

DAYA TAMPUNG SUNGAI REMBAGAN TERHADAP BEBAN PENCEMARAN MENGUNAKAN METODE STREETER-PHELPS

CARRYING CAPACITY OF THE REMBAGAN RIVER TOWARD POLLUTION LOAD USING THE STREETER-PHELPS METHOD

Sri Wahyuningsih^{1✉}, Elida Novita¹, Irfan Dwi Satya¹

¹Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

✉Komunikasi Penulis, email: sriwahyuningsih.ftp@unej.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv10.i2.209-219>

Naskah ini diterima pada 8 Oktober 2021; revisi pada 27 April 2021;
disetujui untuk dipublikasikan pada 3 Mei 2021

ABSTRACT

Rembagan River is the main tributary of the Bedadung River in Cangkring Village, Patrang District, Jember Region. Various community activities in the Rembagan River area such as bathing, washing, defecating and urinating as well as agricultural activities will produce domestic and agricultural waste. These waste can cause river water pollution, especially water quality degradation. Then the research needs to be done an analysis of the capacity of the Rembagan River in receiving pollution costs. The purpose of the study was to find out how much the ability of the Rembagan River to accept the burden of pollutants using the Streeter-Phelps method. Streeter-Phelps modeling takes into account two phenomena, it was the process of decreasing dissolved oxygen (deoxygenation) and the process of increasing dissolved oxygen (reaeration). The results obtained from the calculations were oxygen sag curves determined on the basis of oxygen deficit values. The average values of deoxygenation rate and reoxygenation rate were sequentially 1.58931 mg/L/day and 10.09982 mg/L/day. So that self-purification can run well which means the water quality of the Rembagan River was still relatively good. This can be seen in the DO model pattern that goes up in each segment. The actual DO of 5.6760 mg/L was greater than the DO standard of class III quality of 3 mg/L. It can be interpreted that the Rembagan River still has a remaining DO of 2.676 mg/L and was still able to accept pollution cost of 18.8 kg/day.

Keywords: *pollution load, Rembagan River, river capacity*

ABSTRAK

Sungai Rembagan merupakan anak sungai utama dari Sungai Bedadung yang berada di Desa Cangkring, Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Kegiatan masyarakat yang berada di sekitar Sungai Rembagan yaitu mandi, mencuci, buang air besar dan air kecil serta kegiatan pertanian akan menghasilkan limbah domestik dan pertanian. Limbah-limbah tersebut dapat menyebabkan pencemaran air sungai terutama penurunan kualitas air, maka perlu dilakukan penelitian analisis daya tampung Sungai Rembagan dalam menerima beban pencemaran. Tujuan penelitian ini yaitu agar dapat mengetahui berapa besar kemampuan Sungai Rembagan dalam menerima beban pencemar menggunakan metode *Streeter-Phelps*. Pemodelan *Streeter-Phelps* memperhitungkan dua fenomena yaitu proses penurunan oksigen terlarut (deoksigenasi) dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi). Hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut yaitu kurva penurunan oksigen yang di tentukan atas dasar nilai defisit oksigen. Rata-rata nilai laju deoksigenasi sebesar 1,58931 mg/L/hari dan rata-rata nilai laju reaerasi sebesar 10,09982 mg/L/hari, sehingga purifikasi alamiah (*self purification*) dapat berjalan dengan baik yang artinya kualitas air Sungai Rembagan masih tergolong berkondisi baik. Hal ini dapat terlihat pada pola DO model yang cenderung naik pada setiap segmen. DO aktual yaitu 5,6760 mg/L lebih besar dari DO baku mutu kelas III sebesar 3 mg/L, sehingga Sungai Rembagan masih mempunyai DO sisa sebesar 2,676 mg/L dan masih mampu menerima beban pencemaran sebesar 18,8 kg/hari.

Kata Kunci: *beban pencemaran, daya tampung sungai, Sungai Rembagan*

I. PENDAHULUAN

Badan air memiliki kapasitas dalam menampung masukan beban pencemar serta mampu melakukan proses purifikasi alamiah. Beban pencemar yang masuk ke dalam air menyebabkan kadar oksigen dalam air mengalami defisit. Beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menilai kemampuan mengelola suatu badan air terhadap bahan buangan adalah temperatur aliran badan air, kekeruhan dan kadar oksigen terlarut di dalam air itu sendiri yang disebut *dissolved oxygen* (Ryadi, 1984).

