiri di sekitar Terminal Bus Kota Tegal;, mewakili aktivitas terminal bus, peternakan, dan pemukiman padat penduduk
6. Sungai Kaligangsa Wetan yang membatasi wilayah Kota Tegal dengan Kabupaten Brees, mewakili badan perairan strategis yang menerima buangan limbah dari aktivitas pertanian, peternakan dan perumahan padat penduduk.

Pengujian sampel air untuk mengetahui kualitas fisika, kimia, dan biologi perairan dilakukan di Laboratorium Fakultas Perikanan Universitas Pancasakti Tegal. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2009.

3.2. Materi Penelitian

Materi penelitian adalah air sampel dari badan perairan strategis di Kota Tegal dari lokasi tersebut di atas.

3.3. Bahan dan Alat

3.3.1. Bahan

Bahan penelitian meliputi indikator dari colorimetri, kapas, karet, kertas, aguades, alkohol, aluminium foil, $MnSO_5$, KOH-KI, indikator amilum, H_2SO_4 pekat, $Na_2S_2O_3$ 0,025 N, $FeCl_3$, $CaCl_2$, buffer fosfat, $MgSO_4$, formalin 4%, HCl 1N, brusin-asam sulfanilat, HNO_3 pekat, fenolftalin.

3.3.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah colorimetri, termometer, meteran, deep sounder, flowmeter, kertas pH indikator, kertas saring Whatman No. 41, oven, botol Winkler, desikator, erlenmeyer, gelas reflux, kondensor, jala surber, kantong plastik, ice box, buret, pipet ukur, statif, saringan bertingkat, spektrofotometer, labu Kjeldahl, dan BOD inkubator.

3.4. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode survai. Penelitian dilakukan terhadap sampel air terkait dengan kualitas fisika, kimia dan biologi air dari sungai-sungai yang mewakili badan perairan strategis dan diperkirakan menerima buangan limbah aktivitas industri, hotel, mall, rumah sakit, terminal, pelabuhan, Pertamina, dan pemukiman padat penduduk di Kota Tegal. Tempat pengambilan sampel air sungai untuk setiap stasiun pengamatan berjumlah 4 (empat) titik, dengan ulangan sebanyak 3 kali.

3.5. Parameter Penelitian

Parameter air sungai yang terkena limbah diamati didasarkan pada Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 10 tahun 2004 meliputi pH, oksigen terlarut, nitrat, fosfat, dan Biochemical Oxygen Demand (BOD₅), ditambah Nitrit, Disolved Oxygen (DO), CO₂, dan H₂S serta beberapa logam berat seperti mercury (Hg), silica, dan besi (Fe). Selain itu dilakukan pengamatan terhadap aspek biologi meliputi kelimpahan plankton dan mikrobenthos pada tiap stasiun penelitian.

3.6. Cara Kerja

3.6.1 Pengukuran Fisika Perairan

a. Suhu air

Suhu air permukaan diukur dengan mencelupkan termometer ke dalam air kira-kira sepanjang 10 cm selama beberapa menit sampai menunjukkan angka yang konstan (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2003).

b. Keerahan air

Kecerahan diukur dengan menggunakan sechi disk dengan mencelupkannya sampai menjelang tidak terlihat sampai terlihat batas warna putih dengan warna hitam dari sechi disk. Nilai kecerahan diperoleh dengan menghitung nilai rata-ratanya.

c. Kebauan, Keberadaan Lapisan Minyak dan Sampah

Kebauan dideteksi dengan indera penciuman. keberadaan lapisan minyak dan sampah dideteksi secara visual.

