

Purifikasi Alami Sungai Bedadung Hilir Menggunakan Pemodelan *Streeter-Phelps*

Sri Wahyuningsih*, Agus Dharmawan, Elida Novita

Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, Jember, Jawa Timur, Indonesia 68121

*Corresponding author: sriwahyuningsih.ftp@unej.ac.id

Info Artikel: Diterima 24 Agustus 2019 ; Disetujui 21 April 2020 ; Publikasi 1 Oktober 2020

Cara sitasi (Vancouver): Dharmawan A, Wahyuningsih S, Novita E. Purifikasi Alami Sungai Bedadung Hilir Menggunakan Pemodelan *Streeter-Phelps*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2020 Oct;19(2):95-102. <https://doi.org/10.14710/jkli.19.2.95-102>.

ABSTRAK

Latar Belakang: Sungai Bedadung hilir berada di Kabupaten Jember dan merupakan bagian sungai utama di DAS Bedadung. Sungai ini berperan penting bagi kehidupan masyarakat Jember. Kegiatan penggunaan lahan mengubah fungsi sungai menjadi saluran pembuang limbah. Limbah organik masuk ke badan air Sungai Bedadung dan menurunkan oksigen terlarut di perairan.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Data primer diperoleh dengan melakukan pengukuran debit dan kualitas air (Temperatur, DO dan BOD) sungai di lima titik pantau. Data tersebut kemudian diolah dan digunakan sebagai input variabel persamaan *Streeter-Phelps*.

Hasil: Berdasarkan penelitian yang dilakukan laju deoksigenasi dan reoksigenasi Sungai Bedadung hilir tertinggi berada pada BDG02 masing-masing 7.997 mg/L.hari dan 19.168 mg/L/hari. Purifikasi alami yang dimodelkan dengan persamaan *Streeter-Phelps*, pada BDG02 tidak menunjukkan tren penurunan oksigen terlarut, sedangkan empat titik yang lain cenderung turun, mencapai kondisi kritis dan saturai di waktu yang berbeda. Hasil pembuktian model menunjukkan terjadi perbedaan nilai DO model terhadap kondisi lapangan (DO aktual).

Simpulan: Aplikasi pemodelan *Streeter-Phelps* untuk menganalisis purifikasi alami Sungai Bedadung tidak dapat menunjukkan kesesuaian dengan kondisi lapang, karena proses deoksigenasi dan reoksigenasi di sepanjang sungai selalu berbeda dengan model bergantung pada tambahan pencemar dan hidraulik sungai.

Kata Kunci: DO; purifikasi alami; *Streeter-Phelps*

ABSTRACT

Title : Natural Purification of Bedadung River Using Streeter-Phelps Equation

Background: Bedadung Downstream, at Jember Region, is the primary river of Bedadung basin. The river has its meaningful advantages to public activities. Change of land uses the stream functions to a big drainage channel. Organic pollutants entrance to the water body and decrease the concentration of dissolved oxygen.

Methods: This research was descriptive. The primary data was obtained by measuring stream flows and water quality (Temperature, DO, and BOD) at five observed stations. The data were processed and used as variable inputs to the Streeter-Phelps equation.

Results: Based on the research conducted, BDG02 had the highest values of deoxygenation and reoxygenation rates, which were 7.997 mg/L.day and 19.168 mg/L.day respectively. DO_{mod} at BDG02 tends to line up, whereas DO_{mod} at four stations had a tendency to declined to critical conditions and rise to the saturation condition at different times. DO sag model was different from actual DO, which measured directly in the water body.

Conclusions: The use of the Streeter-Phelps equation to analyze the self-purification of Bedadung downstream wasn't appropriate with the field conditions. Deoxygenation and reoxygenation process in the river body was typically difference with the model applied, which were affected by organic pollutants and stream hydraulics.

Keywords: DO; self-purification; Streeter-Phelps

PENDAHULUAN

Sungai Bedadung merupakan sungai utama yang berada di DAS Bedadung dan terletak di Kabupaten Jember. DAS Bedadung berada di 16 kecamatan yaitu Panti, Sukorambi, Jelbuk, Arjasa, Patrang, Sukowono, Sumberjambe, Ledokombo, Pakusari, Sumbersari, Kalisat, Ajung, Rambipuji, Balung, Wuluhan, dan Puger, dengan total penduduk 1.378.034 jiwa pada tahun 2017.¹ Sungai Bedadung berperan antara lain dalam menyediakan air bagi kelangsungan hidup di daerah aliran sungai, seperti baku air minum, irigasi pertanian, MCK, pengendali banjir dan lain sebagainya.

Meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya suatu kawasan di sekitar sungai berakibat pada pola aktivitas masyarakat yang semakin meningkat² dan menghasilkan pencemaran yang dibuang ke sungai. Zat pencemar akibat aktivitas penduduk yang masuk ke Sungai Bedadung bervariasi, antara lain berupa limpasan perumahan penduduk, MCK, sampah pasar, limbah cair industri, kotoran ternak, dan tumpukan sampah. Zat pencemar ini apabila tidak dikendalikan adapat menurunkan kualitas air 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.³ Menurunnya kondisi kualitas air Sungai Bedadung dapat mengganggu kehidupan organisme perairan sungai.

