

Technical Paper

**Laju Deoksigenasi dan Reoksigenasi Sungai Bedadung
(Studi Kasus di Desa Tamansari dan Desa Lojejer, Jember)**

*Deoxygenation and Reoxygenation Rate of Bedadung River
(Case Study at Tamansari and Lojejer Villages, Jember)*

Sri Wahyuningsih, Universitas Jember
E-mail: sriwahyuningsih.ftp@unej.ac.id
Agus Dharmawan, Universitas Jember
E-mail: agusd@unej.ac.id
Elida Novita, Universitas Jember
E-mail: elida_novita.ftp@unej.ac.id

Abstract

Bedadung river is one of the biggest rivers that pass through Jember Regency, East Java, Indonesia. Due to land use caused by surrounding civilization, many drainage channels throw in nonpoint source pollutants from industrial, domestic, and agricultural activities to the river. DO and BOD are two of the most important parameters reflecting ecological health of river. BOD reflects the number of organic pollutants contained in water. DO concentration is controlled by several physical, chemical, and biological processes, such as deoxygenation and reoxygenation. The aim of this research is to analyze deoxygenation and reoxygenation rates of Bedadung River segment Tamansari and Lojejer villages, Jember. The field data were obtained by measuring of river discharge, temperature and DO at 4 observed stations (BDG01, BDG02, BDG03, and BDG04). The laboratory analysis consisted of BOD₅ and long-term BOD (day-2,4,6,8,10). Deoxygenation and reoxygenation rates were calculated by using empirical equations and analyzed descriptively. The result showed that the discharge was 6.466 m³/det, DO 7.008 mg/L, and BOD 0.928 mg/L. The values of deoxygenation and reoxygenation rates were 0.975 mg/L.day and 1.051 mg/L.day, respectively. The reoxygenation rate value was higher than deoxygenation value, concluded that Bedadung river was able to increase the concentration of DO and reduce organic pollutants.

Keywords: BOD, DO, deoxygenation, reoxygenation

Abstrak

Sungai Bedadung merupakan salah satu sungai utama yang berada di DAS Bedadung dan terletak di Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia. Akibat penggunaan lahan oleh penduduk sekitar sungai, banyak saluran drainase yang membuang pencemar nonpoint source ke badan air dari kegiatan industri, domestik dan pertanian. BOD dan DO adalah dua parameter penting yang dapat menggambarkan kesehatan air sungai. BOD digunakan untuk menggambarkan konsentrasi pencemar organik yang ada di perairan. Konsentrasi DO dikendalikan oleh proses fisika, kimia, dan biologi pada perairan, seperti deoksigenasi dan reoksigenasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis laju deoksigenasi dan reoksigenasi di Sungai Bedadung ruas desa Tamansari dan Desa Lojejer Jember. Pengukuran lapang terdiri atas pengukuran debit, temperature dan DO Sungai Bedadung di empat titik pantau (BDG01, BDG02, BDG03, and BDG04), sedangkan pengukuran BOD₅ dan long-term BOD (hari ke-2,4,6,8,10) dilakukan secara laboratorium. Laju deoksigenasi dan reoksigenasi ditentukan menggunakan persamaan empiris lalu dianalisis secara deskriptif. Hasil menunjukkan bahwa debit Sungai Bedadung sebesar 6.466 m³/det, DO 7.008 mg/L, dan BOD 0.928 mg/L. Nilai laju deoksigenasi dan reoksigenasi diperoleh masing-masing sebesar 0.975 mg/L.hari dan 1.051 mg/L.hari. Besar laju reoksigenasi lebih besar dibandingkan laju deoksigenasi sehingga dapat disimpulkan bahwa Sungai Bedadung masih mampu meningkatkan konsentrai DO dan mereduksi pencemar organik.

Kata Kunci: BOD, DO, deoksigenasi, reoksigenasi

Diterima: 30 Oktober 2020 ; Disetujui: 1 Maret 2021

Latar Belakang

Sungai Bedadung merupakan salah satu sungai utama di DAS Bedadung dan terletak di Kabupaten Jember. DAS Bedadung berada di 16 kecamatan yaitu Panti, Sukorambi, Jelbuk, Arjasa, Patrang, Sukowono, Sumberjambe, Ledokombo, Pakusari, Sumpersari, Kalisat, Ajung, Rambipuji, Balung, Wuluhan, dan Puger, dengan total penduduk 1.378.034 jiwa pada tahun 2017 (BPS, 2018). Sebagai sungai utama dan terbesar di Jember, Sungai Bedadung berperan dalam menunjang aktivitas penduduk. Sungai ini dimanfaatkan oleh penduduk untuk baku air minum, MCK, irigasi pertanian, pengendali banjir dan lain sebagainya. Meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya suatu kawasan berakibat pada pola pemanfaatan lahan yang semakin meningkat (Mahyudin *et al.*, 2015). Perubahan pola pemanfaatan lahan menjadi lahan pertanian, tegalan dan pemukiman serta meningkatnya aktivitas industri akan memberikan dampak terhadap kondisi hidrologis dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) (Al Idrus, 2014). Sebagai DAS dengan jumlah penduduk terbanyak di Jember, Sungai Bedadung juga menerima pencemar dari aktivitas masyarakat dalam penggunaan lahan. Berbagai aktivitas manusia di sekitar sungai dalam memenuhi kebutuhan hidupnya dari kegiatan industri, domestik dan pertanian menghasilkan bahan pencemar yang dibuang ke sungai (Agustiniingsih *et al.*, 2012). Bahan pencemar yang dibuang ke Sungai Bedadung secara terus-menerus dapat mengakibatkan pencemaran dan menurunkan kualitas air sungai. Kualitas air hulu Sungai Bedadung di ruas Patrang – Sumpersari menunjukkan DO 8.21 mg/L dan BOD 1.66 mg/L (Pradana *et al.*, 2019). Pencemaran disepanjang sungai mempengaruhi kualitas air ruas tengah Sungai Bedadung dengan nilai DO 6.96 mg/L dan BOD 2,09 mg/L di Desa Rowotamtu (Wahyuningsih *et al.*, 2019) yang merupakan ruas sebelum pengambilan air untuk daerah irigasi Bedadung dan pada ruas Desa Gumelar menunjukkan nilai DO 7.62 mg/L dan 1.41 mg/L (Wahyuningsih *et al.*, 2019) yang meningkat akibat faktor hidrodinamika Sungai. Pengukuran kualitas air hilir Sungai Bedadung sebelum muara juga pernah dilakukan KLH Kabupaten Jember dan diperoleh DO dan BOD masing-masing mencapai nilai 4.4 mg/L dan 5.4 mg/L (Rohmah *et al.*, 2016).