3.6.2 Pengukuran Kimia Perairan

a. Derajat Keasaman

Derajat keasaman perairan diukur menggunakan kertas indikator. Kertas indikator dicelupkan dalam air sampai beberapa menit kemudian dicocokkan dengan standar (Jeffries dan 1996 dalam Effendi, 2003)

b. Oksigen Terlarut

Pengukuran konsentrasi oksigen terlarut dilakukan dengan menggunakan metode Winkler (APHA, AWWA dan WPCF, 1992). Botol Winkler volume 250 ml secara perlahan-lahan ditenggelamkan ke dalam perairan sampai diberi air penuh dan bukaan botol menghadap searah dengan arus untuk menghindari adanya gelembung udara di dalam botol tersebut. Air sampel ditetesi 1 ml larutan MnSO₄ dan 1 ml larutan KOH-KI, kemudian dikocok beberapa kali hingga larutan tersebut homogen lalu didiamkan sebentar hingga terjadi endapan. Larutan tersebut ditambahkan dengan 1 ml H₂SO₄ pekat dan dikocok hingga endapan larut. Sampel diambil sebanyak 100 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer lalu dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ kadar 0,025 N hingga larutan berubah warna kuning muda. Selanjutnya ditetesi 10 tetes indikator amylum hingga warnanya berubah menjadi biru. Titrasi dilanjutkan dengan larutan Na₂S₂O₃ kadar 0,025 N hingga warna biru tepat hilang. Konsentrasi DO dihitung menggunakan rumus :

Oksigen terlarut : $(1000/100) \times p \times q \times 8 \text{ mg/l}$, dimana :

p = jumlah Na₂S₂O₃ 0,025 N,

q = Normalitas Na₂S₂O₃ 0,025 N

8 = setara bobot O₂

c. BOD₅

Pengukuran BOD: dilakukan dengan menggunakan metode Winkler (APHA, AWWA dan WPCF, 1992). Air sampel diambil dan diencerkan sesuai dengan tingkat pengencerannya

hingga volumenya 500 ml. Air pengenceran tersebut terdiri dari FeCl₃, CaCl₂, buffer fosfat dan MgSO₄, masing-masing 1 ml tiap liter air pengenceran. Air sampel dimasukkan ke dalam botol Winkler 250 ml tanpa gelembung udara dan diinkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C dan dinyatakan sebagai oksigen terlarut lima hari. Blanko yang digunakan akuades dengan perlakuan yang sama seperti air sampel. Kadar BOD: dihitung dengan menggunakan rumus:

$$BOD_5 = ((DO_{0s} - DO_{5s}) - (DO_{0b} - DO_{5b}) \times (1 - p)) / p \text{ (mg/l)}$$

Keterangan:

DO_{0s} = kadar O₂ terlarut sampel hari ke-0

DO_{5s} = kadar O₂ terlarut sampel hari ke-5

DO_{0b} = kadar O₂ terlarut blanko hari ke-0

DO_{5b} = kadar O₂ terlarut blanko hari ke-5

d. Nitrat

Pengukuran kadar nitrat dilakukan berdasarkan metode Brusin SNI 06-2480-1991 (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1994). Sebanyak 10 ml sampel air dimasukan ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 2 ml larutan NaCl dan 10 ml larutan asam sulfat, diaduk perlahan dan dibiarkan sampai dingin. Selanjutnya ditambahkan 0,50 ml larutan campuran brusin dan asam sulfat, lalu diaduk perlahan dan dipanaskan di atas pemanas air sampai maksimal 95°C selama 20 menit. Setelah dingin, dimasukan ke cuvet dan diukur serapannya menggunakan spektrofotometer panjang gelombang 410 nm. Kadar nitrat dihitung dengan rumus :

Kadar nitrat = (1000/A) x B, dimana :

A = air sampel (ml)

B = kadar nitrat standar(mg)

1000 = faktor konvrsi

3.6.3 Pengukuran Parameter Biologi Perairan

Pengambilan plankton/mikrobenthos dilakukan dengan menyaring 25 liter air (5 ember) menggunakan planktonnet. Pada tiap stasiun pengamatan dicuplik 3 sampel. dan dimasukan ke dalam botol sampel dan diberi bahan kimia pengikat. Sampel mikrobentos dan plankton kemudian dilakukan identifikasi di laboratorium menggunakan kunci identifikasi dan dihitung jumlah individu/m² (Dharma, 1989).

