

Pengaruh Rezim Hidrologi dan Karakterisasi Ekologis terhadap Kualitas Air (Studi Kasus Waduk Jatiluhur)

Effect of Hydrological Regime and Ecological Characterization on Dam Water Quality (Case Study : Jatiluhur Reservoir)

Lieza Corsita¹, Arwin², Barti Setiani Muntalif² dan Indah Rachmatiah S. Salami²

¹ Kandidat Doktor

² Jurusan Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

Email: clieza@yahoo.com

ABSTRAK

Waduk multiguna Jatiluhur digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), sumber air baku air minum, pengendalian banjir dan irigasi, mulai mengalami penurunan daya dukung lingkungan dan fungsi waduk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rezim hidrologi dan karakterisasi ekologis yang mempengaruhi kualitas air. Penelitian ini secara umum menggunakan data sekunder yang tersedia pada Perum Jasa Tirta II (PJT) Jatiluhur, BPDAS Citarum-Ciliwung dan PSDA Provinsi Jawa Barat dengan kurun waktu 10 (sepuluh) tahun untuk pengambilan data hidrologi. Penelitian pengambilan sampel air dilaksanakan pada waduk Jatiluhur yang berlangsung mulai dari bulan Oktober tahun 2010 sampai dengan bulan April tahun 2011 pada 6 (enam) stasiun pengamatan dengan pengambilan sampel air berdasarkan kedalaman. Parameter kualitas perairan yang diukur adalah suhu, kecerahan, intensitas cahaya, pH, O₂, CO₂, klorofil-a, fitoplankton, alkalinitas, nitrat, nitrit, total nitrogen, total fosfat, COD dan logam Pb. Penyebaran parameter fisika dan kimia perairan, serta kelimpahan-biomassa fitoplankton (dinyatakan sebagai konsentrasi klorofil-a) yang bervariasi dari setiap stasiun pengamatan dan pengaruh faktor iklim dapat ditentukan dengan menggunakan suatu pendekatan analisis statistik *multivariate*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rezim hidrologi di waduk Jatiluhur bersifat acak dan stokastik yang dipengaruhi oleh perubahan iklim moonson dengan fenomena global kejadian La Nina di tahun 2010 dan awal tahun 2011 yang mengakibatkan kecenderungan tren kenaikan curah hujan dan debit inflow. Karakterisasi kualitas ekologi perairan di waduk Jatiluhur menggunakan pendekatan indeks dominansi dan status trofik. Perhitungan indeks dominansi dan keanekaragaman menunjukkan bahwa fitoplankton di waduk Jatiluhur didominasi oleh spesies tertentu dan memiliki keanekaragaman dan kestabilan rendah dan tercemar sedang, sedangkan indeks status trofik menunjukkan status waduk Jatiluhur masuk dalam kategori Eutrofikasi (terindikasi terjadi pencemaran air). Beberapa parameter kualitas air melebihi baku mutu standar yaitu parameter COD dan logam Pb terlarut. Hasil uji statistik *multivariate* menggunakan fungsi kanonik menunjukkan bahwa beberapa parameter kualitas air saling berkorelasi positif dengan komponen hidrologi yaitu debit dan tinggi muka air di waduk Jatiluhur.

Kata kunci: rezim hidrologi, status trofik, indeks dominansi

Abstract: *Jatiluhur multipurpose reservoirs used for Hydroelectric Power Plant (HEPP), water resources of drinking water, flood control and irrigation, began to decline in the carrying capacity of the environment and the function of the reservoir. This study aims to analyze the hydrological regime and ecological characterization that affect water quality. This study using secondary data available on Perum Jasa Tirta II (PJT) Jatiluhur, BPDAS Citarum-Ciliwung and natural resource management in West Java Province to the time period of 10 (ten) years for hydrological data collection. Research conducted water sampling at Jatiluhur reservoir which lasts from October of 2010 until April of 2011 at the 6 (six) observation stations with water sampling berdasarkan depth. Water quality parameters measured were temperature, brightness, light intensity, pH, O₂, CO₂, chlorophyll-a, phytoplankton, alkalinity, nitrate, nitrite, total nitrogen, total phosphorus, COD and metals Pb. Deployment of physical and chemical parameters of waters, as well as an over-abundance of phytoplankton biomass (expressed as the concentration of chlorophyll-a), which varies from observation stations and the influence of climatic factors can be determined by using a multivariate statistical analysis approach. The results showed that the hydrological regime in the reservoir Jatiluhur is random and stochastic. The Moonson affected*

by climate change with global phenomenon La Nina events in 2010 and early in 2011 that resulted in a tendency upward trend in rainfall and discharge inflow. The ecological characterization in the reservoir Jatiluhur using dominance index approach and trophic status. Dominance and diversity index calculations showed that the phytoplankton in the reservoir Jatiluhur dominated by a particular species diversity and stability is low and medium polluted, while the index of trophic status indicates the status of the Jatiluhur reservoir into the category of eutrophication (water pollution occurs is indicated). Several water quality parameters exceeded the standard quality parameters and metals Pb dissolved COD. The results of multivariate statistical tests using a canonical function showed that some water quality parameters correlated positively with the hydrological component of the discharge and the water level in the reservoir Jatiluhur.

Keywords: Hidrologi regime, Trophic Status index, Dominance Index

1. PENDAHULUAN

2. Waduk adalah perairan semi tertutup dan merupakan bentuk perairan yang dibuat oleh manusia untuk keperluan tertentu. Situ, rawa, dan waduk masuk dalam kategori danau yang memiliki multi fungsi baik secara ekologi maupun fungsi sosial, ekonomi dan budaya. Pembangunan waduk di Indonesia dimulai dengan dibangunnya waduk kaskad di DAS Citarum bagian hilir yaitu waduk Ir.H.Djuanda (Jatiluhur) pada tahun 1967, yang mempunyai luas genangan maksimum 8300 ha dengan kedalaman maksimum 107 m. Menurut Komisi Dam Dunia Bendungan dan Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2010 tentang Bendungan, dinyatakan bahwa waduk besar adalah bila tinggi bendungan lebih dari 15 m dengan daya tampung minimal 500.000 m³ sehingga waduk Jatiluhur masuk dalam kategori waduk besar. Kemudian tahun 1985 dan 1986 dibangun waduk Saguling dan Cirata dibagian atas waduk Jatiluhur sehingga ketiga waduk ini disebut dengan waduk kaskad Citarum.
3. Perubahan iklim dan cuaca mempengaruhi variabel utama siklus hidrologi terutama curah hujan dimana sangat berkorelasi dengan temperatur udara. Perubahan iklim telah diteliti selama ini mempunyai dampak yang signifikan terhadap sumber

daya air dalam daerah sub-tropis maupun tropis (IPCC, 2007; Park dkk, 2011) di benua Afrika maupun Asia baik secara kuantitas maupun kualitas (Kranz dkk., 2010; Park dkk., 2010; Teegavarapu, 2010; Eiji, 2007 dan Kang dkk., 2007). Dampak perubahan iklim pada desain infrastruktur sumber daya air secara hidrologi dan manajemennya dapat menjadi tantangan baru bagi para hidrologist dan pengelola sumber daya air mengingat banyak perhitungan dalam pengelolaan sumber daya air tidak memperhatikan perubahan iklim pada input data hidrologi sehingga mempengaruhi perilaku sistem dan aturan operasional (Teegavarapu, 2010). Fungsi siklus hidrologi dalam rangka pengelolaan sumber daya air sangat tergantung oleh iklim yang dipengaruhi oleh faktor kosmik, regional dan lokal (tutupan lahan).