Dalam rangka upaya pengendalian pencemaran air ditetapkan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.⁴ Perhitungan penetapan daya tampung beban pencemaran sumber air dapat menggunakan metode *Streeter-Phelps* sesuai yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air.⁵

Pada penentuan daya tampung beban pencemaran air sungai, kondisi kualitas air Sungai Bedadung dapat digambarkan melalui perubahan oksigen atau defisit oksigen yang terjadi di sungai. *Streeter-Phelps* mengembangkan persamaan akibat perubahan pasokan oksigen terlarut (DO). Perubahan ini terdiri atas proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) akibat aktivitas bakteri dalam menguraikan bahan organik dalam air (dekomposisi bahan organik) serta proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi) yang disebabkan oleh turbulensi aliran sungai.⁶ Perubahan konsentrasi oksigen terlarut tersebut juga dapat digunakan untuk menggambarkan kemampuan purifikasi alami (*self-purification*) Sungai Bedadung.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar laju deoksigenasi dan reksigenasi Sungai Bedadung hilir serta mengetahui aplikasi pemodelan *Streeter-Phelps* dalam mengkaji kemampuan pulih diri (*self-purification*) Sungai Bedadung hilir yang berlokasi di Kecamatan Rambipuji, Balung, Wuluhan, dan Puger sebagai akhir pencampuran limbah organik yang masuk ke badan air di sepanjang sungai hulu sampai dengan tengah.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan selama Bulan Maret sampai Mei 2019. Penelitian dilakukan di Sungai Bedadung hilir yang mengalir di Kecamatan Rambipuji, Balung, Wuluhan dan Puger. Pengambilan data lapangan terdiri atas pengukuran debit dan kualitas air (terdiri atas Temperatur, DO, dan BOD). Pengambilan data dilakukan di 5 titik pantau dengan panjang sungai kajian 18.070 meter. Titik pengukuran debit ditentukan dengan mencari lokasi yang distribusi alirannya merata dan tidak ada aliran yang memutar.⁷ Selain itu, titik pengukuran debit yang digunakan sebagai titik pengambilan contoh uji harus berada pada lokasi setelah menerima zat pencema,⁸ sehingga zat pencemar yang masuk dari aktivitas pertanian dan domestik di sekitar sungai dapat tercampur secara maksimal. Tahapan dalam penelitian dilakukan meliputi:

1. Pengukuran Debit

Kegiatan pengukuran debit dilakukan dengan membuat profil sungai (*cross section*) dan mengukur kecepatan aliran. 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.⁹ 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).

2. 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 contoh uji untuk analisa parameter kualitas air dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu parameter lapangan (DO) yang dan parameter laboratorium (BOD₅, 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 $\pm 4^{\circ}\text{C}$.

3. Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran temperatur air sungai dilakukan di lapangan pada setiap titik lokasi pengambilan contoh uji menggunakan termometer.¹⁰ Pengukuran oksigen terlarut dilakukan di lapangan menggunakan metode yodometri (modifikasi azida atau titrasi Winkler).¹¹ Pengukuran BOD dilakukan dengan menginkubasi contoh uji pada botol BOD bertemperatur 20°C selama 5 hari. BOD₅ 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. Pengukuran BOD dilakukan menggunakan metode yodometri.¹¹

4. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dari hasil pengukuran dan perhitungan menggunakan metode dan persamaan empiris. Data perhitungan kemudian disajikan dalam grafik untuk melihat kecenderungan data. Grafik kemudian dianalisis berdasarkan teori yang mendukung dan berdasarkan keadaan lapang.

Pemulihan diri (purifikasi) Sungai Bedadung hilir diketahui dengan analisis daya tampung beban pencemaran pada sumber air menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 110 2003 menggunakan metode matematis yaitu metode Streeter-Phelps.⁵ Pemodelan Streeter dan Phelps mengembangkan keseimbangan pasokan oksigen terlarut akibat deoksigenasi dan reoksigenasi¹² dengan mendiferensiasi proses tersebut terhadap fungsi waktu dan jarak,¹³ dengan asumsi bahwa keseimbangan oksigen yang terjadi dalam sistem aliran sungai yang terdistribusi secara merata. Persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$\frac{dD_t}{dt} = K_D \cdot L_t - K_R \cdot D_t$$

Hasil diferensial orde 1 persamaan diatas adalah

$$D_t = \frac{K_D \cdot L_0}{K_R - K_D} (e^{-K_D \cdot t} - e^{-K_R \cdot t}) + D_0 e^{-K_R \cdot t}$$

Konsentrasi DO perairan dalam model terhadap fungsi jarak dan waktu ditentukan dari selisih DO saturasi dan DO defisit, D_t . DO hasil pemodelan dibandingkan dengan pengukuran DO aktual di lapangan sesuai dengan titik yang ditentukan.