3.7. Analisis Data

Data fisika-kimia air yang diperoleh dibandingkan dengan standar/baku mutu kualitas fisika-kimia air yang dipersyaratkan. Data biologi perairan dianalisis dengan menggunakan Analisis Trophik-Saprobik (TROSAP) untuk mengetahui tingkat kesuburan/penemaran perairan badan perairan yang bersangkutan guna keperluan kegiatan budidaya perikanan sesuai prosedur dari Knobs, O.R. (1978) dalam Anggoro (1988).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang meliputi keadaan parameter fisika, kima biologi air perairan strategis di Tegal yang diperkirakan menerima buangan limbah dari aktivitas industri, hotel, mall, rumah sakit, pelabuhan, Pertamina dan pemukiman padat penduduk disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2: Hasil Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Air

No	Lokasi	Parameter Fisika-Kimia-Biologi Air
1	Sungai Ketiwon Parameter Fisika (Permukiman, Panjang Pertanian)	<p>Parameter Fisika Panjang : 54 km, DAS : 1155,32 km, debit air : 250-5114 km/dtk, suhu air : 30°C, kecerahan : 32 cm, warna air : hijau kekuningan, bebauan : tidak berbau, minyak : nihil, sampah : nihil.</p> <p>Parameter Kimia DO : 4,8 ppm, BOD₅ : 10 ppm, CO₂ 49,5 : ppm, Nitrat : 20 mg/l, Nitrit : 0,1 mg/l, pH air : 7,5, pH tanah : 6,2. Salinitas : 20 ‰, Sulfat : 3,00 ppm, Mercury : 0,00 ppm, Silica acid : 0,00 ppm, Mangan : 0,00 ppm, Fe⁺ : 0,3 mg/l, H₂S : 0,001 mg/l.</p> <p>Parameter Biologi Tingkat Kesuburan/Pencemaran IS = +1,60 dan ITS = +40,70, Beta-Meso-Oligo Saprobiik (Tidak tercemar, tercemar ringan s/d, sedang).</p>
2	Sungai Gung/Kolam Pelabuhan, Pertamina	<p>Parameter Fisika Suhu air : 30°C, kecerahan : 18 cm, warna air : coklat tua, bebauan : tidak berbau, minyak : ada lapisan, sampah : nihil.</p> <p>Parameter Kimia DO : 4,8 ppm, BOD : 12 ppm, CO₂ : 83,2 ppm, nitrat : 5 mg/l, nitrit : 0,2 mg/l, pH air : 7,5, pH tanah : 6,2, salinitas : 28 ‰, sulfat : 0,00 ppm, mercury : 0,00 ppm, silica acid : 0,00 ppm, mangan : 0,00 ppm, Fe⁺ : 0,50 mg/l, H₂S : 0,02 mg/l.</p> <p>Parameter Biologi Tingkat Kesuburan/Pencemaran IS : +0,10 dan ITS : +40,60. Alpha-Meso Saprobiik (Tercemar sedang s/d berat).</p>
3	Saluran Air di Jl-AR Hakim Kejambon (RS Kardinah, Pemukiman)	<p>Parameter Fisika Suhu air : 30°C, kecerahan : 25 cm sampai dasar perairan, warna air : jernih, kebauan : tidak berbau, minyak : tidak ada lapisan, sampah : ada tapi tidak signifikan.</p> <p>Parameter Kimia</p>