4. Jika dikaitkan fungsi Waduk Jatiluhur yang multi guna, waduk Jatiluhur merupakan penyokong utama sebesar 80% kebutuhan air baku untuk DKI Jakarta (Tamim, 2007). Waduk Jatiluhur memasok air baku Jakarta sebesar 16,5 m³/detik. Air yang berasal dari Jatiluhur dibagi di Bendung Curug ketiga arah, yaitu Tarum Barat, Tarum Utara, dan Tarum Timur. Saluran yang menuju Jakarta adalah saluran

Tarum Barat yang merupakan saluran terbuka yang memiliki kapasitas saluran sebesar 82 m³/detik saat dipompakan dengan pompa hidraulik di bendungan Curug. Kapasitas saluran Tarum Barat cenderung berkurang karena adanya sedimentasi pada dasar saluran. Air pada Saluran Tarum Barat ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, domestik, dan industry. Oleh karena itu direncanakan pengembangan air minum oleh Departemen Pekerjaan Umum pada tahun 2012 bahwa penyediaan air minum untuk wilayah DKI Jakarta & Bekasi sebesar 15.000 l/detik dari IPA Curug, dengan sumber air baku berasal dari *upstream* Bendungan Curug-Waduk Multiguna Jatiluhur. Berdasarkan perhitungan dari Badan Regulator Pelayanan Air Minum (BR-PAM) DKI Jakarta, menurut Ali (2007) defisit air baku terhadap total kebutuhan air bersih dalam 5 tahun terakhir sudah dalam keadaan yang sangat mengkhawatirkan. Hal ini diakibatkan semakin tingginya kebutuhan air untuk keperluan pertanian, perkotaan dan industri di sepanjang saluran Tarum Barat/Kali Malang serta akibat perubahan iklim dan tataguna lahan pada wilayah tangkapan air (*catchment area*) Waduk Jatiluhur, Cirata dan Saguling di bagian hulu.

5. Waduk multiguna Jatiluhur digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), sumber air baku air minum, pengendalian banjir dan irigasi, mulai mengalami penurunan daya dukung lingkungan dan fungsi waduk (Rizka dkk., 2008). Adanya erosi di bagian hulu menyebabkan inlet waduk semakin keruh pada musim kemarau (Hilda dkk., 2007). Selain

itu hasil analisis studi keramba jaring apung yang sudah berjalan cukup lama pada tahap II tahun 2007 di Waduk Jatiluhur, menunjukkan adanya fluktuasi pada semua parameter yang diukur. Selain itu ditemukan indikasi pencemaran logam berat pada waduk di kaskad Citarum yaitu Waduk Cirata dan Saguling dimana berdasarkan hasil penelitian Badan Pengelola Waduk Cirata (BPWC) pada triwulan I-2008, kadar timbal di sejumlah lokasi penelitian mencapai 0,04 mg/liter, sedangkan kadar tembaga mencapai 0,03 mg/liter. Nilai ambang batas ideal untuk air baku minum, perikanan, serta PLTA, berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 39 Tahun 2000 tentang Baku Mutu Air adalah 0,02 mg/liter untuk tembaga dan 0,03 mg/liter untuk timbal.

6. Fungsi lain waduk selain sebagai sumber air baku atau tempat untuk menampung air menurut Suwignyo (1996), juga merupakan suatu ekosistem perairan tawar produktif dimana produktivitasnya didominasi oleh fitoplankton. Tingkat kesuburan atau produktivitas perairan dapat ditentukan dengan adanya kelimpahan dan biomassa fitoplankton sebagai produsen primer dalam perairan. Penurunan kualitas perairan ditandai pula dengan adanya perubahan-perubahan struktur komunitas biota air dan munculnya dominasi suatu jenis biota air. Hal serupa terjadi juga pada perairan Waduk Jatiluhur. Melimpahnya salah satu jenis biota air, khususnya fitoplankton dapat mengakibatkan gangguan pada rantai makanan (*food web*), kurang dimanfaatkan oleh zooplankton serta ikan, dan juga kondisi perairan mengalami

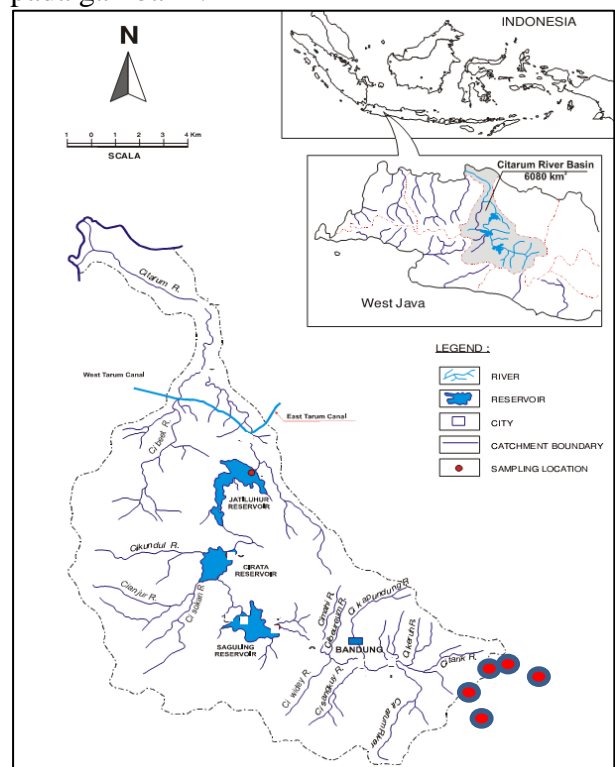
penurunan sebagai akibat adanya racun (toksin) yang ditimbulkan oleh jenis fitoplankton tertentu (Eun, 2006). Hasil analisis penelitian di Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur menyatakan bahwa 55 genera dari kelas fitoplankton terdapat di perairan waduk tersebut. Jenis fitoplankton ini dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menunjukkan kualitas air Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur yang telah mengalami proses eutrofikasi, yaitu *cultural eutrophication* (Prabandani, 2006; Prihadi, 2005 dan Umar, 2003). Menurut Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan dalam laporan tahun 2009, kelimpahan plankton di Waduk Jatiluhur didominasi kelas *Dinophyceae*, *Chlorophyceae* dan *Cyanophyceae*. Tingginya kelimpahan fitoplankton dikarenakan daya toleransinya yang tinggi terhadap kondisi perairan. Diduga salah satu faktornya adalah mulai meningkatnya konsentrasi nutrient di lokasi Keramba Jaring Apung (KJA). Oleh karena itu diperlukan penelitian rezim hidrologi dan kuantitas serta kualitas air di Waduk Jatiluhur dalam rangka memenuhi kebutuhan air baku untuk air minum bagi masyarakat perkotaan di kawasan Jakarta dan Bekasi.