Laju oksidasi biokimiawi senyawa organik ditentukan oleh konsentrasi senyawa organik sisa (residual)¹⁴ atau ditunjukkan dengan persamaan di bawah. Jika konsentrasi awal senyawa organik sebagai BOD adalah L_0 yang dinyatakan dalam BOD ultimat (total) dan L_t adalah BOD pada saat t (mg/L), maka hasil integrasi pertama persamaan diatas selama masa oksidasi adalah:

$$\frac{dL}{dt} = -K \times L \Leftrightarrow L_t = L_0 \cdot e^{(-K \cdot t)}$$

Menurut Metcalf dan Eddy (2004), nilai L_0 diperoleh

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

dari persamaan:

Penentuan konstanta reaksi bahan organik (K) pada botol BOD ditentukan menggunakan metode least square menggunakan pengamatan BOD selama 10 hari dengan interval waktu pengamatan 2 harian yaitu BOD 2,4,6,8,10.^{15,16} Matriks least square ditunjukkan pada Tabel 4 dan menggunakan persamaan berikut.

$$na + b \sum y - \sum y' = 0 \quad \text{dan} \quad a \sum y + b \sum y^2 - \sum yy' = 0$$

Dengan: n = jumlah data contoh uji, y = BOD_t (mg/L),

$$y' = \frac{y_{n+1} - y_{n-1}}{2 \Delta t}, \quad b = -K, \quad \text{dan} \quad a = -b \text{UBOD.}$$

Nilai K adalah konstanta dekomposisi bahan organik (Hari⁻¹) pada botol BOD dengan temperatur inkubasi 20°C .

Kecepatan reduksi oksigen per hari akibat dekomposisi bahan organik yang larut dalam air (laju dekomposisi) dihitung dengan persamaan berikut.¹⁷

$$r_D = K_{D,T} \times L_t = K_{D,T} (1.047)^{T-20} \times L_t$$

Nilai K_D diperoleh dari persamaan Hydroscience (1971)¹⁸ berikut $K_D = 0.3 \left(\frac{H}{8} \right)^{-0.434}$

Kecepatan transfer oksigen dari udara ke air akibat turbulensi (laju reoksienasi) dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$r_R = K_{R,T} \times D = K_{R,T} (1.016)^{T-20} \times (DO_S - DO_{act})$$

Nilai DOS ditentukan dari hubungan antara kadar oksigen terlarut jenuh terhadap temperatur air pada tekanan udara 760 mmHg dan klorinitas 0 mg/L.¹⁹ Nilai K_R diperoleh dari persamaan O'Conner dan

$$\text{Dobbins (1952)}^{20}: K_R = 3.93 \frac{v^{0.5}}{H^{1.5}}$$

Keterangan simbol:

- r_D = laju deoksigenasi (mg/L.hari),
- K_D = konstanta deoksigenasi (/hari) pada 20°C ,
- $K_{D,T}$ = konstanta deoksigenasi (/hari) pada $T^{\circ}\text{C}$,
- L_t = bahan organik pada t (mg/L),
- BOD₅ = BOD 5 hari (mg/L),
- L_0 = BOD ultimat (total) perairan (mg/L),
- r_R = laju reoksigenasi (mg/L/hari),
- K_R = konstanta reoksigenasi (/hari) pada 20°C ,
- $K_{R,T}$ = konstanta reoksigenasi (/hari) pada $T^{\circ}\text{C}$,
- DO_S = DO saturasi (mg/L),
- DO_{act} = DO air (mg/L),
- T = temperatur air ($^{\circ}\text{C}$),
- v = kecepatan aliran air rata-rata (m^2/s),
- H = kedalaman aliran rata-rata (m).