		<p>DO : 4,8 ppm, BOD₅ : 10 ppm, CO₂ : 73,3 ppm, nitrat : 10 mg/l, nitrit : 0,1 mg/l, pH air : 7,5, pH tanah : 6,2, salinitas : 0 ‰, sulfat : 0,00 ppm, mercury : 0,00 ppm, silica acid : 0,79 ppm, mangan : 0,00 ppm, Fe⁺ : 2 mg/l, H₂S : 0,001 mg/l.</p> <p>Parameter Biologi Tingkat Kesuburan/Pencemaran IS : +0,40 dan ITS : +0,80. Alpha-Beta-Meso Saprobiik (Tercemar ringan , sedang s/d berat)</p>
4	Saluran air di dekat Bahari Inn, Plaza Hotel, Rita Mall	<p>Parameter Fisika Suhu air : 32°C, kecerahan : 27 cm, warna air : hijau tua, bebauan : tidak berbau, minyak : tidak ada, lapisan sampah : ada tapi tidak signifikan</p> <p>Parameter Kimia DO : 4,8 ppm BOD₅ : 9 ppm CO₂ : 60 ppm Nitrat : 50 mg/l, Nitrit : 0,2 mg/l, pH air : 7,5, pH tanah : 6,2, Salinitas : 0 ‰, Sulfat : 0,00 ppm, Mercury : 0,00 ppm, Silica acid : 0,00 ppm, Mangan 0,00 ppm Fe" 1 mg/i H,S : 0,001 mg/l.</p> <p>Parameter Biologi Tingkat Kesuburan/Pencemaran IS : +0,40 dan ITS : +0,80, Alpha-Beta Meso Saprobiik (Tercemar ringan , sedang s/d berat)</p>
5	Sungai Kemiri (Terminal Bus, Peternakan Unggas)	<p>Parameter Fisika Panjang : 25 km, DAS : 63,50 km, debit air : 150-350 km/dtk, suhu air : 30°C, kecerahan : 30 cm, warna air :hijau tua kekuningan, kebauan : tidak berbau, minyak : tidak ada lapisan, sampah : ada, tidak signifikan.</p> <p>Parameter Kimia DO : 4,8 ppm, BOD₅ : 10 ppm, CO₂ : 29,7 ppm, nitrat : 30 mg/l, nitrit : 0,1 mg/l, pH air : 8,0, pH tanah : 6,9, salinitas : 27 ‰, sulfat : 0,00 ppm, mercury : 0,00 ppm, silica acid : 0,00 ppm, mangan : 0,00 ppm, Fe⁺ : 1 mg/l, H₂S : 0,001 mg/l.</p> <p>Parameter Biologi Tingkat Kesuburan/Pencemaran IS : +1,50 dan ITS : +0,80. Beta Meso-Oligo</p>

		Saprobik (Tidak tercemar, tercemar ringan s/d sedang)
6	Sungai Kaligangsa Wetan (Pertanian, Pemukiman, Home Industri)	<p>Parameter Fisika Panjang : 30 km, DAS : 93,62 km, debit air : 200 -363 km/dtik, suhu air : 33°C, kecerahan : 35 cm, warna air : hijau tua kekuningan, kebauan : tidak berbau, minyak : tidak ada lapisan, sampah : nihil.</p> <p>Parameter Kimia DO : 7,2 ppm, BOD₅ : 10 ppm, CO₂ : 29,7 ppm, nitrat : 30 mg/l, nitrit : 0,1 mg/l, pH air : 8,3, pH tanah : 6,9, salinitas : 20 ‰, sulfat : 0,000 ppm, mercury : 0,00 ppm, silica acid : 0,02 ppm, mangan : 0,00 ppm, Fe⁺ : 1 mg/l, H₂S : 0,001 mg/l.</p> <p>Parameter Biologi Tingkat Kesuburan/Pencemaran IS : +1,50 dan ITS : +0,90, Alpha-Beta-Meso-Oligo Saprobik (Tidak tercemar, s/d tercemar ringan)</p>

Tabel 3. Hasil pengamatan Parameter Biologi

Kelompok Organisme	Jenis	Jumlah Organisme di Setian Lokasi Pengamatan					
		1	2	3	4	5	6
A. Poly saprobik	-Zoogloea ramigera					20	
	-Sarcina Paludoan		30				60
	-Sterpcococcus margariceacus	85	20		20		
	-Beggiacoon alba						
	-Chlorobacterlum aggregatum		10				
	-Sphaeroilus nataus		30	30			70
	-Achromatium oxaliferum						
	-Chromacium okenii				10		
	-Oscillacoria putrida			20			
	-Trigonomonas compressa .						
	-Spirulina jenniferi	65	40	40			
	-Euglena viridis					80	
	-Bodo pucrinus						
	-Tetramitus pyriformis		30				
	-Illexoerigha caudata		30				
-Enchelys vermiularis						20	
-Claucoma scincillans							
-Trimyemn compressa					50		