Metode Penelitian

Penentuan Stasiun Pengamatan dan sumber data

Penelitian ini secara umum mencakup 3 (tiga) waduk kaskad Citarum yang terletak dalam DAS Citarum menggunakan data sekunder yang tersedia pada Perum Jasa Tirta II (PJT) Jatiluhur, BPDAS Citarum-Ciliwung dan PSDA Provinsi Jawa Barat dengan kurun waktu 10 (sepuluh) tahun untuk pengambilan data hidrologi. Penelitian pengambilan sampel air

dilaksanakan pada waduk Jatiluhur yang berlangsung mulai dari bulan Oktober tahun 2010 sampai dengan bulan April tahun 2011 dengan pengecualian pada bulan Desember tahun 2010 tidak dilakukan pengambilan sampel air diakibatkan kondisi cuaca yang tidak memungkinkan. Secara geografis DAS Citarum terletak pada $106^{\circ}51'36''$ - $107^{\circ}51$ BT dan $7^{\circ}19'$ - $6^{\circ}24'$ LS. Wilayah DAS memanjang dari bagian hulu di selatan Kabupaten Bandung ke hilir menuju utara pantai Jakarta. Peta lokasi studi seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian yang terletak pada DAS Citarum dan Waduk Jatiluhur

Titik sampling atau pengambilan contoh pada 6 stasiun pengamatan untuk pengambilan sampel kualitas air dilakukan metode stratified sampling secara horisontal dan vertikal. Penentuan titik sampling secara horisontal didasarkan pada arah aliran air sungai yang membawa massa air masuk ke perairan waduk Jatiluhur. Sedangkan penentuan titik sampling secara vertikal berdasarkan perbedaan kedalaman pada lapisan epilimnion dan hipolimnion, yaitu

kedalaman 0 m, 2 m, 8 m dan dasar (bervariasi di tiap stasiun) (Nastiti dkk., 2003; Pratiwi, 2006; Tjahjo dan Purnamaningtyas, 2008).

Analisis kuantitas, kualitas air dan statistik

Pada penelitian ini digunakan beberapa alat ukur dan pengambilan contoh air. Parameter kualitas perairan yang diukur adalah suhu, kecerahan, intensitas cahaya, pH, O₂, CO₂, klorofil-a, alkalinitas, nitrat, nitrit, total nitrogen, total fosfat, COD dan logam Pb berdasarkan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) tahun 2005 dan *American Public Health Association* (APHA) tahun 1998. Parameter biologi yaitu fitoplankton dianalisis dengan menggunakan pedoman kerja analisis Alga (Edmonson, 1963; Mizuno, 1979; Prescott, 1970 dan Reynolds, 1984 dalam Prabandani, 2006). Alat ukur tersebut digunakan untuk mengukur kualitas perairan, baik secara langsung di lapangan maupun analisis di laboratorium. Alat ukur yang digunakan meliputi *global positioning system* (GPS), termometer, *secchi disc*, *water sampler*, pH-meter, TDS meter, DO meter, *plankton net* dan *Conductivity-meter*. Pengukuran konsentrasi logam berat pada sampel air dilakukan menggunakan metode ekstraksi asam pekat dan spektrofotometri dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Konsentrasi logam berat pada air (mg/l) dengan analisis menggunakan prosedur dari ASTM-STP tahun 1997 (Sudarso dkk, 2001).

Menurut Santhanam dan Raj (2010) dan Popovicova (2009) nilai kejernihan air (kedalaman *Secchi Disk*), klorofil-a, total fosfat dan total nitrogen diubah secara log transformasi yang menghasilkan nilai indeks yang ekuivalen dengan skala numerik antara 0 sampai 100 yang menunjukkan salah satu karakteristik ekologi suatu perairan atau dinyatakan dengan status trofik. Perhitungan tiap indeks dalam *Trophic State Index* (TSI)

menggunakan persamaan dibawah ini dimana TSI adalah status trofik, TS adalah konsentrasi total fosfat (µg/L), SD adalah kedalaman *Secchi disk* (m), TN = konsentrasi total nitrogen (total inorganic nitrogen) (µg/L) dan Chl-a = konsentrasi Chlorofil-a (µg/L)

$$TSI (SD) = 60 - 14,4 \ln(SD) \dots \dots \dots (1)$$

$$TSI (TP) = 14,42 \ln(TP) + 4,15 \dots \dots \dots (2)$$

$$TSI (TN) = 54,45 + 14,43 \ln(TN) \dots \dots \dots (3)$$

$$TSI (Chl - a) = 9,81 \ln(Chl - a) + 30,6 \dots \dots \dots (4)$$

$$Total TSI = \frac{TSI (SD) + TSI (TP) + TSI (TN) + TSI (Chl - a)}{4} \dots \dots (5)$$

- 1) Penyebaran parameter fisika dan kimia perairan, serta kelimpahan-biomassa fitoplankton (dinyatakan sebagai konsentrasi klorofil-a) yang bervariasi dari setiap stasiun pengamatan dan pengaruh faktor iklim dapat ditentukan dengan menggunakan suatu pendekatan analisis statistik *multivariate* peubah ganda (Prabandani, 2006; Matteau dkk., 2009 dan Mantel dkk., 2010). Peramalan atau forecasting debit aliran masuk waduk dapat digunakan dengan pendekatan pemodelan deret waktu yang meramal nilai karakteristik tertentu pada periode ke depan. Hal ini dikarenakan bahwa pemodelan deret waktu merupakan dasar dari peramalan yang rasional, efektif, dan efisien. Salah satu teknik pemodelan deret waktu yang dapat digunakan adalah metode *moving average*. Metode ini telah banyak digunakan dalam berbagai

penelitian sehingga menjadi sangat relevansuatu fenomena alam dijadikan kajian peramalan untuk debit aliran sungai dengan menggunakan metode moving average.

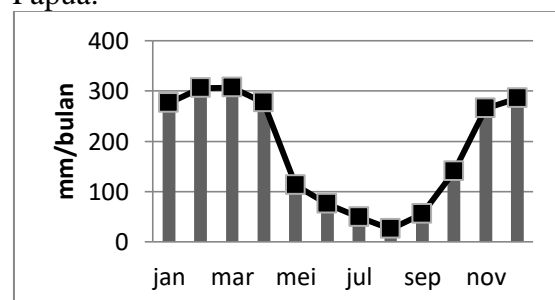
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Rezim Hidrologi di Waduk Jatiluhur