HASIL DAN PEMBAHASAN

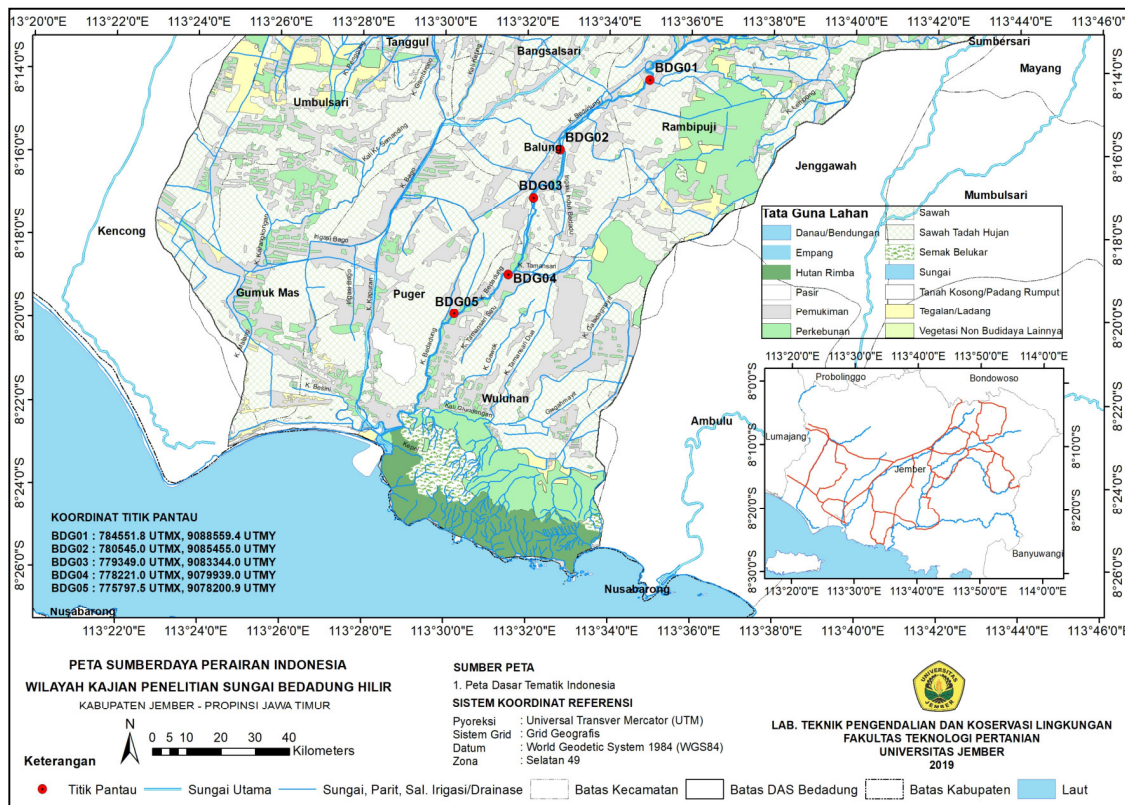
Sungai Bedadung yang menjadi wilayah kajian mengalir melewati Kecamatan Rambiputji, Balung, Wuluhan dan Puger. Tata guna lahan wilayah kajian terdiri atas pemukiman, sawah irigasi, pekarangan. Aktivitas penggunaan lahan di wilayah kajian diyakini menyumbangkan pencemaran pada lingkungan dan terbuang ke sungai. Konsentrasi pencemar yang

masuk dapat menjadikan ekosistem yang tinggal di sungai terganggu dan menurunkan kualitas air. Material pencemaran yang masuk ke Sungai Bedadung bervariasi, antara lain limpasan perumahan penduduk, MCK, sampah pasar, kotoran ternak, dan tumpukan sampah.

Kemampuan purifikasi alami Sungai Bedadung dapat diketahui dengan mengukur perubahan oksigen terlarut (DO) akibat pencemaran yang masuk ke badan air sungai. (DO) merupakan salah satu parameter penting yang mencerminkan kesehatan sungai.²¹ DO sangat vital bagi kehidupan akuatik untuk kehidupan organisme.²² Ketika pencemar organik masuk ke badan air, oksigen digunakan untuk

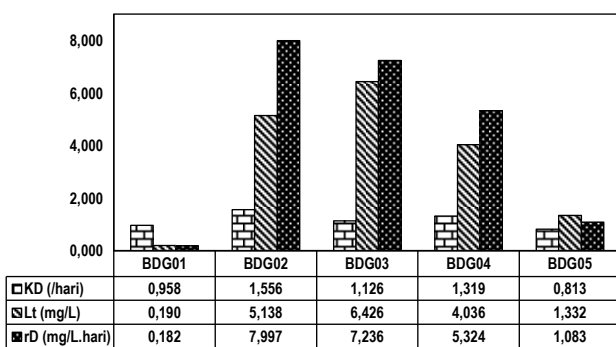
mendekomposisi bahan organik sehingga menurun jumlah oksigen dalam air.

Konsentrasi DO pada suatu perairan bersifat tidak tetap atau berubah-ubah yang dikontrol oleh proses fisika, kimia dan biologi yang terjadi di perairan. Masuknya limpasan (*run-offs*) dan penggunaan oksigen terlarut untuk mendekomposisi bahan organik menurunkan oksigen terlarut di perairan.²² Di sisi lain, faktor temperatur, geometri dan hidrodinamika sungai dapat mempengaruhi penambahan oksigen ke perairan (*reaerasi*).²³ Perubahan DO dapat digunakan untuk menggambarkan kemampuan sungai dalam membersihkan diri atau *self purification* dari pencemar organik.²⁴