	-Mecopus es				50		
	-Vorticella microscomn		40				
	-Saprodinium dencacum						
	-Caenomorpha medusula						
	-Colpidium colpoda						
	-Spaerotilus nacans		50	40			
	-Larva of eriscalis tenax						
	-Lampocryscis toseopersicina						
	-Rotarin nepcunia				10		
	-Pelomyxa pilustris			20			
	-Tubifex rivulorum				10		
	-Chironomus chummi		30				
	Jumlah	150	300	150	100	150	150
B. Alpha	-Lencomicus lacscua						
Meso	-Oscillatoria formosa						
Saprobik	-Nitzschia palen		120	90	70		
	-Chilomonas paraccium		100	60	50	20	
	-Hanzschia amphioxys		130	40	90		
	-Stephanodiscus hanczschii		70	70	30	10	40
	-Uronema marium	75	50	90	60	50	60
	-Chilodonella uncinaca		60	60	10		10
	-Closterium acerosum	60	100	60	70	50	
	-Colpoda cucullus		120	70	70	40	40
	-Anthophysa vegecans		140	60	60	10	50
	-Vorticella convallaria	45	100	70	80	30	
	-Stentor coeruleus		80	70	40		60
	-Stratiomys chanaeleon larva		70	60	50	40	
	-Spirostomum ambiguum	80	20	70	70	50	
	-Ilerpobdella atomaria	90	20	50	70	50	40
	-Sphaerium corneum		20	80	80		
	Jumlah	350	1200	1000	1350	350	300
C. Beta	-Ascerionella formosa					10	60
Meso	-Oscillatoria rubascens	150	40				130
Saprobik	-Oscillatoria redekei	120	30				
	-Kelosira varians			10		20	
	-Coleps hircus	150	30			5	
	-Scenedesmus quadricauda			30			70
	-Aspidisca lyncrus			20	50		15
	-Pedistrum bocyanum	130	60			20	120
	-Euplotes charon			5	10	5	90
	-Vorticella campanula	150				15	

	-Synura uvella	130					
	-Tabellaria fenescraca					15	130
	-Paramecium bersaria	110		30	40		60
	-Uroglena volvox		40				90
	-Sfilaria lacustris	100					
	-Polycelis cornuta	100		10	60		100
	-Hydropsyche lepida			20			95
	-Cloeon dipterum larva	110		20			
	-Spirogyra crassil					10	
	-Bracionus urceus						50
	-Cladophora crispaca				40	5	90
	-Actinosphaerium eichhorni			10		5	
	Jumlah	1250	200	200	200	110.	1100
D. Oligo Saprofik	-Cyclotella hodanica	15			30	10	5
	-Synedra acus var. Angustissima						10
	-Micrasterias truncata	10				10	
	-Halteria cirrifera	20				20	10
	-Suralella spiralin						20
	-Tabellaria llocculosn	10	130			25	
	-Bulboelinete mirabilis	15				5	30
	-Stobidinopsis gyrans			70		10	10
	-Staurastum punctulatum	30					5
	-Ulothrix zonatn	20				15	30
	-Mallomonas caudata					20	
	-Vorticella nebulifern var Similis	10	70			25	40
	-Cladiphora glomeratn	10				10	
	-Euastrum oblongum	5		80			10
	-Fontanilia antipyretica	10				10	
	-Planaria gonocephala				20		
	-Larvn of Oligoneurin rhenann	20				5	10
	-Larvn of perla bipuncrata						10
	-Notholca longispina	10				10	5
	-Bntraconpermum vagum	5					
	-Lemanen anulata					15	5
	-Ilolopedium gibberum	10					
	-Copepoda					20	
	Jumlah	200	200	150	50	200	200
E. Lain-lain	-Rhizosolenia	100	--	--	--	50	--
	Jumlah	100				50	

Keterangan : 1. Sungai Ketiwon, perbatasan Kab. Tegal, pemukiman dan home industri, 2. Sungai Gung Lama/Kolam Pelabuhan dekat Pelabuhan Niaga, 3. Saluran air Kejambon dekat RS Kardinah: 4. Saluran air di sebelah Bahari Inn/Plaza Hotel : 5. Sungai Kemiri, dekat terminal bus dan peternakan : 6. Sungai Kaligangsa Wetan, perbatasan Kab. Brebes, dekat pemukiman dan pertanian