Pencemaran air sungai akibat aktivitas penduduk dapat berupa limbah cair domestik, limbah cair industri, limbah pertanian, dan infiltrasi pembuangan air kotor. Limbah tersebut dapat berupa mikroorganisme patogen, sedimen, zat hara/nutrisi, zat organik, anorganik dan lain sebagainya. Zat pencemar yang mengandung bahan organik bersifat mudah didegradasi secara biologis dengan bantuan mikroorganisme perairan. Bahan organik tersebut antara lain berupa lemak, protein, kanji, glukosa, aldehyd, ester dan sebagainya (Effendi, 2003).

Salah satu wilayah yang dialiri Sungai Bedadung adalah Desa Tamansari dan Desa Lojejer Kecamatan Wuluhan, yang merupakan sungai bagian hilir sebelum muara. Di wilayah ini, Sungai Bedadung dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai tempat pemancingan

dan penangkapan ikan. Di sisi lain, akibat aktivitas penggunaan lahan penduduk sekitar sungai, banyak saluran drainase yang membuang pencemar *nonpoint sources* dari aktivitas pemukiman, pertanian dan ternak ke badan sungai, sehingga kualitas air Sungai Bedadung menurun. Kandungan pencemar yang ada di perairan secara langsung akan berdampak pada biota perairan yang hidup di sungai.

Kondisi kualitas air Sungai Bedadung dapat ditentukan dengan mengetahui besar konsentrasi DO dan BOD perairan. DO merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan kesehatan sungai. Pasokan DO dalam perairan sangat ditentukan dari proses fisika, kimia dan biologi dalam air, seperti oksidasi biokimiawi, fotosintesis, respirasi dan reaerasi (Haider *et al.*, 2013). Limpasan pencemar yang masuk ke badan air sungai dapat berupa pencemar organik yang akan meningkatkan kandungan BOD air Sungai. BOD dapat menurunkan konsentrasi DO karena mikroba perairan menggunakan oksigen untuk bermetabolisme dan mendekomposisi bahan organik.

Perubahan konsentrasi DO di perairan sungai dipengaruhi oleh dua proses penting, yaitu deoksigenasi dan reoksigenasi. Deoksigenasi merupakan proses pengurangan oksigen terlarut akibat aktivitas mikroorganisme mendekomposisi bahan organik dalam air. Sedangkan reoksigenasi merupakan proses peningkatan oksigen terlarut yang disebabkan oleh turbulensi air sungai (Arbie *et al.*, 2015). Proses oksidasi biokimiawi menjadikan kandungan oksigen terlarut dalam air berkurang. Kecepatan pengurangan oksigen terlarut dinyatakan dalam laju deoksigenasi yang nilainya dipengaruhi oleh konstanta reduksi oksigen (K_D) dan jumlah bahan organik yang terkandung dalam air (Hendrianti dan Karnaningroem, 2015). Sedangkan kecepatan transfer oksigen dari udara ke dalam air akibat turbulensi dinyatakan dalam laju reoksigenasi yang nilai ditentukan oleh kecepatan transfer oksigen (K_R) dan defisit oksigen dalam air (Effendi, 2003).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji laju deoksigenasi dan laju reoksigenasi Sungai Bedadung ruas Desa Tamansari sampai dengan Desa Lojejer Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember. Sungai Bedadung di wilayah kajian memiliki tata guna lahan pemukiman, kebun dan sawah irigasi. Aktivitas penggunaan lahan tersebut menghasilkan limpasan pencemar (bahan organik) yang dibuang ke sungai melewati saluran drainase. Pencemar organik tersebut akan menurunkan DO perairan sungai akibat oksidasi biokimiawi, sedangkan faktor hidraulik sungai seperti kecepatan aliran dan kedalaman mempengaruhi turbulensi dalam air sungai yang akan meningkatkan DO.

Bahan dan Metode

Lokasi Studi

Penelitian dilakukan di Sungai Bedadung ruas Desa Tamansari sampai dengan Desa Lojejer, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember (Gambar 1). Sungai Bedadung yang menjadi wilayah kajian secara

administratif berada diantara dua kecamatan dan empat desa yaitu sebelah Timur Kecamatan Wuluhan yang terdiri atas Desa Tamansari dan Desa Lojejer dan sebelah Barat Kecamatan Puger yang terdiri atas Desa Wonosari dan Desa Pugerwetan. Tata guna lahan wilayah kajian adalah pemukiman penduduk, kebun dan sawah irigasi.

Penelitian dilakukan selama Bulan Maret 2018. Data primer diperoleh dari pengukuran debit dan kualitas air. Titik pengukuran debit ditentukan dengan mencari lokasi yang distribusi alirannya merata dan tidak ada aliran yang memutar (BSN, 2015). Selain itu, titik pengukuran debit yang digunakan sebagai titik pengambilan contoh uji berada pada lokasi setelah meneria zat pencemar (BSN, 2008) dari saluran drainase. Jarak total sungai yang akan diteliti adalah 2541 m yang terbagi menjadi 3 segmen dengan 4 titik pantau (Tabel 1).