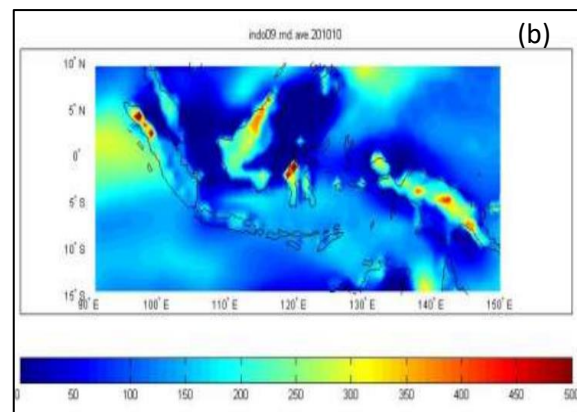
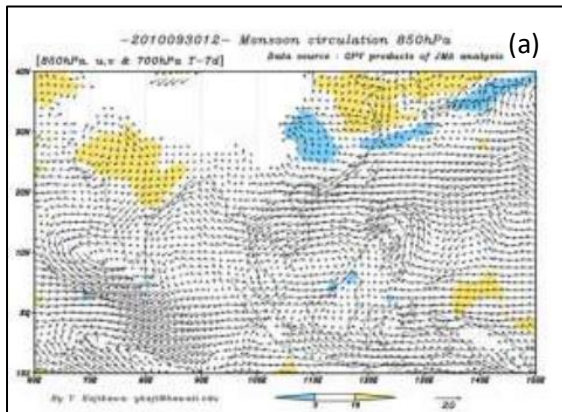
Hasil analisis curah hujan wilayah berdasarkan olah data 3 disajikan pada gambar 1 dengan gambaran umum rerata tahunan curah hujan wilayah DAS Citarum adalah 2176 mm/th yang sesuai dengan ciri curah hujan di wilayah Jawa Barat antara 2000–3000 mm/th. Dampak El Nino pada DAS Citarum dapat terlihat pada rendahnya curah hujan pada tahun 2006 sebesar 1462 mm dengan 7 bulan kering (5 bulan kering 35 berturut-turut) dan menyisahkan 2 bulan basah, mengakibatkan sebagian petani di daerah hulu tidak dapat mengusahakan sawahnya sehingga areal persawahan dialihfungsikan sementara untuk tanaman pertanian lahan kering lainnya. Anomali La Nina terakhir di Indonesia pada tahun 1999. Adanya anomali iklim tersebut memberikan suatu peringatan agar pengelolaan DAS Citarum harus dilakukan secara teratur dan berkesinambungan karena kondisi saat ini yang lebih didominasi oleh kawasan pertanian akan sangat mudah mengalami degradasi apalagi jika kegiatan pertanian dilakukan tanpa memperhatikan kaidah konservasi tanah dan air. Wilayah DAS yang telah mengalami degradasi akan sangat peka terhadap penyimpangan iklim yang terjadi pada wilayah tersebut. Curah hujan bulanan terendah yang terjadi pada DAS Citarum adalah 0 mm sedangkan curah hujan tertinggi 554 mm, sedangkan berdasarkan rerata bulanan dari tahun 2002-2009, curah hujan terendah pada bulan agustus sebesar 26 mm dan tertinggi pada bulan maret sebesar 308 mm (gambar 1). Hasil ini menunjukkan ciri umum dari gejala curah hujan di Indonesia yang termasuk dalam Zona Iklim tropis dengan

ciri variasi musiman dimana curah hujan sangat tinggi saat musim hujan dan sangat rendah saat musim kemarau (Park dkk, 2011).

Berkaitan dengan penyediaan air baku untuk air minum maka perlu dipahami dampak iklim global terhadap curah hujan di Indonesia khususnya di DAS Citarum berupa anomali iklim El Nino dan La Nina (Marganingrum dkk, 2009; Syariman dan Heru, 2011; Park dkk, 2011). Menurut Irawan (2006) menyatakan bahwa kejadian El Nino biasanya diikuti dengan penurunan curah hujan dan peningkatan suhu udara, sedangkan kejadian La Nina merangsang kenaikan curah hujan di atas curah hujan normal. Fenomena ini dapat dilihat dari gambar 2(a) yang menunjukkan pola angin Monsoon selama bulan September bergerak dari timur di sepanjang Laut Arafura, Nusa Tenggara dan Jawa yang mengandung uap air. Gambar 2(b) juga menunjukkan bahwa selama September tahun 2010, angin timur di wilayah selatan Indonesia tampak homogen. Di Samudera Pasifik terjadi La Nina. Pada pekan ketiga September tahun 2010, terjadi ekstrim basah di wilayah Pulau Jawa dan Nusa Tenggara. Prediksi Oktober, La Nina cenderung terus berlangsung, sehingga wilayah benua maritim Indonesia cenderung lebih basah dari normal. Berdasarkan model, curah hujan meningkat, terutama di bagian barat Pulau Sumatra, bagian Barat Pulau Kalimantan, Sulawesi Selatan, dan sebagian besar Papua.



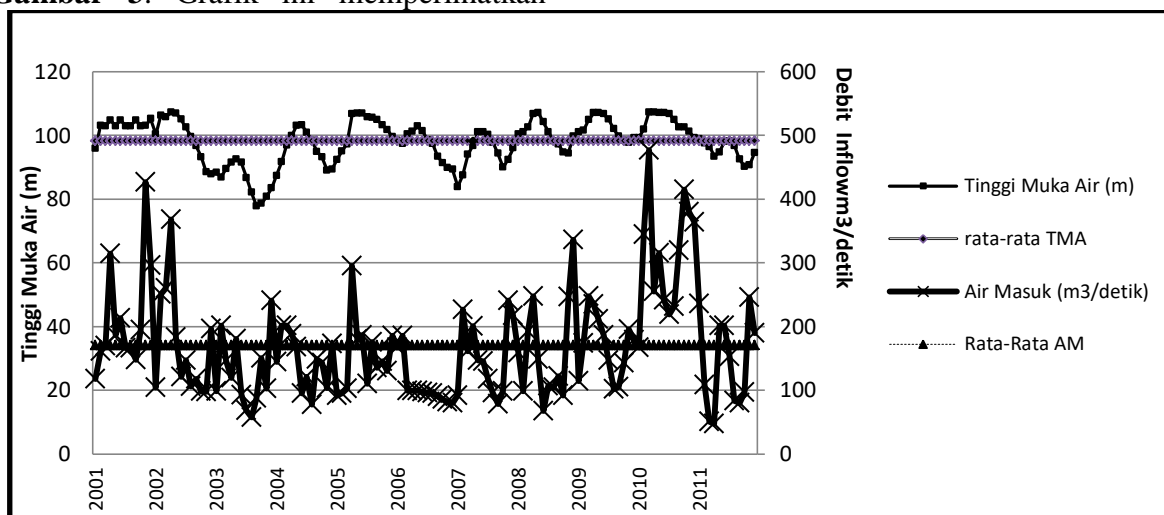
Gambar 1. Hujan rata-rata bulanan di Waduk Jatiluhur



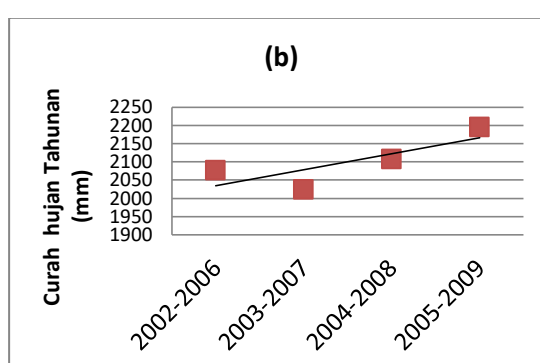
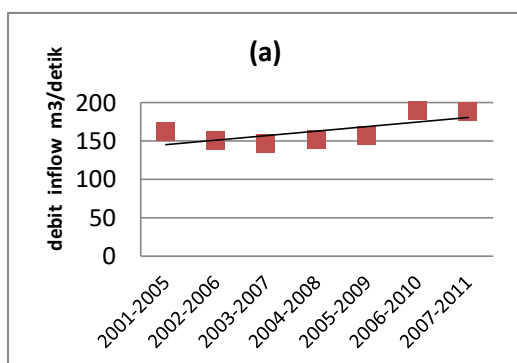
Gambar 2. Pola Iklim Monsoon di Indonesia bulan September Tahun 2010 (a) dan Prediksi Curah Hujan Bulan Oktober Tahun 2010 Hasil Luaran Model DARLAM- LAPAN (b)

sekaligus membuktikan bahwa visi hidrologi menyatakan bahwa komponen hidrologi bersifat acak dan stokastik (Liu dan Cui, 2011). Ekstremitas debit inflow terjadi pada tahun 2003 dimana terjadi debit inflow minimum dan tahun 2010 terjadi debit inflow maksimum dalam kurun waktu 10 tahun.