Kondisi kualitas fisika-kimia air di lokasi penelitian dibandingkan dengan Baku Mutu Air baik Golongan A, B, C, maupun D yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Baku Mutu Air (Batas Nilai Maksimal yang Diperbolehkan)

Parameter	Golongan A (Air Minum)	Golongan B (Perikanan)	Golongan C (Pertanian)	Golongan D (Kebutuhan Biota Air)
Suhu air, °C	Normal	Normal	Normal	Normal
Warna air	Jernih	Jernih	Jernih	Jernih
Kecerahan, cm	---	---	---	---
Kebauan	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
Minyak	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
Sampah	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
DO, ppm	≥ 3	≥ 3	≥ 3	3
BOD ₅ , ppm	10	20	20	30
COD, ppm	20	30	30	50
CO ₂ , ppm	--	3 - 6	60	3 -60
Nitrat, ppm	10	10	10	10
Nitrit, ppm	Nihil	0,15	0,2	0,15
pH air	6,5 - 8,5	6,0 - 8,5	6,0 - 8,5	6,0 - 8,5
pH tanah	--	--	--	--
Salinitas, ‰	0	Tawar, laut	Tawar, laut	Tawar, laut
Sulfat, ppm	400	400	25	15
Mercury, ppm	0,001	0,002	0,005	0,005
Silica acid, ppm	0,001	0,001	0,02	0,002
Mangan, ppm	0,5	0,5	0,5	0,5
Fe ⁺ , ppm	1	2	2	3

Sumber : 1.Fardiaz, S., 2002, Pulolusi Air dan Udara

2. Cholik, A. dan R. Arifudin, 1986. Pengelolaan Kualitas Air Kolam Ikan.

Parmeter biologi yang menunjukkan tingkat kesuburan/pencemaran perairan dibandingkan dengan nilai tingkat kesuburan/pencemaran perairan kepentingan perikanan dan sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria Tingkat Saprobitas untuk Kelayakan Budidaya Perikanan

Nilai IS dan ITS	Tingkat Saprobitas	Indikator
≤-3 s.d -2	Poly Saprobik	Tercemar berat, perairan sulit dimanfaatkan, tidak cocok untuk

		budidaya perikanan
-2 s.d +0,5	Alpha Meso Saprobik	Tercemar sedang sampai berat, perairan sulit dimanfaatkan, tidak cocok untuk budidaya perikanan.
+0,5 s.d. + 1,5	Beta Meso Saprobik	Tercemar sedang sampai ringan, perairan dapat dimanfaatkan, cocok untuk budidaya kerang, tiram, rumput laut, ikan kakap dan ikan bandeng
+1,5 s.d. ≥ 3	Oligo Saprobik	Tercemar ringan sampai tidak tercemar, perairan sangat dapat dimanfaatkan, cocok untuk budidaya segala jenis biota perairan

Sumber : Lee, et al dan Knobs dalam Anggoro, 1998.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan kemiripan hasil pengamatan parameter kualitas airnya, secara umum badan perairan strategis di Kota Tegal dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori, yakni kelompok : 1) Sungai Ketiwon yang berbatasan dengan Kabupaten Tegal, Sungai Kemiri di dekat Terminal bus, dan Sungai Kaligangsa Wetan yang berbatasan dengan Kabupaten Brebes, 2) Saluran air di Kejambon di dekat R.S. Kardinah dan saluran air di sekitar Bahari Inn, Palza Hotel dan Rita Mall: 3) Sungai Gung/Kolam Pelabuhan di dekat Pelabuhan Niaga.