Pengukuran Debit

Pengukuran debit dilakukan dengan mengukur profil sungai (*cross section*) dan kecepatan aliran. Peralatan pengukuran debit terdiri atas 1 set current meter, alat ukur, kedalaman, alat ukur lebar, rollmeter, stopwatch, kalkulator, dan pasak. Pembuatan profil sungai dilakukan dengan mengukur lebar sungai, membagi menjadi 10 bagian atau pias dengan interval jarak yang sama, lalu mengukur kedalaman di setiap interval untuk mengetahui luas penampang basah sungai (BSN, 2015). Penentuan kecepatan aliran di setiap pias dihitung berdasarkan jenis dan manual *current meter* yang digunakan. Pengukuran kecepatan aliran dengan current meter dilakukan tiga kali pengulangan pada interval waktu 10 detik. Debit aliran (Q) diperoleh dengan mengalikan luas penampang basah sungai (A) dengan kecepatan aliran air sungai (v).

Pengambilan Contoh Uji

Pengambilan contoh uji air Sungai Bedadung pada 5 (empat) titik pantau. Pengambilan contoh uji air sungai di setiap titik pantau menggunakan metode *grab* (sesaat) dengan mengambil contoh uji secara langsung di badan air sehingga dapat menunjukkan karakteristik contoh uji pada saat pengambilan contoh uji. Pengambilan

Tabel 1. Lokasi penelitian Sungai Bedadung.

Titik pantau	Longitude	Latitude
BGD01	113.5040128	-8.3313017
BDG02	113.5000811	-8.3350019
BDG03	113.4974311	-8.3449170
BDG04	113.4943982	-8.3481453

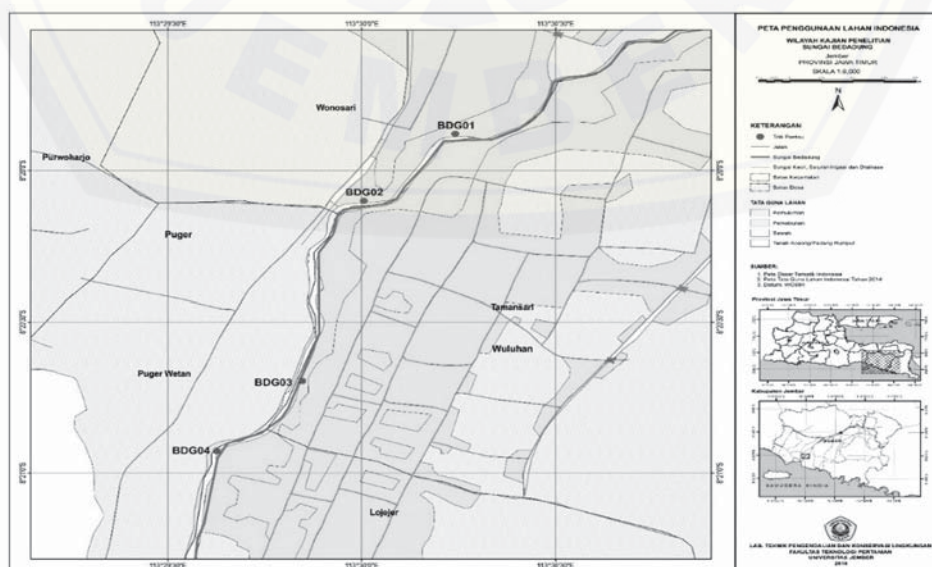
contoh uji untuk analisa parameter kualitas air dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu parameter lapangan (DO) yang dan parameter laboratorium (BOD_5 dan $BOD_{2,4,6,8,10}$). Sedangkan pengambilan contoh uji untuk pengukuran laboratorium menggunakan botol contoh uji. Pengisian contoh uji ke dalam botol harus melalui dinding dan memenuhi botol, dan terhindar dari terjadinya turbulensi dan gelembung udara. Setelah itu, lakukan pengawetan contoh uji pada *cool box* berpendingin $\pm 4^{\circ}C$.

Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran temperatur air sungai dilakukan di lapangan pada setiap titik lokasi pengambilan contoh uji menggunakan termometer (BSNI, 2008b). Pengukuran oksigen terlarut dilakukan di lapangan menggunakan metode yodometri (modifikasi azida atau titrasi Winkler) (BSNI, 2008a). Pengukuran BOD dilakukan dengan menginkubasi contoh uji pada botol BOD bertemperatur $20^{\circ}C$ selama 5 hari. Pengukuran BOD dilakukan menggunakan metode yodometri (BSNI, 2008a). BOD_5 ditetapkan berdasarkan selisih konsentrasi DO 0 hari dan konsentrasi DO 5 hari. Sedangkan BOD pada hari ke-2, 4, 6, 8, dan 10 digunakan untuk menentukan konstanta reaksi bahan organik.

Analisis Data

Parameter lapang yang diperoleh digunakan sebagai input variable nilai. Untuk mencari besar kecepatan reduksi oksigenan per hari akibat dekomposisi bahan organik yang larut dalam air, yang dinyatakan dengan laju deoksigenasi (r_D), digunakan persamaan berikut.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Sungai Bedadung.

Tabel 2. Data hidraulik dan kualitas air Sungai Bedadung'

Titik pantau	Lebar (m)	Kedalaman rata-rata (m)	Luas penampang (m ²)	Kecepatan rata-rata (m/s)	Debit (m ³ /s)	Temperatur (°C)	DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)
BDG01	38	1.184	45.06	0.159	7.343	27.3	7.13	0.86
BDG02	28	2.223	62.25	0.102	6.491	27.5	7.03	1.12
BDG03	37	1.490	55.13	0.119	6.500	27.6	6.95	0.95
BDG04	46	1.060	48.76	0.142	5.532	27.8	6.92	0.78

$$r_D = K_{D,T} \times L_t \text{ (KepmenLH, 2003)} \quad (1)$$

$$r_D = K_{D,T} (1.047)^{T-20} \times L_t \text{ (Metcalf dan Eddy, 2004)} \quad (2)$$

Keterangan:

- r_D : laju deoksigenasi (mg/L.hari)
- K_{D,T} : konstanta deoksigenasi (/hari)
- L_t : BOD residual (mg/L)
- T : temperature air (°C)

Menurut Haider *et al.*, (2013), nilai K_D diperoleh dari persamaan Hydroscience (1971)

$$K_D = 0.3 \left(\frac{H}{8} \right)^{-0.434} \quad (3)$$

Dengan H = kedalaman sungai (m).