Debit tahunan dan tinggi muka air Waduk Jatiluhur (2001 - 2011) dapat dilihat pada Gambar 3. Grafik ini memperlihatkan



Gambar 3. Debit inflow dan Tinggi Muka Air di Waduk Jatiluhur Tahun 2001 – 2011



Gambar 4. Moving average 5 tahunan Debit Inflow (a) dan Curah Hujan (b) di Waduk Jatiluhur

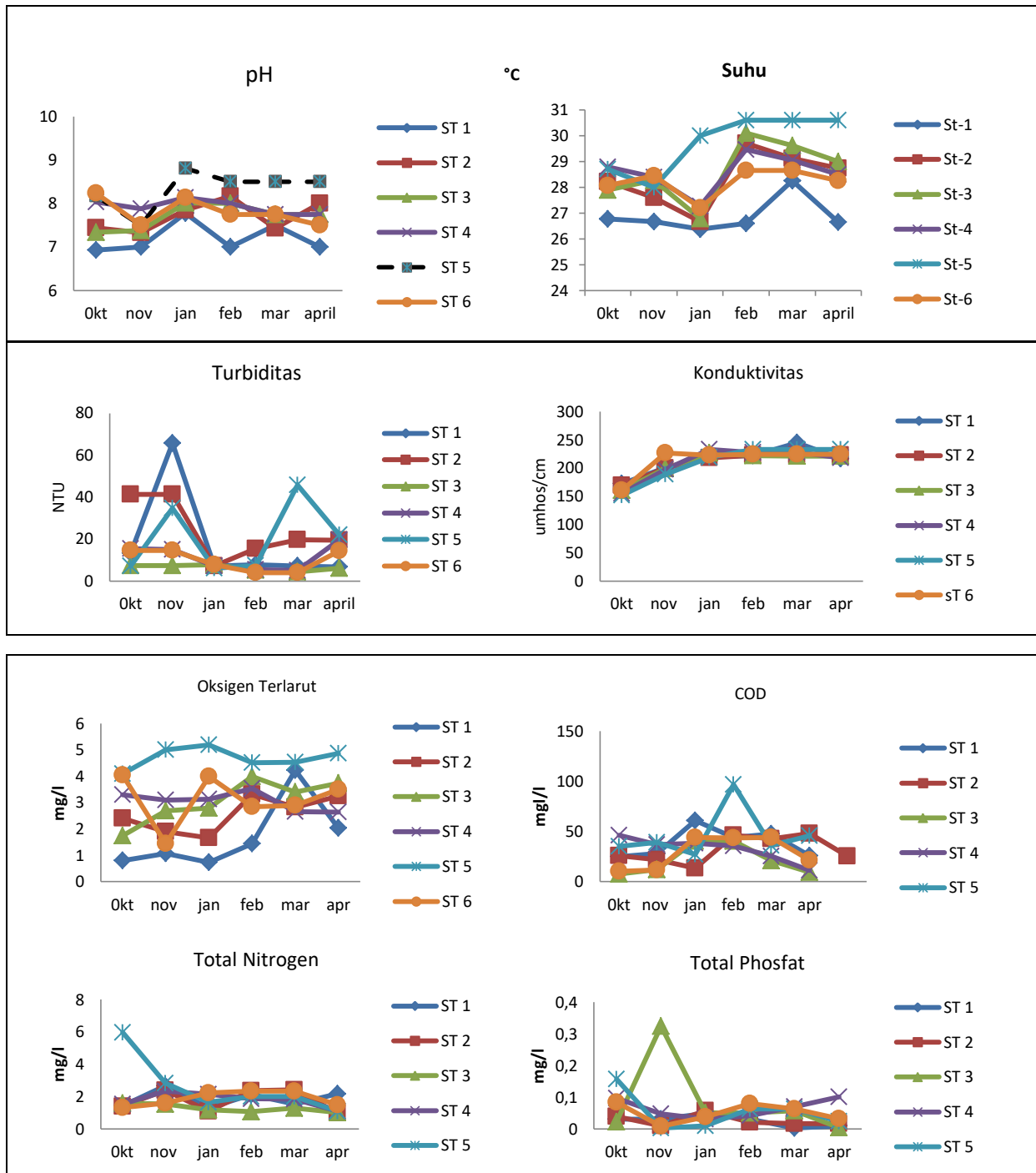
Kecerendungan atau trend yang terjadi pada debit inflow dan curah hujan di waduk Jatiluhur dapat ditunjukkan dari hasil perhitungan moving average 5 (lima) tahunan. Gambar 4 menunjukkan bahwa terjadi tren kenaikan debit inflow dan curah hujan dalam kurun waktu 10 (sepuluh) tahun yaitu mulai tahun 2001 sampai dengan tahun 2011. Ini menunjukkan bahwa rezim hidrologi di waduk Jatiluhur sangat dipengaruhi oleh dengan perubahan iklim yang terjadi secara global di Indonesia oleh iklim monsoon bersifat acak dan stokastik.

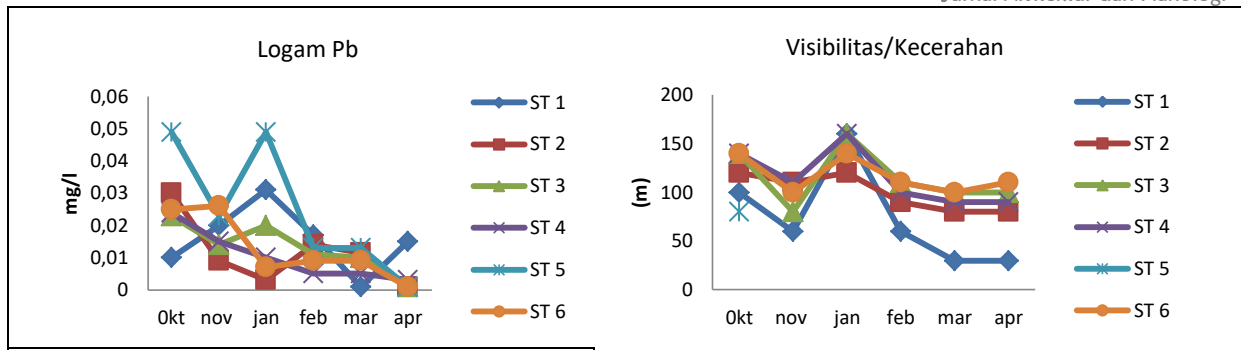
Kondisi Eksisting Kualitas Lingkungan Perairan di Waduk Jatiluhur