Gambar 1. Peta tata guna lahan wilayah kajian Sungai Bedadung

1. Deoksigenasi Sungai Bedadung

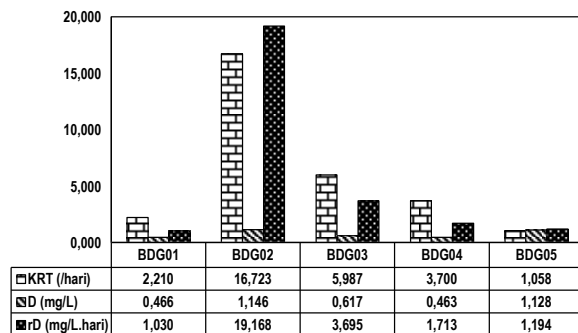


Gambar 3. Laju deoksigenasi S. Bedadung hilir

Pencemar organik yang ada di sungai mengandung sumber energi bagi mikroorganisme heterotropik. Selama proses ini, mikroorganisme tersebut menggunakan oksigen untuk mendekomposisi bahan organik.¹⁸ Gambar 3 menunjukkan besar laju deoksigenasinya. Laju deoksigenasi menunjukkan kecepatan reduksi oksigen terlarut pada suatu perairan akibat penggunaan oleh mikroba mendegradasi bahan organik.²⁵ Laju deoksigenasi dipengaruhi oleh konstanta deoksigenasi (K_D) dan BOD ultimat. Angka konstanta laju deoksigenasi (K_D) menunjukkan besarnya laju penguraian bahan organik oleh mikroorganisme aerob di perairan dalam satuan waktu.²⁶ Berdasarkan persamaan Hydroscience (1971), besarnya K_D di perairan bergantung pada kedalaman

sungai (H). Kedalaman sungai mempengaruhi kehidupan mikroba karena semakin dalam sungai semakin rendah suplai oksigen terlarut dan sedikit mikroba yang dapat bertahan hidup pada kondisi tersebut.²⁷ Kedalaman Sungai Bedadung hilir di lima titik pantau disajikan pada Tabel 1. Kedalaman sungai menunjukkan nilai yang berbeda berdasarkan hasil pengukuran morfologi sungai di lapangan. Nilai laju deoksigenasi dari kelima titik pantau cenderung fluktuatif berada pada nilai 0.182 - 7.997 mg/L.hari. Pada BDG01 yang memiliki nilai terendah 0.182 mg/L.hari, angka kecepatan deoksigenasi sebesar 0.960 /hari disebabkan sungai yang dalam yang mempengaruhi kehidupan mikroba dan konsentrasi BOD rendah 1.017 mg/L. Sedangkan laju reduksi oksigen terlarut sebesar 7.997 mg/L.hari pada BDG02 disebabkan oleh konsentrasi BOD yang berada di badan air lebih tinggi 5.138 mg/L yang diikuti dengan tingginya nilai kecepatan dekomposisi bahan organik berlangsung akibat kedalaman relatif dangkal yang mempengaruhi kehidupan mikroba yakni sebesar 0.738 /hari. Dari hasil penelitian dan perhitungan, faktor yang sangat mempengaruhi besar laju deoksigenasi di Sungai Bedadung hilir disebabkan oleh tingginya konsentrasi penemaran organik yang masuk dan terkandung di badan air sungai. Tingginya pencemar organik yang masuk, terindikasi dari konsumsi oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik pada botol BOD. Akan sangat membahayakan apabila penurunan DO berada di bawah batas yang direkomendasikan untuk kehidupan biota air.²³

2. Reoksigenasi Sungai Bedadung



Gambar 4. Laju reoksigenasi S. Bedadung hilir

Laju reoksigenasi menunjukkan kecepatan pertukaran gas oksigen ke badan air akibat faktor hidraulik sungai. Laju reoksigenasi dipengaruhi oleh konstanta reoksigenasi (K_R) dan defisit oksigen terlarut pada perairan¹⁷. Hasil perhitungan besar laju deoksigenasi disajikan pada Gambar 4. Angka konstanta kecepatan reoksigenasi (K_R) menunjukkan besarnya laju transfer oksigen dari atmosfer ke dalam perairan. Nilai konstanta reoksigenasi (K_R) ditentukan menggunakan persamaan O'Connor-Dobbins (1958).²⁰ Berdasarkan persamaan