L_t diperoleh dari L_t = L₀.e^(-K.t) dan L₀ diperoleh dari persamaan:

$$L_0 = \frac{BOD_5}{(1 - e^{-K.t})} \quad (4)$$

Keterangan:

- L_t = BOD ultimat (total) (mg/L)
- K = konstanta reaksi bahan organik (/hari)
- t = waktu inkubasi (hari)

Penentuan konstanta reaksi bahan organik (K) pada botol BOD ditentukan menggunakan metode *least square* dengan pengamatan BOD selama 10 hari pada interval waktu pengamatan 2 harian yaitu BOD_{2,4,6,8,10} (Metcalf dan Eddy, 2004; Lee dan Lin, 2007).

Laju reoksigenasi yang menyatakan kecepatan transfer oksigen dari udara ke air akibat turbulensi dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$r_R = K_{R,T} \times D L_t \text{ (KepmenLH, 2003)} \quad (5)$$

$$r_R = K_{R,T} (1.016)^{T-20} \times (DO_S - DO_{act}) \text{ (KepmenLH, 2003)} \quad (6)$$

K_R diperoleh dari persamaan O'Conner dan Dobbins berikut.

$$K_R = \frac{294(D_{LT} \times v)^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{2}}} = \frac{294((1.760 \times 10^{-4} \times (1.037)^{T-20}) \times v)^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{2}}} \quad (7)$$

Keterangan :

- r_R = laju reoksigenasi (mg/L.hari),
- K_R = konstanta deoksigenasi (/hari),
- DO_S = DO saturasi (mg/L),
- DO_{act} = DO air (mg/L),
- D_{LT} = koefisien difusi molekular oksigen pada temperatur T°C (m²/hari), dan
- v = kecepatan aliran rata-rata (m²/s).

Nilai DO_S ditentukan dari hubungan antara kadar oksigen terlarut jenuh terhadap temperatur air pada tekanan udara 760 mmHg dan klorinitas 0 mg/L.

Dari hasil pengolahan data dan perhitungan menggunakan persamaan empiris, data kemudian disajikan dalam tabulasi dan grafik. Lalu dianalisis secara deskriptif dengan melihat kecenderungan data dan didukung dengan teori dan keadaan lapangan.

Hasil dan Pembahasan

Debit dan Kualitas Air Sungai Bedadung

Pengukuran debit dan kualitas air Sungai Bedadung hilir ruas Desa Tamansari sampai dengan Desa Lojejer dilakukan di 4 titik pantau pada tanggal bulan Maret 2019 atau akhir musim hujan. Hasil pengukuran kuantitas air dan kaulitas air di 4 titik pantau disajikan pada Tabel 2.

Penampang Sungai Bedadung hilir di tiap titik pantau menunjukkan karateristik yang berbeda. Semakin ke hilir, sungai semakin lebar. Kedalaman Sungai Bedadung hilir cenderung juga menunjukkan perbedaan. Kecepatan aliran air Sungai Bedadung hilir pada titik pengambilan BDG01 dan BDG04 menunjukkan nilai yang tinggi karena profil sungai yang menurun. Kondisi yang penampang basah dan profil aliran air menentukan nilai debit terhitung. Kondisi Sungai Bedadung hilir di 4 titik pantau disajikan pada Gambar 2.

Temperatur air memberi pengaruh yang signifikan



Gambar 2. Kondisi 4 titik pantau Sungai Bedadung.

terhadap proses fisika, kimia dan biologi perairan (Barakat *et al.*, 2016). Peningkatan temperatur air menyebabkan tingginya laju metabolisme dan berbagai reaksi kimia, serta menurunkan daya larut oksigen dalam air (Kordi dan Tancung, 2007). Setiap kenaikan temperatur 10°C akan menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh mikroorganisme 2-3 kali lipat (Effendi, 2003). Kisaran temperature air optimal bagi kehidupan fitoplankton $20 - 30^{\circ}\text{C}$ (Effendi, 2003) dan ikan $28 - 32^{\circ}\text{C}$ (Kordi dan Tancung, 2007) di perairan tropis.

Dari penelitian yang dilakukan, temperatur air Sungai Bedadung hilir berada pada nilai antara 27.3 dan 27.8°C . Dari setiap hari pengambilan nilai temperatur air tidak mencapai batas deviasi 3°C dari temperatur alamiahnya, yaitu 28°C . Air Sungai Bedadung hilir masih berada pada temperatur optimal bagi kehidupan biota perairan. Kondisi temperatur air selalu berubah setiap waktu karena faktor lingkungan. Hasil pengukuran temperatur air Sungai Bedadung cenderung naik dari titik pantau BDG01 ke BDG04 yang disebabkan oleh waktu pengambilan contoh uji yang dilakukan waktu pagi sampai dengan siang hari.

Perubahan temperatur dapat berakibat pada pengurangan oksigen (Ughbebor *et al.*, 2012). Menurut Huboyo dan Zaman (2007) sebaran temperatur sangat berkaitan dengan sebaran oksigen terlarut, semakin tinggi temperatur semakin rendah oksigen terlarutnya. Hal tersebut dikarenakan kelarutan gas secara langsung sebanding dengan tekanan parsial yang dipengaruhi temperatur pada kondisi setimbang (Huboyo dan Zaman, 2007). Dari Tabel 2 menunjukkan hubungan pola penurunan oksigen terlarut (DO) pada pagi hari sampai siang hari yang sebanding dengan pola kenaikan temperatur pada pagi hari sampai siang hari.