Waduk Jatiluhur mempunyai variasi hasil pengukuran kualitas air yang berbeda-beda di setiap stasiun pengamatan (Gambar 6). Suhu di waduk Jatiluhur berkisar antara 26,5 °C sampai 30,5°C. Suhu terendah terjadi di daerah Parung Kalong (hulu waduk Jatiluhur) dan tertinggi di daerah outlet Sungai Cilalawi. Derajat keasaman (pH) berkisar antara 7,0 sampai 9,0 unit. Derajat pH menggambarkan kemampuan suatu badan air untuk menetralkan ion hidrogen yang masuk ke badan air (Effendi, 2003 dalam Thahjo dan Purnamaningtyas, 2008). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH berkisar 7 sampai 8,5. Hasil pengamatan pH relatif sama dengan kondisi perairan di tahun 1983, 2004, 2005 dan 2006 (Thahjo dan Purnamaningtyas, 2008).

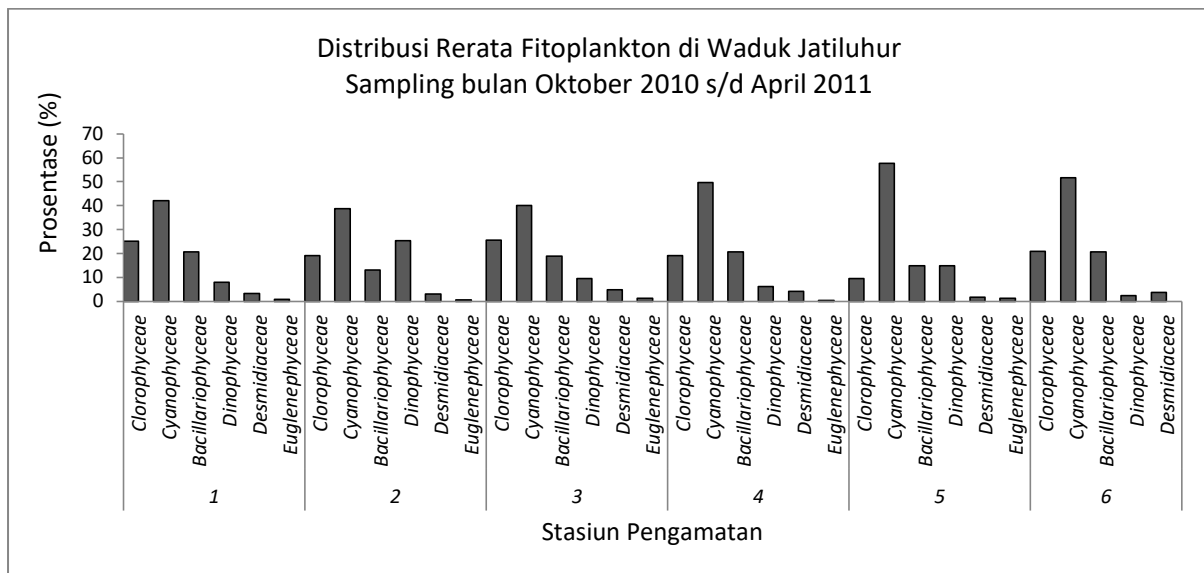
Gambar 6 menunjukkan kondisi konsentrasi oksigen terlarut di waduk

Jatiluhur berkisar antara 1 mg/l sampai 5,5 mg/l. Oksigen terlarut merupakan parameter penting yang menentukan kualitas air. Stasiun terendah yang memiliki tingkat oksigen terlarut adalah stasiun 1 dan 2 yang terletak dibagian inlet waduk Jatiluhur. Hal ini disebabkan masukan dari waduk Cirata yang membawa material organik sehingga di stasiun 1 dan 2 terjadi penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dimana proses penguraian memerlukan kadar oksigen. Masukan kadar organik dari Waduk Cirata yang tinggi disebabkan akibat kegiatan budi daya perikanan yang jauh lebih besar dibandingkan daya dukung perairan (Thahjo dan Purnamaningtyas, 2008). Parameter lainnya yaitu Turbiditas, Konduktivitas, Total Nitrogen, Total Phosfat dan Visibilitas menunjukkan pola variansi yang cukup sama di setiap stasiun pengamatan. Parameter yang melampaui baku mutu kelas I berdasarkan PP no 82 tahun 2001 tentang Standar Kualitas Air adalah parameter COD dan logam Pb. Stasiun yang memiliki kadar COD dan logam Pb tertinggi terletak pada daerah inlet waduk Jatiluhur dan outlet Sungai Cilalawi. Adanya variabilitas data kualitas air dapat dipengaruhi oleh komponen hidrologi waduk yaitu debit inflow dan tinggi muka air yang dapat dibuktikan dengan uji statistik. Faktor lain yang mempengaruhi kualitas perairan waduk Jatiluhur adalah perubahan tata guna lahan suksesif di bagian hulu DAS Citarum akibat kegiatan pembangunan rumah, industri, pertanian, budidaya perikanan, peternakan dan kehutanan.





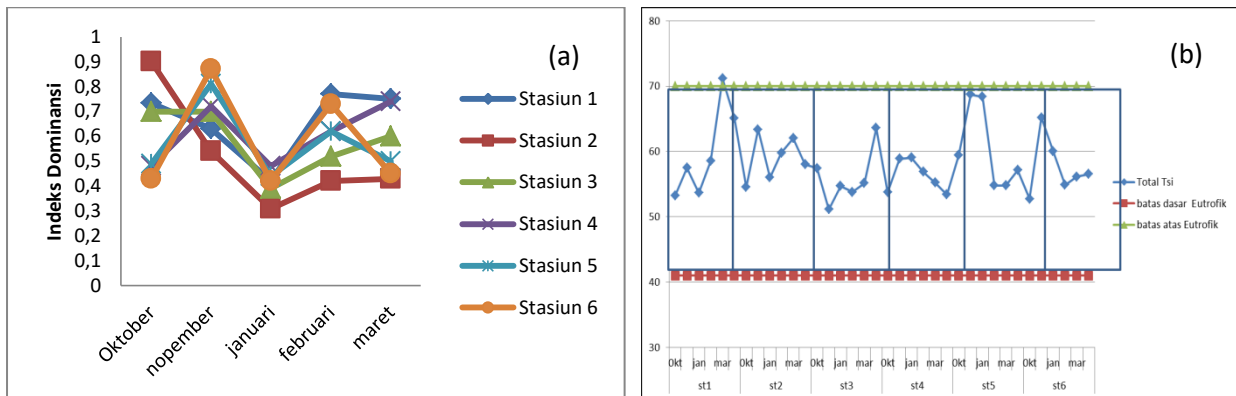
Gambar 6. Rata-rata Pengukuran Kualitas Fisik-Kimia Air di 6 Stasiun Pengamatan Waduk Jatiluhur Terhadap Waktu Sampling