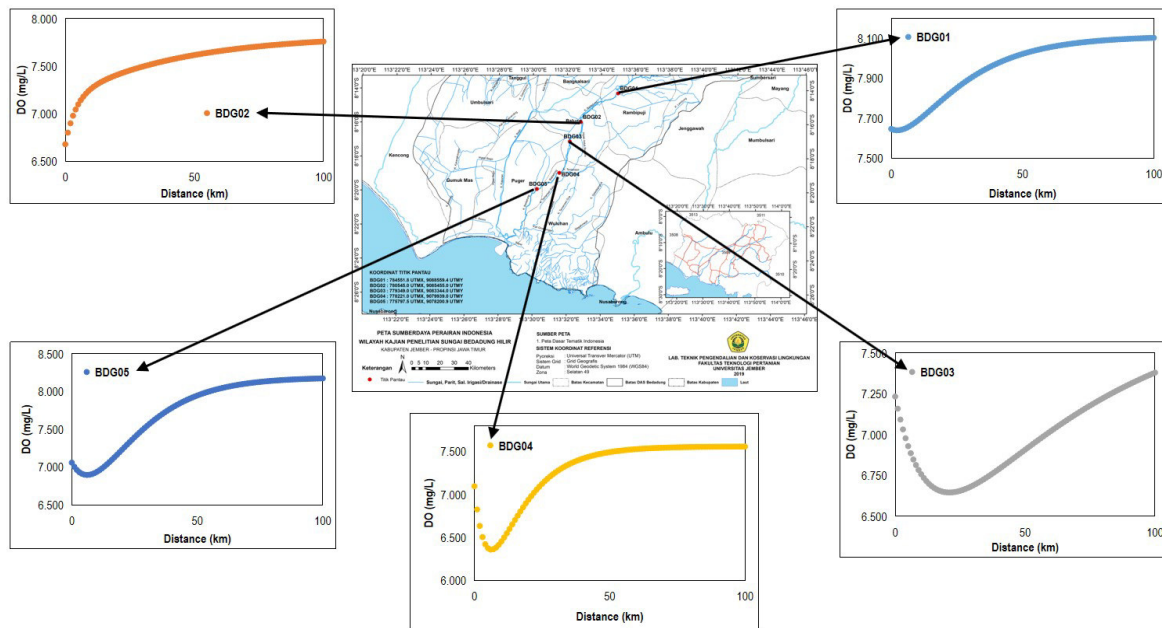
empiris tersebut, besarnya K_R di perairan tergantung dari kombinasi antara nilai kecepatan (v) dan kedalaman air (H). Sehingga semakin deras dan dangkal suatu perairan semakin besar angka konstanta kecepatan reoksigenasi (K_R) dan sebaliknya.²⁶

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 cepat dan dangkal, sehingga memiliki nilai K_R 19.168 mg/L.hari. Sebaliknya kondisi badan air sungai dengan aliran lambat dan relatif dalam, akan memiliki nilai K_R kecil seperti pada BDG01 1.030 mg/L.hari dan BDG05 1.194 mg/L.hari. Sedangkan nilai defisit oksigen pada kelima titik pantau tidak terlalu berpengaruh karena konsentrasi oksigen terlarut di perairan dipengaruhi oleh temperatur.

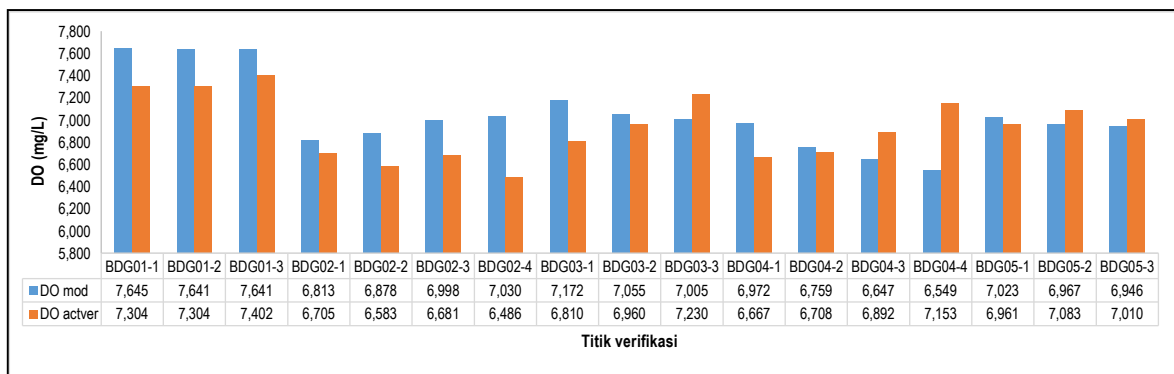
Perubahan konsentrasi oksigen terlarut pada perairan dipengaruhi oleh proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) akibat aktivitas mikroba dalam mendekomposisi bahan organik dalam air serta proses peningkatan oksigen terlarut (reoksigenasi) yang disebabkan oleh turbulensi aliran sungai.⁶ Kedua parameter ini kemudian dimodelkan oleh Streeter and Phelps (1925) yang mengembangkan hubungan antara penurunan sumber pencemar organik dan oksigen terlarut pada sungai.²⁸ Pemodelan Streeter-Phelps (1925) menginisiasi perubahan defisit oksigen pada suatu perairan akibat dari konsumsi oksigen oleh mikroba dan penambahan oksigen akibat turbulensi. Pengurangan oksigen (*oxygen sag*) dalam air sungai setiap waktunya selama terjadinya proses pemurnian alami (*self purification*) adalah perbedaan antara nilai kadar DO saturasi dan kadar DO aktual pada waktu tersebut. Pembentukan kurva penurunan oksigen (*DO sag*) Sungai Bedadung pada kelima titik pantau menggunakan pemodelan *Streeter-Phelps* ditunjukkan Gambar 4.