1. Sungai Ketiwon, Sungai Kemiri dan Sungai Kaligangsa Wetan

Kondisi kualitas fisika air dari ketiga sungai ini menunjukkan kandungan nitrat dan nitrit tinggi, yakni 20 — 30 ppm a batas maksimal yang dianjurkan 10 ppm. Kandungan nitrat 0,1 ppm berada sedikit di & maksimal untuk kegiatan per pertanian sebesar 0,15 ppm, namun tidak dipergunakan sebagai air mempersyaratkan kandungan: 0,000 ppm (nihil). yang cukup besar dengan keberadaan hulunya di Kabupaten Tegal dan Kabupaten Brebes bagian Selatan. Sungai ini menampung dan membawa sisa buangan aktivitas pertanian, perkebunan, peternakan dan rumah tangga. Hal tersebut menyebabkan terakumulasinya bahan organik maupun anorganik termasuk pupuk pertanian sehingga menyebabkan kadar nitrat dan nitritnya cukup tinggi. Dari parameter biologis, ketiga sungai tersebut masuk ke dalam kategori oligo saprobik sampai dengan beta meso saprobik. Hal tersebut diartikan untuk kepentingan - kegiatan perikanan maka kondisi air dari ketiga sungai tersebut masih dalam kondisi tidak tercemar sampai dengan tercemar ringan. Dengan demikian air dari ketiga sungai tersebut masih memungkinkan bagi kehidupan biota air. Jika akan digunakan untuk budidaya perikanan, terutama budidaya tingkat intensif maka sebaiknya dilakukan pengelolaan kualitas air secara baik melalui aersi maupun treatment lainnya agar tidak menimbulkan-masalah kesehatan bagi ikan yang dibudidayakan.

2. Saluran Air di Kejambon dan Saluran Air di dekat Bahari Inn

Kualitas fisika dan kimia air dari saluran air di Kejambon dekat R.S. Kardinah menunjukkan kandungan nitrat yang sama dengan batas maksimal yang diperbolehkan sebesar 10 ppm, sedangkan kandungan nitritnya 0,2 ppm sedikit di atas batas maksimal yang diperbolehkan untuk aktivitas perikanan sebesar 0,15 ppm dan sama dengan batas

maksimal untuk aktivitas pertanian sebesar 0,2 ppm. Untuk air minum tidak layak karena dipersyaratkan kandungan nitritnya harus nihil.. Hal tersebut juga didukung dari hasil pengamatan kandungan CO₂-nya yang menunjukkan angka cukup tinggi yakni sebesar 73 ppm melebihi batas maksimal yang diperbolehkan sebesar 60 ppm. Hal tersebut dimungkinkan, apabila dikaitkan dengan warna airnya yang jernih/tidak berwarna sehingga tidak banyak mengandung plankton.

Kondisi kualitas fisika-kimia air dari saluran air di dekt Bahari Inn, Plaza Hotel dan Rita Mall menunjukkan kandungan nitrat yang tinggi, yakni masing-masing 50 ppm jauh melebihi batas maksimal yang diperbolehkan sebesar 10 ppm, sedangkan kandungan nitritnya 0,2 ppm sedikit di atas batas maksimal yang diperbolehkan untuk aktivitas perikanan sebesar 0,15 ppm dan sama dengan batas maksimal untuk aktivitas pertanian sebesar 0,2 ppm. Untuk air minum tidak layak karena dipersyaratkan kandungan nitritnya harus nihil.. Warna airnya terlihat hijau tua dengan kecerahan 27 cm menunjukkan kandungan plankton yang tinggi.

Dari parameter biologis, ketiga sungai tersebut masuk ke dalam kategori alpha sampai dengan beta meso saprobik, yang berarti untuk kegiatan perikanan termasuk dalam kondisi tercemar ringan, sedang, sampai dengan tercemar berat. Dengan demikian meskipun air dari kedua sungai/saluran tersebut masih memungkinkan bagi kehidupan biota air, namun jika akan digunakan untuk budidaya perikanan, terutama budidaya tingkat intensif diperlukan pengelolaan kualitas air secara ketat dan memiliki resiko kegagalan yang besar.

3. Kolam Pelabuhan Niaga

Kondisi kualitas fisika-kimia air di kolam Pelabuhan Niaga menunjukkan keadaan yang tidak layak untuk aktivitas perikanan, pertanian, rumah tangga apalagi sebagai air minum. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya lapisan minyak di permukaannya meskipun tidak banyak, kondisi airnya pekat berwarna coklat tua ditandai dengan kecerahan airnya yang hanya 13 cm. Kandungan CO₂-nya tinggi sebesar 83 ppm berada di atas batas maksimalnya yakni 60 ppm. Demikian juga kandungan H₂S nya sebesar 0,2 ppm juga melebihi batas yang diperbolehkan sebesar 0,0001 ppm.