Gambar 7. Distribusi Rerata Prosentase Fitoplankton 6 Stasiun Pengamatan di Waduk Jatiluhur dengan waktu sampling bulan Oktober sampai dengan April 2011

Identifikasi Parameter biologi ditemukan prosentase terbesar untuk diversifikasi fitoplankton adalah kelas *cyanophyceae* untuk setiap stasiun pengamatan yang ditunjukkan pada Gambar 7. Teridentifikasi ada 6 (enam) kelas fitoplankton dan 20 genus. Karakterisasi kualitas ekologi perairan dapat ditentukan dengan beberapa pendekatan perhitungan Indeks. Penelitian ini menggunakan pendekatan indeks dominansi dan status trofik. Perhitungan indeks dominansi dan keanekaragaman menunjukkan nilai

berkisar antara 0,3 – 0,9. Menurut Simpson (1949) nilai indeks Dominansi < 1 menunjukkan fitoplankton di waduk Jatiluhur didominasi oleh spesies tertentu dan memiliki keanekaragaman dan kestabilan rendah dan tercemar sedang (Gambar 8 (a)), sedangkan indeks status trofik menunjukkan status waduk Jatiluhur masuk dalam kategori Eutrofikasi (terindikasi terjadi pencemaran air) yang ditunjukkan nilai TSI berkisar antara 50 - 70 (Gambar 8 (b))



Gambar 8. Indeks Dominansi (a) dan Indeks Status Trofik (b) di Waduk Jatiluhur

Analisis Statistik

Identifikasi pengaruh 6 (enam) komponen fisik kualitas air (debit, tinggi muka air, suhu, turbiditas, konduktivitas dan visibilitas sebagai faktor kovariat) terhadap 6 (enam) parameter kimia kualitas air (TN, TP, pH, COD, Oksigen Terlarut dan Logam Pb sebagai faktor dependen) menggunakan analisis korelasi fungsi kanonik. Koefisien korelasi antara variabel kanonik dengan faktor dependen dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini yang menunjukkan bahwa hubungan antar unsur

kimia kualitas air pada fungsi kanonik pertama terjadi korelasi kuat antara pH dan oksigen terlarut (berpengaruh positif). Pada fungsi kanonik kedua unsur COD dan logam Pb berpengaruh negatif. Korelasi kuat yang terjadi dalam faktor kovariat terjadi pada komponen suhu dan debit (berpengaruh negatif) pada fungsi kanonik pertama. Korelasi positif yang kuat terjadi antara komponen debit dan tinggi muka air pada fungsi kanonik kedua.

Tabel 1. Koefisien Korelasi Antara Variabel Kanonik dengan Faktor Dependen⁽⁺⁾ dan Faktor Kovariat⁽⁺⁺⁾

	Fungsi 1	Fungsi 2
TN ⁽⁺⁾	-0,13309	-0,23500
TP ⁽⁺⁾	-0,06239	-0,32023
pH ⁽⁺⁾	0,97199	-0,03029
COD ⁽⁺⁾	0,34460	0,45483
Pb ⁽⁺⁾	0,23861	-0,87221
Oksigen terlarut ⁽⁺⁾	0,69764	0,22279
Suhu ⁽⁺⁺⁾	0,60238	0,21542
Visibilitas ⁽⁺⁺⁾	0,07955	-0,08151
Konduktivitas ⁽⁺⁺⁾	0,22477	-0,04309
Turbiditas ⁽⁺⁺⁾	-0,30591	-0,11098
Debit ⁽⁺⁺⁾	-0,41216	-0,71670
Tinggi Muka Air ⁽⁺⁺⁾	-0,16712	-0,85347

Identifikasi korelasi antara setiap unsur faktor dependen (parameter kimia air) dengan faktor kovariat (parameter fisik air) dapat ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini. Tabel 2 menunjukkan bahwa korelasi positif terjadi antara variabel pH terhadap

suhu, logam Pb terhadap tinggi muka air dan oksigen terlarut terhadap suhu. Korelasi pengaruh negatif terjadi antara variabel pH terhadap debit, oksigen terlarut terhadap konduktivitas dan oksigen terlarut terhadap debit.

Tabel 2. Korelasi antara Variabel Dependen terhadap Variabel Kovariat

Variabel Dependen	Variabel Covariate	t-value	Keterangan
pH	suhu	8,6099	Pengaruh positif
	debit	-6,42238	Pengaruh negatif
Pb	Tinggi Muka Air	3,82147	Pengaruh positif
Oksigen terlarut	suhu	5,64802	Pengaruh positif
	Konduktivitas	-2,49484	Pengaruh negatif
	debit	-2,40716	Pengaruh negatif

4. KESIMPULAN

1. Rezim hidrologi di waduk Jatiluhur bersifat acak dan stokastik yang dipengaruhi oleh perubahan iklim moonson dengan fenomena global kejadian La Nina di tahun 2010 dan awal tahun 2011 yang mengakibatkan kecenderungan tren kenaikan curah hujan dan debit inflow.
2. Karakterisasi kualitas ekologi perairan di waduk Jatiluhur menggunakan pendekatan indeks dominansi dan status trofik. Perhitungan indeks dominansi dan keanekaragaman menunjukkan bahwa fitoplankton di waduk Jatiluhur didominasi oleh spesies tertentu dan memiliki keanekaragaman dan kestabilan rendah dan tercemar sedang, sedangkan indeks status trofik menunjukkan status waduk Jatiluhur masuk dalam kategori Eutrofikasi (terindikasi terjadi pencemaran air). Beberapa parameter kualitas air melebihi baku mutu standar yaitu parameter COD dan logam Pb terlarut.
3. Hasil uji statistik multivariate menggunakan fungsi kanonik menunjukkan bahwa beberapa parameter kualitas air saling berkorelasi positif dengan komponen hidrologi yaitu debit dan tinggi muka air di waduk Jatiluhur.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ali, F. (2007) : Implementasi Konsep IUWRM untuk Keterpaduan pengelolaan Sumber Daya Air dan Penanganan Kemacetan Lalu Lintas

di Wilayah Metropolitan DKI Jakarta,

(<http://bebasbanjir2025.wordpress.com/10-makalah-tentang-banjir-2/firdaus-ali/diunduh> pada tgl 26 April 2010).

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF). (1998) : *Standard Methods for the Examination of Water and Watewater*, 20th Edition, Washington DC, 1193p.

Asdak, C. (2007) : *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah mada university press, cetakan keempat Juli, ISBN 979-420-561-3.

Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Jawa Barat dan Puslitbang Sumber Daya Air. (2001) : *Perhitungan Daya Tampung dengan Pemodelan Kualitas Air*. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Jawa Barat dan Pusat Penelitian Pengembangan Sumberdaya Air, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Bandung.

Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan Kementrian Kelautan dan Perikanan. (2009) : *Biolimnologi dan Hidrologi Waduk Kaskade Sungai Citarum, Jawa Barat*. Laporan Tahunan Akhir.