Oksigen terlarut sangat berperan penting bagi respirasi ikan dan metabolisme mikroorganisme perairan (Suriadarma, 2011). Nilai oksigen terlarut air selain disebabkan oleh kelarutan oksigen akibat temperature, juga disebabkan oleh terjadinya turbulensi akibat pergerakan air (Harsono, 2010). Hasil pengukuran DO air Sungai Bedadung menunjukkan konsentrasi oksigen terlarut menurun dari nilai 7.13 ke 6.92 mg/L. Kecenderungan penurunan konsentrasi DO selain disebabkan oleh faktor kenaikan temperature juga disebabkan karena faktor pergerakan masa air (turbulensi).

Peningkatan kemampuan reaerasi di sungai dapat terjadi karena adanya peningkatan turbulensi yang disebabkan oleh peningkatan kecepatan aliran airnya (Harsono, 2010). BDG01 yang memiliki aliran deras membuat turbulensi intensif terjadi. Turbulensi yang terjadi akan meningkatkan proses pertukaran (difusi) oksigen dari atmosfer ke badan air (reoksigenasi). Penurunan DO pada BDG02, BDG03, dan BDG04 terjadi selain akibat factor temperatur, juga akibat rendahnya turbulensi yang terjadi di sepanjang ruas sungai sehingga reoksigenasi berkurang dan kandungan DO menurun akibat oksigen dalam air dikonsumsi oleh mikroba perairan.

Masuknya limpasan (*run-offs*) dan penggunaan oksigen terlarut untuk mendekomposisi bahan organik menurunkan oksigen terlarut di perairan (Abowei, 2010).

Asupan oksigen perairan, berasal dari masukan aliran air dan reaerasi di dalam sungai (Harsono, 2010). Oksigen tersebut kemudian digunakan untuk oksidasi material yang terdegradasi dari bahan organik (BOD) yang berasal dari masukan aliran air (limpasan dan anak sungai) yang mengandung zat pencemar. Konsentrasi pencemar organik tersebut akan menurunkan DO. Selama oksigen tersedia, proses dekomposisi bahan organik secara aerob akan terjadi hingga oksigen menipis (Hendriarianti dan Karnaningroem, 2015).

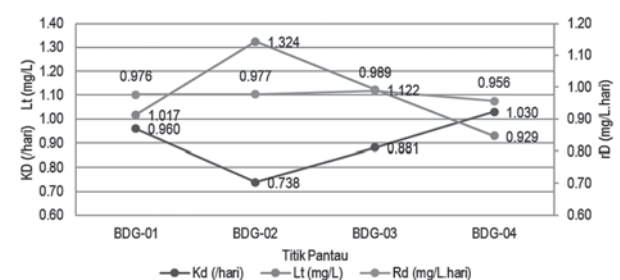
BOD menunjukkan jumlah massa oksigen terlarut dalam volume tertentu yang dikonsumsi oleh mikroorganisme dalam satuan waktu (Yustiani *et al.*, 2018). BOD dapat digunakan untuk mengukur pencemar organik yang dapat didegradasi secara biologis, yang ditunjukkan dalam milligram O_2 per liter (Jouanneau *et al.*, 2013). BOD diukur secara laboratorium dengan menginkubasi sampel pada temperatur terkontrol (20°C) selama waktu tertentu (umumnya 5 hari, BOD_5) (APHA *et al.*, 2005).

Hasil pengukuran BOD di keempat titik pantau menunjukkan nilai pada rentang $0.78 - 1.12$ mg/L. Dari hasil pengukuran, BOD tertinggi berada di BDG02 sebesar 1.12 mg/L. Tingginya nilai tersebut karena sepanjang sungai sebelum titik pantau, zat pencemar masuk ke sungai dari pembuangan aktivitas perumahan penduduk dan pertanian kebun. Ketika limpasan tersebut dibuang ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu maka akan menurunkan kualitas air sungai (Yogafanny, 2015).

Laju Deoksigenasi Sungai Bedadung

Pencemar organik yang ada di sungai mengandung sumber energi bagi mikroorganisme heterotropik. Selama proses ini, mikroorganisme tersebut menggunakan oksigen untuk mendekomposisi bahan organik (Haider *et al.*, 2013). Laju deoksigenasi menunjukkan kecepatan reduksi oksigen terlarut pada suatu perairan akibat penggunaan oleh mikroba mendekomposisi bahan organik (Yustiani *et al.*, 2018). Laju deoksigenasi dipengaruhi oleh konstanta deoksigenasi (K_D) dan BOD (dalam L_t). Besar laju deoksigenasi Sungai Bedadung di empat titik pantau ditunjukkan pada Gambar 3.

Angka konstanta laju deoksigenasi (K_D) menunjukkan besarnya laju penguraian bahan organik oleh mikroorganisme aerob di perairan dalam satuan waktu (Astono, 2010). Berdasarkan persamaan Hydroscience (1971), besarnya K_D di perairan bergantung pada



Gambar 3. Laju deoksigenasi empat titik pantau Sungai Bedadung.

kedalaman sungai (H). Nilai K_D berada pada kisaran 0.523 – 0.721/hari. Nilai K_D tertinggi berada di BDG04 karena memiliki kedalaman lebih dangkal dibandingkan titik pantau lainnya. Kedalaman sungai mempengaruhi kehidupan mikroba karena semakin dalam sungai semakin rendah suplai oksigen terlarut dan sedikit mikroba yang dapat bertahan hidup pada kondisi tersebut. Keberadaan mikroba berpengaruh terhadap kemampuan untuk menguraikan bahan organik (Yustiani *et al.*, 2018).

BOD ultimate (L_0) adalah konsentrasi oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi total/seluruhnya bahan organik (Yustiani *et al.*, 2018). BOD ultimat digunakan untuk menentukan L_t yang menunjukkan reaksi penurunan pencemar organik dari botol BOD selama t waktu. Nilai L_t berada pada kisaran 0.78 – 2.442 mg/L. Nilai L_t tertinggi berada pada BDG02 karena konsentrasi bahan organik (BOD) yang berada di perairan tinggi. Menurut Yustiani *et al.*, (2018), tingginya konsentrasi BOD di perairan bisa disebabkan oleh pencemar dari aktivitas penggunaan lahan. Hal tersebut menjadikan tingginya proses deoksigenasi.