Kondisi DO aktual pada perairan bergantung pada zat pencemar organik (*biodegradable*) yang masuk ke badan air. Semakin banyak zat pencemar tersebut semakin DO berkurang dan defisit oksigen meningkat. Grafik penurunan oksigen terlarut pada Gambar 4 di atas menggambarkan terjadinya pemurnian alami kandungan oksigen terlarut di Sungai Bedadung hilir. Keempat titik pantau BDG01, BDG03, BDG04, dan BDG05 DO menunjukkan penurunan, dan mencapai kondisi kritis dan saturasi pada jarak yang berbeda-beda. Hal tersebut dikarenakan secara model nilai DO turun akibat penggunaan oleh mikroorganisme mendekomposisi bahan organik. Sedangkan pada titik pantau BDG02 tren *DO sag* naik dikarenakan reaerasi yang terjadi tinggi. Reaerasi akan meningkat seiring dengan tingginya nilai perbandingan kecepatan aliran dan kedalaman.⁶

3. Self Purification Sungai Bedadung



Gambar 4. Kurva penurunan oksigen terlarut Sungai Bedadung Hilir



Gambar 5. Hubungan konsentrasi DO model dan DO aktual verifikasi

Untuk mengetahui kesesuaian tren DO sag (model) dengan DO lapangan, maka dilakukan pembuktian dengan mengukur DO aktual verifikasi. Penentuan titik pengukuran DO aktual verifikasi dilakukan pada titik yang ditentukan sepanjang ruas sungai sebelum mencapai titik pantau selanjutnya. Hasil perbandingan antara DO model dengan pengukuran DO aktual verifikasi disajikan pada Gambar 5.

Pola penurunan DO yang ditunjukkan oleh DO aktual verifikasi tidak seiring dengan penurunan atau kenaikan DO model, dan cenderung nilai DO aktual verifikasi berada di bawah DO model. Hal tersebut dikarenakan oleh faktor deoksigenasi dan reoksigenasi yang terjadi disepanjang ruas wilayah kajian Sungai Bedadung. Adanya bahan pencemar organik yang masuk ke badan air sepanjang sungai yang tersebar dan besar konsentrasinya tidak dapat diamati dan ditentukan, diyakini menurunkan DO perairan. Selain

itu, kecepatan penambahan oksigen ke perairan yang tercemar bergantung pada banyak faktor seperti kedalaman air, kecepatan air, oksigen defisit, dan temperatur air dalam lingkungan.²⁹

Pemodelan kualitas air *Streeter-Phelps* dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang kompleks.³⁰ Pemodelan ini hanya menginisiasi kondisi pada titik yang sudah mengalami pencampuran bahan pencemar, dengan mengukur konsentrasi pencemar dan kondisi hidraulik sungai pada titik tersebut. Namun proses deoksigenasi dan reoksigenasi di sepanjang sungai selalu berbeda dengan model bergantung pada tambahan pencemar dan hidraulik sungai. Aplikasi pemodelan *Streeter-Phelps* harus lebih dicermati karena ketepatan model ini sangat bergantung pada berbagai parameter dan koefisien lingkungan yang ditentukan dari banyak pengamatan/pengukuran lapangan dan banyak laboratorium.³⁰