Sungai Rembagan merupakan salah satu anak sungai dari Sungai Bedadung yang berada di Desa Cangkring, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Masyarakat menggunakan Sungai Rembagan sebagai sumber air untuk kebutuhan sehari-hari dan kebutuhan irigasi pertanian. Berbagai aktifitas manusia seperti kegiatan industri, pemukiman dan pertanian akan menghasilkan limbah yang mengakibatkan penurunan kualitas air sungai (Suriawiria, 2013). Kegiatan sehari-hari masyarakat di sekitar Sungai Rembagan yaitu mandi, mencuci, kakus dan kegiatan pertanian serta tempat pembuangan sampah dari pemukiman di sekitar sungai yang akan menghasilkan limbah domestik dan pertanian. Limbah-limbah tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang mengindikasikan air sungai tercemar. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian analisis daya tampung Sungai Rembagan dalam menerima beban pencemaran yang terjadi agar dapat mengetahui berapa besar kemampuan Sungai Rembagan dalam menerima beban pencemar.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:122), berdasarkan permasalahan di atas perlu dilakukan perhitungan daya tampung sungai terhadap beban pencemaran Sungai Rembagan dan perlu dilakukan pengujian kualitas air sungai dengan metode pemodelan *Streeter-Phelps* dengan mempertimbangkan jumlah oksigen terlarut sebagai indikator banyaknya bahan pencemaran yang terdapat dalam air sungai. Dua fenomena yang diperhitungkan dalam pemodelan *Streeter-Phelps* yaitu proses penurunan kadar oksigen

terlarut (deoksigenasi) dan proses peningkatan kadar oksigen terlarut (reaerasi). Hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut yaitu kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) yang ditentukan atas dasar nilai defisit oksigen. Dengan adanya analisis daya tampung Sungai Rembagan di Desa Cangkring, diharapkan dapat menjadi salah satu upaya untuk menjaga kualitas air Sungai Rembagan dan Sungai Bedadung. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan beban pencemaran dan menentukan daya tampung Sungai Rembagan pada segmen Desa Cangkring, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember berdasarkan metode *Streeter-Phelps*.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dimulai pada Bulan Agustus 2018 sampai selesai. Pengambilan sampel dan pengukuran debit serta suhu dilakukan di Sungai Rembagan di Desa Cangkring Kecamatan Patrang seperti yang disajikan pada Gambar.1. Titik pantau untuk penelitian dimulai dari RGBN 1 (bagian hulu) menuju RGBN 4 (bagian hilir). Pengukuran dan pengujian parameter DO, BOD₅, COD, TDS, TSS, pH, dan kekeruhan, dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu roll meter, GPS, *current meter*, kamera Hp, *stopwatch*, *cool box*, pasak, botol sampel, tongkat kayu, *erlenmeyer* 250 mL, *erlenmeyer* 1000 mL, *beaker glass* 50 mL, botol *Winkler* 150 mL, pipet suntik 1 mL, pipet volumetrik 100 mL, termometer, corong, buret, bola hisap, neraca analitis, dan turbidimeter. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu sampel air Sungai Rembagan, aquades, larutan natrium tiosulfat (Na₂S₂O₂ 0,025N), asam sulfat (H₂SO₄ 0,1N), larutan mangan sulfat (MnSO₄), larutan alkali-iodida azida, dan indikator amilum. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 sampel pada setiap titik dan dilakukan selama 3 hari dengan jeda waktu setiap pengambilan 1 hari pada jam 07.00-11.00 WIB, hal tersebut dilakukan untuk mendekati nilai yang nyata dan akurat.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Sungai Rembagan di Desa Cangkring Kecamatan Patrang

2.1. Analisis Debit Sungai

Metode untuk menetapkan debit aliran sungai dengan mengalikan luas tampang aliran (A) dan kecepatan aliran (V). Pengukuran luas penampang dengan menggunakan meteran dan piskal (tongkat bambu atau kayu) dan pengukuran kecepatan aliran menggunakan current meter (Rahayu *et al.*, 2009) seperti Persamaan 1 sebagai berikut

$$Q = A * V \quad (1)$$

Dimana, Q adalah debit aliran (L/s), A adalah luas penampang (m^2), dan V adalah kecepatan (m/s).