Nilai laju deoksigenasi dari keempat titik pantau cenderung hampir seragam berada pada kisaran nilai 0.956 – 0.989 mg/L.hari. Laju deoksigenasi tertinggi berada pada BDG03 0.989 mg/L.hari terjadi akibat konsentrasi bahan organik di perairan tinggi 1.122 mg/L dan profil hidraulik sungai yang agak dalam menjadikan kecepatan dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat yakni sebesar 0.881/hari. Sedangkan laju deoksigenasi terendah BDG04 sebesar 0.956 mg/L.hari disebabkan oleh konsentrasi BOD yang lebih rendah 0.929 mg/L meskipun kecepatan dekomposisi bahan organik yang berlangsung lebih cepat 1.030 /hari dibandingkan titik pantau lainnya akibat profil sungai yang dangkal.

Laju deoksigenasi hilir Sungai Bedadung (ruas Tamansari – Lojejer) dengan nilai rata-rata 0.975 mg/L.hari cenderung lebih besar dibandingkan pada hulu dan tengah. Laju deoksigenasi Sungai Bedadung pada hulu (Patrang – Sumpersari) sebesar 0.028 mg/L.hari (Pradana *et al.*, 2019) dan tengah (Gumelar, Balung) sebesar 0.036 mg/L.hari (Wahyuningsih *et al.*, 2019). Kondisi Sungai Bedadung bagian hulu dan tengah memiliki profil dangkal sehingga mikroba memiliki asupan oksigen yang cukup untuk mendekomposisi pencemar organik. Selain itu, kondisi hilir Sungai Bedadung sebagai alur air yang mengakumulasi seluruh zat pencemar pada DAS menjadikan tingginya konsentrasi pencemar organik

sungai. Mikroba membutuhkan banyak oksigen untuk mendekomposisi bahan organik.

Laju Reoksigenasi Sungai Bedadung

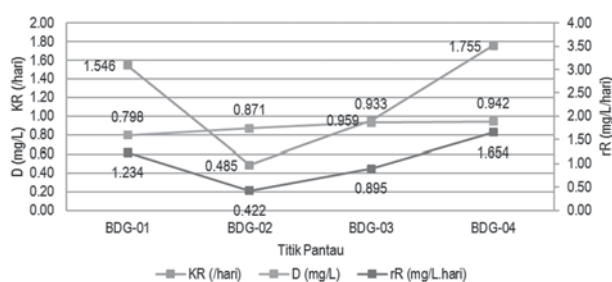
Laju reoksigenasi menunjukkan kecepatan pertukaran gas oksigen dari atmosfer ke badan air (Nuruzzaman *et al.*, 2018). Besar laju reoksigenasi Sungai Bedadung di keempat titik pantau ditunjukkan pada Gambar 4. Laju reoksigenasi dipengaruhi oleh konstanta reoksigenasi (K_R) dan defisit oksigen (D).

Angka konstanta kecepatan reoksigenasi (K_R) menunjukkan besarnya laju transfer oksigen dari atmosfer ke dalam air. Dari persamaan O'Connor-Dobbins, besarnya K_R di perairan tergantung dari kombinasi antara nilai kecepatan (v) dan kedalaman air (H). Nilai K_R berada pada kisaran 0.430 – 1.522/hari. Nilai K_R tertinggi berada di BDG04 dan terendah berada pada BDG02. Semakin deras dan dangkal suatu perairan semakin besar angka konstanta kecepatan reoksigenasi (K_R) dan sebaliknya (Astono, 2010). Hal tersebut dikarenakan turbulensi yang terjadi meningkat sehingga transfer oksigen dari atmosfer ke udara berlangsung lebih cepat.

Defisit oksigen (D) menunjukkan selisih DO saturasi terhadap DO actual perairan. Defisit oksigen terlarut pada perairan bergantung pada oksigen terlarut jenuh akibat perubahan temperatur dan konsentrasi oksigen terlarut aktual yang ada di perairan akibat turbulensi yang terjadi. Nilai D berada pada kisaran 0.800 – 0.942 mg/L. Nilai D meningkat seiring dengan penurunan DO perairan. Nilai D menunjukkan hubungan konsentrasi oksigen terlarut di perairan terhadap oksigen terlarut saturasi/jenuh sehingga transfer oksigen dapat terjadi. Menurut Effendi, (2003), apabila kadar oksigen terlarut di perairan mencapai saturasi dan berada dalam kesetimbangan dengan kadar oksigen di atmosfer maka proses transfer oksigen tidak akan berlangsung. Transfer oksigen akan terjadi apabila kadar oksigen pada badan air belum mencapai tingkat saturasi.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, nilai laju reoksigenasi sangat bergantung pada angka konstanta reoksigenasi (K_R). Nilai K_R berbanding lurus dengan kecepatan aliran (v) dan berbanding terbalik dengan kedalaman sungai (H). Hal tersebut sesuai dengan kondisi di lapangan bahwa BDG02 memiliki kondisi badan air dengan profil hidraulik aliran tenang dan dalam, BDG01 dan BDG03 dengan kondisi profil hidraulik aliran sedang dan agak dalam, dan BDG04 yang memiliki profil hidraulik aliran deras dan dangkal. Sehingga nilai laju reoksigenasi terendah berada pada titik pantau BDG02 sebesar 0.422 mg/L.hari dan tertinggi BDG04 sebesar 1.654 mg/L.hari. Sedangkan nilai defisit oksigen pada keempat titik pantau tidak terlalu berpengaruh karena konsentrasi oksigen terlarut di perairan dipengaruhi oleh temperatur. Hal tersebut ditunjukkan dengan defisit oksigen bergerak naik dari BDG01 ke BDG04 yang mengindikasikan terjadi penurunan oksigen terlarut akibat kelarutan oksigen yang semakin berkurang.