Dari parameter biologis, kondisi air di Kolam Pelabuhan Niaga termasuk dalam kategori alpha meso saprobik yang berarti tidak layak untuk dipergunakan dalam aktivitas perikanan dan termasuk dalam status tercemar sedang sampai dengan tercemar berat. Dengan demikian air dari kolam Pelabuhan Niaga tidak dianjurkan untuk dipergunakan dalam kegiatan perikanan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi kualitas fisika dan kimia air di badan perairan strategis di Kota Tegal yang dijadikan sampel penelitian menunjukkan bahwa kandungan nitrat, nitrit, dan CO₂-nya relatif cukup tinggi melebihi batas maksimum baku mutu air, dan H₂S yang cukup tinggi di peroleh di kolam Pelabuhan Niaga.
2. Dari parameter biologi untuk keperluan bidang perikanan, kondisi perairan Sungai Ketiwon, Kemiri dan Kaligangsa Wetan termasuk dalam kondisi tidak tercemar sampai

dengan tercemar sedang, Saluran air di Kejambon dekat Rumah Sakit Kardinah dan saluran air dekat Bahari Inn, Palza Hotel dan Rita Mall termasuk dalam kategori tercemar ringan, sedang dan mengarah ke tercemar berat, sedangkan perairan di kolam Pelabuhan Niaga masuk dalam kategori sudah tercemar ringan sampai berat.

3. Beberapa parameter fisika, khususnya nitrit, nitrat, COD di Kolam Pelabuhan Niaga ditambah dengan CO₂ menunjukkan kurang layak untuk dijadikan air minum. Jika akan dipergunakan sebagai air minum dilakukan treatment yang memadai. Dari parameter biologi dapat disimpulkan bahwa air dari Sungai Ketiwon, Kemiri dan Kaligangsa Wetan, serta saluran air di Kejambon dan saluran di dekat Bahari Inn masih dapat dipergunakan sebagai media budidaya perikanan, sedangkan air di Kolam Pelabuhan tidak layak digunakan untuk hal yang sama.

2 5.2 Saran

Hasil dari penelitian ini masih perlu dipertajam dengan kajian yang lebih komprehensif dan holistik, didukung dengan peralatan yang lebih lengkap untuk memperoleh gambaran kandungan logam berat yang ada di lokasi penelitian secara lebih memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, S. 1998. Analisis Trophik Saprobik (TROSAP) untuk Menilai Kelayakan Lokasi Budidaya Laut. Universitas Diponegoro Semarang.
- Cholik, F., Artati, dan R. Arifudin. 1986. Pengelolaan Kualitas Air Kolam. Direktorat Jenderal Perikanan Departemen Pertanian dan International Development Research Centre. Jakarta.
- Ekasanti, P. 2006. Pengelolaan Air Limbah di Indonesia dan Pengalaman Pengolahan Air Limbah pada UKM. Makalah pada Lokakarya Clean Development Mechanism untuk UKM Usaha Tahu.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Handayani, S.T., B. Suharto, dan Marsoedi. 2001. Penentuan Status Kualitas Perairan Sungai Brantas Hulu dengan Biomonitoring Makrozoobenthos : Tinjauan dari Pencemaran Bahan Organik. Biosain, 1 (1) : 30-38.
- Kantor Lingkungan Hidup Kota Tegal, 2000. Neraca Kualitas Lingkungan Hidup Kota Tegal. Pemerintah Kota Tegal.
- Manion, M., at al. 1992. Environmental Issues in The 1990 England. John Wiley and Sons.
- Nontji, A. 1986. Rencana Pengembangan Puslitbang Limnologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Bogor.
- Salim, E. 1991. Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Cetakan ke 8. Mutiara Sumber Widya. Jakarta.
- Soemarwoto, O. 2001. Atur Diri Sendiri. Paradigma Baru Pengelolaan Hidup. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.