Delpla, I., Jung, A.V., Baures, E., Clement, M., dan Thomas, O. (2009) : *Impact Of Climate Change On Surface Water Quality In Relation To Drinking Water Production*,

- Journal Enviroment International*, Vol.35, page 1225-1233.
- Eiji, K., Takehiko Fukushima dan Hideo Harasawad. (2007) : A modeling approach to forecast the effect of long-term climate change on lake water quality, *Jurnal ecological modelling*, 209, 351–366.
- Eun Hye Na dan Seok Soon Park. (2006) : A hydrodynamic and water quality modeling study of spatial and temporal patterns of fitoplankton growth in a stratified lake with buoyant incoming flow, *Jurnal ecological modelling*, 199, 298–314.
- Hilda, L., Rizka Maria, Sukristiyanti, dan Nining Sutarman. (2007) : Observasi Kualitas Air pada Waduk Jatiluhur. *Proseding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan dalam pembangunan berkelanjutan*, Puslit Geoteknologi LIPI.
- Kang, B., Seung Jong Lee, Dong-Hyun Kang, dan Young-Oh Kim. (2007) : A Flood Risk Projection for Yongdam Dam Against Future Climate Change, *Journal of hydro-environment Research*, I, 118-125 p.
- Kranz, N., Timo Menniken, dan Jochen Hinkel. (2010) : Climate Change Adaptation Strategies in The Mekong and Orange-Senqu basins : What Determines The State-of-Play?, *Journal Enviromental Science & Policy*, volume 13, page 648-659.
- Mantel, K.S., Denis, A.H., dan Nikite, W.J.M. (2010) : Ecological Impacts of Small Dams On South African Rivers Part 1: Drivers of change-Water Quantity and Quality, *Journal Water SA*, Vol.36 no 3, ISSN 1816-7950 (on-line).
- Marganingrum, Diah., Narulita, I., Sri, Y.C., dan Maria, R. (2009): Studi Korelasi Distribusi Curah Hujan dan Indeks Enso di Cekungan Bandung, *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI Bandung*, 3
- Desember 2007: 293-302, ISBN 978-979-8636-16-5.
- Matteau, M., Ali A.A, dan Mohamed M. (2009) : Aplication of Multivariate Statistical Analysis Methods to The Dam Hydrologic Impact Studies, *Journal of Hydrology*, volume 371, page 120-128.
- Nastiti, A.S., Siti Nuroniah, Sri Endah Purnamaningtyas dan Endi Setiadi Kartamihardja. (2001) : Daya dukung perairan Waduk Jatiluhur untuk Budi Daya Ikan dalam Keramba Jaring Apung, *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, Vol.7 nomor 2, 14-20.
- Park, J.H., Lei Duan, Bomchul Kim, Myron J.M., dan Hideaki Shibata. (2010) : Potential Effects Of Climate Change and Variability on Watershed Biogeochemical Processes and Water Quality in Northeast Asia, *Journal Enviroment International*, 36, 212-225 p.
- Park, J.H., Edu Inam, Mohd Harun Abdullah, Dwi Agustiyani, Lei Duan, Thi Thuong Hoang, Kyoung Woong Kim, Sang Don Kim, My Hoa Nguyen, Trai Pekthong, Vibol Sao, Antonius Sarjiya, Sianouvong Savathvong, Suthipong Sthiannopkao, J.Keith Syers, W. Wirojanagud. (2011) : Implications of Rainfall Variability for Seasonality and Climate-induced Risk Concerning Surface Water Quality In East Asia, *Journal of Hydrology*, 400, 323-332 p.
- Perum Jasa Tirta II. (2007) : *Studi Keramba Jaring Apung Tahap II Waduk Ir.H.Djuanda*, Laporan Akhir.
- Popovicova, J. (2009) : Water Quality Assesment and Ecoregional Comparison of A Reservoir in East Central Indiana, *Journal Lake And Reservoir Management*, volume 25, 155-166.
- Prabandani, D. (2006) : *Kajian Fitoplankton Dalam Penentuan*

- Kualitas Perairan Waduk (Studi Kasus Perairan Waduk Saguling, Jawa Barat)*, Master tesis. Jurusan Teknik Lingkungan. ITB.
- Pratiwi, N.T.M., Enan M.A., Majariana K., dan Hesty D.W.(2006) : Distribusi Spasial Fitoplankton pada Kawasan Keramba Jaring Apung di Waduk Jatiluhur, Purwakarta, Jawa Barat, *Prosiding Seminar Nasional Limnologi*, 222-240.
- Prihadi. (2005) : *Pengelolaan Budidaya Ikan Secara Lestari di Waduk : Studi Kasus di Perairan Waduk Cirata, Jawa Barat*. Disertasi Program Doktor. Institut Pertanian Bogor. 185 p.
- Rhamdani. (2009) : *Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Pengelolaan Waduk PLTA Saguling Di Das Citarum Hulu*. Tesis. Program Magister Teknologi Manajemen Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknologi Bandung.
- Rizka, M., Hilda L, dan Asep M. (2008) : *Analisa Daya Dukung Waduk Dilihat Dari Hubungan Parameter Fisika-Kimia Air Terhadap Parameter Nutrien Menurut Perbedaan Musim*, *Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan dalam pembangunan berkelanjutan*, Puslit Geoteknologi LIPI.
- Santhanam, H., dan Amal Raj. (2010) : *Carlson Index, a poor cursor of trophic status assessment of Pulicat Lagoon, southeast coast of India*, *International Journal of Enviromental Studies*, 67 :1, 17-25.
- Sudarso, Y., Fanie I.M., M. Badjoeri, dan Siti Aisyah. (2001) : *Studi Bioavailabilitas logam berat pada ikan budidaya jaring Apung di Waduk Saguling*, *Jurnal Limnotek*, Volume VIII nomor 1, halaman 35-53.
- Sukimin. (2005) : *Kualitas Lingkungan Perairan Waduk Kaskade Sungai Citarum*, *Workshop of Culture, Capture Conflicts: Sustaining Fish Production and Livelihood in Indonesia Reservoirs*, 18-20 Oktober 2005, Departemen Kelautan dan Perikanan, ACIAR dan NACA, Bandung, 14 p.
- Suwignyo. (1996) : *Ekosistem Perairan Pedalaman, Tipologi dan Permasalahannya*, Kuliah Kursus Penyusunan Amdal XIX, PPSML-LP UI, Jakarta.
- Syariman, Petrus dan Agus Heru. (2011) : *Extreme Weather Impacts On Citarum Cascade reservoir Operation Pattern 2011*, *Jurnal Teknik Hidraulik*, Vol.2 No 1, Juni 2011, halaman 57-63.
- Tamim, M. Z. A. (2008) : *Kebijakan Strategis Pengembangan Air Minum, Di Kawasan Andalan Kasus Jagodetabek*, *Makalah*, Direktorat PAM, Dirjen Ciptakarya PU.
- Teegavarapu, R. S. V. (2010) : *Modelling Climate Change Uncertainties in Water Resources Management Models*, *Journal Enviromental Modelling & Software*, 25, 1261-1265.
- Umar, C. (2003) : *Struktur Komunitas dan Kelimpahan Fitoplankton dalam Kaitannya dengan Kandungan Unsur Hara (Nitrogen dan Fosfor) dari Budidaya Ikan dalam Keramba Jaring Apung di Waduk Ir. H. Juanda Jatiluhur Jawa Barat*. Tesis Program Magister. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 78 p.

MEDIAN

Jurnal Arsitektur dan Planologi