Laju reoksigenasi hilir Sungai Bedadung (ruas Tamansari – Lojejer) dengan nilai rata-rata 1.051 mg/L.hari juga cenderung lebih besar dibandingkan pada hulu



Gambar 4. Laju reoksigenasi empat titik pantau Sungai Bedadung.

dan tengah. Laju deoksigenasi Sungai Bedadung pada hulu (Patrang – Summersari) sebesar 0.053 mg/L.hari (Pradana *et al.*, 2019) dan tengah (Gumelar, Balung) sebesar 0.046 mg/L.hari (Wahyuningsih *et al.*, 2019). Karakteristik hidrodinamika Sungai Bedadung (ruas Tamansari – Lojejer) bagian hilir yang dalam dengan aliran lambat menjadikan pertukaran oksigen dari atmosfer ke badan air berlangsung lambat.

Perubahan aktivitas penggunaan lahan berakibat pada kualitas air Sungai Bedadung. Pada penelitian perubahan tata guna lahan DAS Bedadung yang dilakukan oleh Kartikasari (2018) dari rentang 16 tahun (2001 – 2017), telah terjadi peningkatan luas pemukiman 36.79 km² atau 2.66%, lahan terbuka 3.86 km² atau 0.28%, semak 37.68 km² atau 2.72%, lahan terbuka 3.86 km² atau 0.28%, semak 37.68 km² atau 2.72%, kebun 90.82 km² atau 6.57%, dan penurunan luas hutan 47.98 km² atau 3.47% dan sawah 122.33 km² atau 8.84%. Dengan adanya aktivitas perubahan lahan, fungsi lahan sebagai area resapan yang bersifat *permeable* (dapat ditembus air) kemudian berubah *impermeable* sehingga mengganggu penyerapan air. Kondisi ini berdampak terhadap lebih dominannya aliran permukaan sehingga berpengaruh terhadap perubahan debit aliran yang mengalir ke sungai (Dharma *et al.*, 2007). Selain itu perubahan tata guna lahan mempengaruhi kualitas air (Wafa *et al.*, 2015). Masyarakat yang tinggal di DAS Bedadung masih menjadikan sungai sebagai sistem pembuangan air limbah pertanian, domestic dan industri. Perubahan konsentrasi pencemar di Sungai Bedadung akan berubah sewaktu-waktu dengan kondisi tata guna lahan dan topografi wilayah tersebut. Perubahan tersebut akan mempengaruhi kualitas air Sungai Bedadung hilir sebagai sungai sebelum muara.

Simpulan

Nilai rata-rata nilai laju deoksigenasi sebesar 0.975 mg/L.hari yang dipengaruhi oleh angka kecepatan dekomposisi bahan organik (K_D) dan BOD dalam perairan. Sedangkan rata-rata nilai laju reoksigenasi sebesar 1.051 mg/L.hari dipengaruhi oleh angka kecepatan transfer oksigen dari atmosfer ke badan air (K_R). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju reoksigenasi Sungai Bedadung lebih besar dibandingkan dengan laju deoksigenasinya. Kemampuan penambahan oksigen ke dalam air sungai lebih besar dari pada pengurangan oksigen. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa Sungai Bedadung masih dapat melakukan pemurnian alami dari pencemar organik akibat aktivitas penggunaan lahan.

Daftar Pustaka

- Abowei, J.F.N. 2010. Salinity, Dissolved Oxygen, pH and Surface Water Temperature Conditions in Nkoro River, Niger Delta, Nigeria. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 36–40.
- Agustiningih, D., S.B. Sasongko, & Sudarno. 2012. Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal. *Jurnal Presipitasi*, 9(2), 64–71.
- Al Idrus, S.W. 2014. Analisis Pencemaran Air Menggunakan Metode Sederhana pada Sungai Jangkuk, Kekalik dan Sekarbela, Kota Mataram. *Paedagoria*, 10(2), 8–14.
- APHA, AWS, & WEF. 2005. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Arbie, R.R., W.D. Nugraha, & Sudarno. 2015. Studi Kemampuan Self Purification pada Sungai Progo Ditinjau dari Parameter Organik DO dan BOD (Point Source: Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi D.I. Yogyakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(3), 1–15. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan> Jurnal
- Astono, W. 2010. Penetapan Nilai Konstanta Dekomposisi Organik (K_d) Dan Nilai Konstanta Reaerasi (K_a) pada Sungai Ciliwung Hulu-Hilir. *Jurnal EKOSAINS*, 11(1), 40–45.
- Barakat, A., M. El-Baghdadi, J. Rais, B. Aghezzaf, & M. Slassi. 2016. Assessment of Spatial and Seasonal Water Quality Variaton of Oum Er Rbia River (Morocco) using Multivariate Statistical Techniques. *International Soil and Water Conservation Research*, 4, 284–292. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1016/j.iswer.2016.11.002>
- BPS. 2018. *Kabupaten Jember dalam Angka 2018*. Jember: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember.
- BSN. 2008. *SNI 6989.57:2008 Mengenai Air dan Air Limbah-Bagian 57:Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan*. <https://doi.org/SNI 6989.59:2008>
- BSN. 2015. *SNI 8066:2015 Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BSNI. 2008a. *SNI 6989-14: Cara Uji Oksigen Terlarut dengan Yodometri (Modifikasi Azida)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BSNI. 2008b. *SNI 6989-23: Cara Uji Suhu dengan Termometer*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Dharma, I.G.B.S., M.I. Yekti, & G.I. Permana. 2007. Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir. *Berkala Ilmiah Teknik Keairan*, 13(3), 155–170.
- Effendi, H. 2003a. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Effendi, H. 2003b. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan (Kanisius)*. Yogyakarta.
- Haider, H., W. Ali, & S. Haydar. 2013. A Review of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand Models for Large Rivers. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12, 127–142.