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan: (1) Laju deoksigenasi Sungai Bedadung tertinggi berada pada BDG02 7.997 mg/L.hari karena tingginya pencemar organik di titik tersebut. (2) Laju reoksigenasi tertinggi juga berada pada BDG02 19.168 mg/L/hari karena geometri sungai dalam dan aliran cepat sehingga proses reaerasi cepat terjadi. (3) Purifikasi alami yang dimodelkan dengan persamaan Streeter-Phelps, pada BDG02 tidak menunjukkan tren penurunan oksigen terlarut, sedangkan empat titik yang lain cenderung turun, mencapai kondisi kritis dan saturasi di waktu yang berbeda. (4) Terjadi perbedaan nilai DO model *Streeter-Phelps* terhadap kondisi lapangan (DO aktual), karena pemodelan ini hanya menginisiasi kondisi pada titik pencemar yang diukur, akan tetapi proses deoksigenasi dan reoksigenasi di sepanjang sungai selalu berbeda dengan model bergantung pada tambahan pencemar dan hidraulik sungai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada KEMERISTEKDIKTI yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Hibah Penelitian Dasar Perguruan Tinggi yang diselenggarakan oleh Direktorat Jendral Penguatan Riset dan Pengembangan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada anggota tim yang tergabung dalam Tim Pemodelan Kualitas Air Sungai Bedadung tahun penelitian 2018. Taklupa penulis mengucapkan terima kasih juga kepada ketua dan staff Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan atas bantuannya memfasilitasi peminjaman dan menggunakan peralatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik. Kabupaten Jember dalam Angka 2018. Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember; 2018.
2. Mahyudin, Soemarno, Praygo T B. Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *J-PAL* 2015, 6(2): 105 – 114.
3. Rohmah N J, Munandar K, Priantari I. Keanekaragaman dan Kelimpahan Ikan di Sungai Bedadung Wilayah Muara. *Biologi*, 2016, 1–12. Retrieved from <http://repository.unmuhjember.ac.id/1770/>
4. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010. Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. 14 Januari 2010. Jakarta; 2010.
5. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003. Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pecemaran Air pada Sumber Air. 27 Juni 2003. Jakarta; 2003.
6. Arbie R R, Nugraha W D, Sudarno. Studi Kemampuan Self Purification pada Sungai Progo Ditinjau dari Parameter Organik DO dan BOD (Point Source: Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D.I. Yogyakarta). *Jurnal Teknik Lingkungan* 2015, 4(3): 1 – 15.
7. Badan Standarisasi Nasional. SNI 8066: Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung. Jakarta; 2015.
8. Badan Standarisasi Nasional. SNI 6989- 57. Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Jakarta; 2008.
9. Rahayu S, Widodo R H, van Noordwijk M, Suryadi I, Verbist B. Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. Bogor; 2009. www.worldagroforestry.esdm.go.id/library/sijh/PP801_KualitasAir.pdf. [15 Februari 2018].
10. Badan Standarisasi Nasional. SNI 6989-23: Cara Uji Suhu dengan Termometer. Jakarta; 2008.
11. Badan Standarisasi Nasional. SNI 6989-14: Cara Uji Oksigen Terlarut dengan Yodometri (Modifikasi Azida). Jakarta; 2008.
12. Uzoigwe L O, Maduakolam S C, Samuel C. Development of oxygen sag curve: a case study of Otamiri River, Imo State. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS)* 2015, 1(4): 371–388.
13. Marganingrum D, Djuwansah M R, Mulyono A. Penilaian Daya Tampung Sungai Jangkok dan Sungai Ancar terhadap Polutan Organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 2018, 19(1): 71 – 80. doi: 10.29122/jtl.v19i1.1789
14. Streeter H W, Phelps E B. A Study of The Pollution and Natural Purification of Ohio River. US Public Health Service, Washington DC; 1925.
15. Tchobanoglous G, Burton F L, Stensel H D. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th edition. Metcalf and Eddy, Inc. and The McGraw-Hill Companies, Inc. New York; 2003.
16. Lee C C, Lin S D. Handbook of Environmental Engineering Calculations, 2nd edition. McGraw-Hill Companies, Inc. New York; 2007.
17. Hydroscience, Inc. Simplified Mathematical Modelling of Water Quality prepared for the Mitre Corporation and the US Environmental Protection Agency A, Water Programs, Washington, DC. New Jersey; 1971.
18. Haider H, Ali W, Haydar S. A Review of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand Models for Large Rivers. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Science* 2013, 12: 127 – 142.
19. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington DC; 2005.

20. O'Connor D J, Dobbins W E. Mechanisms of reaeration of natural streams. American Society of Civil Engineers 1958, (123)1, 641-666.
21. Haider H, Ali W. 2010. Development of Dissolved Oxygen Model for a Highly Variable Flow River: A Case Study of Ravi River in Pakistan. Environmental Model Assessment 2010, 15:583-599.
22. Abowei J F N. Salinity, Dissolved Oxygen, pH and Surface Water Temperature Conditions in Nkoro River, Niger Delta, Nigeria. Advance Journal of Food Science and Technology 2010, 2(1): 36-40.
23. Ughbebor J N, Agunwamba J C, Amah V E. Determination of Reaeration Coefficient K₂ for Polluted Stream as A Function of Depth, Hydraulic Radius, Temperatur, and Velocity. Nigerian Journal of Hydrology 2012, 31(2):175 – 180.
24. Wahyuningsih S, Novita E, Ningtias R. Laju Deoksigenasi dan Laju Reaerasi Sungai Bedadung Segmen Desa Rowotamtu Kecamatan Rambipuji Kabupaten Jember. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem 2019, (7)1: 1 – 7. doi: 10.29303/jrpb.v7i1.97
25. Yustiani Y M, Pradiko H, Amrullah R H. The Study of the Deoxygenation Rate of Rangkun River Water during Dry Season. International Journal of GEOMATE 2018, (15)47: 164-169.
26. Astono W. Penetapan Nilai Konstanta Dekomposisi Organik (KD) dan Nilai Konstanta Reaerasi (KA) pada Sungai Ciliwung Hulu – Hilir. Jurnal Ekosains 2010, 2 (1), 40 – 45.
27. Yustiani Y M, Wahyuni S, Alfian M R. Investigation on the Deoxygenation Rate of Water of Cimanuk River Indramayu Indonesia. Rasayan J. Chem. 2018, 11(2): 475 – 481. doi: 10.31788/RJC.2018.1121892.
28. Jha R, Singh V P. Analytical Water Quality Model for Biochemical Oxygen Demand Simulation in River Gomti of Ganga Basin, India. KSCE Journal of Civil Engineering 2008, 12(2): 141-147.
29. Longe E O, Omole D. O. Analysis of Pollution Status of River Illo, Ota, Nigeria. Environmentalist 2008.
30. Yu L, Salvador N N B. Modeling Water Quality in Rivers. American Journals of Applied Science 2005, 2(4): 881 - 886.