- Haider, H., W. Ali, & S. Haydar. 2013. A Review of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand Models for Large Rivers. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12, 127–142.
- Harsono, E. 2010. EVALUASI KEMAMPUAN PULIH DIRI OKSIGEN TERLARUT AIR SUNGAI CITARUM HULU Eko Harsono. *Jurnal LIMNOTEK*, 17(1), 17–36.
- Hendriarianti, E., & N. Karnaningroem. 2015. Deoxygenation Rate of Carbon in Upstream Brantas River in the City of Malang. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 5(12), 36–41.
- Huboyo, H.S., & B. Zaman. 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTG Tambak Lorok Semarang). *Jurnal Presipitasi*, 3(2), 40–45.
- Hydroscience. 1971. *Simplified Mathematical Modelling of Water Quality prepared for the Mitre Corporation and the US Environmental Protection Agency A, Water Programs, Washington, D .C.* New Jersey.
- Jouanneau, S., L. Recoules, M.J. Durand, A. Boukabache, V. Picot, Y. Primault, A. Lakel, M. Sengelin, B. Barillon, G. Thouand. 2013. Methods for Assessing Biochemical Oxygen Demand (BOD): A Review. *Water Research*, 49, 62–82.
- Kartikasari, A.N.I. 2018. *Identifikasi Perubahan Tata Guna Lahan DAS Bedadung Kabupaten Jember Menggunakan Citra Satelit Landsat-8*. Universitas Jember.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003. 2003. *Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air. 27 Juni 2003. Menteri Negara Lingkungan Hidup*. Jakarta: Deputi I MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup.
- Kordi, M.G.H., & A.B. Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Lee, C.C., & S.D. Lin. 2007. *Handbook of Environmental Engineering Calculations* (2nd editio). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Mahyudin, Soemarno, & T.B. Pragy. 2015. Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *J-PAL*, 6(2), 2105–2114.
- Metcalf & Eddy, (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th edition*. New York, US: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Nuruzzaman, M., A. Al-Mamun, & M.N.B. Salleh. 2018. A Modified Laboratory Approach to Determine Reaeration Rate for River Water. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 2037–2051. <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2897-0>
- Pradana, H.A., E. Novita, S. Wahyuningsih, & R. Pamungkas. 2019. Analysis of deoxygenation and reoxygenation rate in the Indonesia River (a case study: Bedadung River East Java). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 243, 1–9.
- Rohmah, N.J., K. Munandar, & I. Priantari. 2016. Keanekaragaman dan Kelimpahan Ikan di Sungai Bedadung Wilayah Muara. *Biologi*, 1–12. Retrieved from <http://repository.unmuhjember.ac.id/1770/>
- Suriadarma, A. 2011. Dampak Beberapa Parameter Faktor Fisik Kimia terhadap Kualitas Lingkungan Perairan Wilayah Pesisir Karawang Jawa Barat. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, 21(2), 21–36. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.14203/risetgeotam2011.v21.43>
- Ughbebor, J.N., J.C. Agunwamba, & V.E. Amah. 2012. Determination of Reaeration Coefficient K₂ for Polluted Stream as A Function of Depth, Hydraulic Radius, Temperatur, and Velocity. *Nigerian Journal of Hydrology*, 31(2), 1750180.
- Wafa, M.A., W.D. Nugraha, & S. Sumiyati. 2015. Studi Pengaruh Tata Guna Lahan terhadap Kualitas Air dengan Metode Indeks Pencemaran. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 1–10.
- Wahyuningsih, S., E. Novita, & R.F. Imami. 2019. Laju Deoksigenasi dan Laju Reaerasi Sungai Bedadung Segmen Desa Gumelar, Kabupaten Jember. *Agritech*, 39(2), 87–96.
- Wahyuningsih, S., E. Novita, & R. Ningtias. 2019. Laju Deoksigenasi dan Laju Reaerasi Sungai Bedadung Segmen Desa Rowotamtu Kecamatan Rambipuji Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.29303/jrpb.v7i1.97>
- Yogafanny, E. 2015. Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains Dan Lingkungan*, 7(1), 41–50.
- Yustiani, Y.M., H. Pradiko, & R.H. Amrullah. 2018. The Study of the Deoxygenation Rate of Rangu River Water during Dry Season. *International Journal of GEOMATE*, 15(47), 164–169.
- Yustiani, Y.M., S. Wahyuni, & M.R. Alfian. 2018. Investigation on the deoxygenation rate of water of cimanuk river, Indramayu, Indonesia. *Rasayan Journal of Chemistry*, 11(2), 475–481. <https://doi.org/10.7324/RJC.2018.1121892>

DAFTAR ISI

Technical Paper

1

**Laju Deoksigenasi dan Reoksigenasi Sungai Bedadung
(Studi Kasus di Desa Tamansari dan Desa Lojejer, Jember)**

*Deoxygenation and Reoxygenation Rate of Bedadung Stream
(Case Study at Tamansari and Lojejer Villages, Jember)*

Agus Dharmawan, Sri Wahyuningsih, Elida Novita

9

**Kajian Kebutuhan Air dan Koefisien Tanaman Padi (*Oryza sativa* L)
di Lahan Rawa Lebak**

*Study of Water Requirements and Coefficient of Rice Crops (*Oryzasativa* L)
in the Lebak Swamp*

Arjuna Neni Triana, Rahmad Hari Purnomo, Feldy Khalid

17

Analisa Head Losses pada Diameter Pipa terhadap Terbentuknya Kavitasasi Pompa

Analysis of Head Losses on Pipe Diameter to Formation of Pump Cavitation

Siti Aisyah, Zulham Effendi, WahyuYoga Pratama

23

**Reduksi Bahan Organik Kulit Kopi dan Eceng Gondok Terhidrolisis
Menggunakan Proses Anaerobik**

*Reduction of Hydrolyzed Coffee Pulp and Water Hyacinth
in Anaerobic Treatment for Coffee Wastewater*

Elida Novita, Sri Wahyuningsih, Subdatul Widad, Hendra Andiananta Pradana

31

**Simulation of Oil Palm Root Water Uptake
by Using 2D Numerical Soil-Water Flow Model**

Lisma Safitri, Andiko Putro Suryotomo, Satyanto Krido Saptomo.

Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor
d/a Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: <http://web.ipb.ac.id/~jtep>.