2.2. Analisis Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Analisis BOD yaitu menginkubasi contoh uji pada botol BOD bersuhu $20^{\circ}C$ selama 5 hari. BOD_5 ditetapkan berdasarkan selisih konsentrasi DO 0 hari dan konsentrasi DO 5 hari. Analisis DO dilakukan di lapang dan laboratorium menggunakan analisis metode titrasi dengan botol *Winkler*. Berikut merupakan persamaan untuk perhitungan BOD (Rahmawati, 2011).

$$BOD_{20_5} = \frac{((X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P))}{P} \quad (2)$$

Dimana, X_0 merupakan DO (oksigen terlarut) sampel pada saat $t=0$ (mg/l), X_5 adalah DO sampel pada saat $t=5$ hari (mg/l), B_0 adalah DO blanko pada saat $t=0$ hari (mg/l), B_5 adalah DO blanko pada saat $t=5$ hari (mg/l), dan P adalah derajat pengenceran.

2.3. Perhitungan Beban Pencemaran Sungai

Perhitungan beban pencemaran yaitu jumlah unsur suatu zat pencemar yang terkandung di dalam air atau air limbah. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122 (2004:4), perhitungan beban pencemaran ditunjukkan Persamaan 3 berikut

$$BP = Q * C \quad (3)$$

Dimana, BP adalah beban pencemaran (kg/hari), Q adalah debit air sungai (L/s), dan C = konsentrasi limbah (mg/L). Konversi satuan beban pencemaran mg/s menjadi kg/hari yaitu $1 \text{ mg} = 1/1000000 \text{ kg}$ dan $1 \text{ s} = 1/3600 \times 24 \text{ jam}$, sehingga $1 \text{ mg/s} = ((1 / 1000000) \times 3600 \times 24) \text{ kg/hari}$

2.4. Penentuan Daya Tampung Sungai dengan Metode Streeter-Phelps

Metode *Streeter-Phelps* pada tahun 1925 diperkenalkan oleh Streeter dan Phelps sebagai salah satu pemodelan sungai yang menggunakan persamaan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*). Persamaan ini merupakan suatu metode pengelolaan air yang dilakukan atas dasar defisit oksigen kritis DC , yaitu kondisi defisit DO terendah yang dicapai akibat beban yang diberikan pada aliran (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003:124-125). Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut. Fungsi harga K_d dan K_r merupakan fungsi temperatur dengan persamaan sebagai berikut (Kepmen LH No.110 Tahun 2003).

$$Kd_T = Kd_{20} (1.047)^{T-20} \quad (4)$$

$$Kr_T = Kr_{(20)} (1.016)^{T-20} \quad (5)$$

Laju deoksigenasi dihitung menggunakan Persamaan 8. Apabila konsentrasi awal senyawa organik sebagai BOD adalah L_0 yang dinyatakan sebagai BOD *ultimate* dan L_t adalah BOD pada saat t , maka hasil persamaan dinyatakan dalam Persamaan 6. Nilai BOD ultimate dapat ditentukan dengan nilai BOD^5_{20} , dinyatakan dalam Persamaan 7 dan 8. Laju reaerasi dapat dihitung dengan Persamaan 9 dan 10 berikut

$$L_t = L_0 \cdot e^{-(Kd \cdot T)} \quad (6)$$

$$L_0 = BOD^5_{20} / (1 - e^{-5k}) \quad (7)$$

$$r_D = -K_{D,T} \times L_0 \cdot e^{-k \cdot t} \quad (8)$$

$$r_R = K_{R,T} \cdot D \quad (9)$$

$$r_R = (K_R(1,016)^{T-20}) \cdot (DO_s - DO_{act}) \quad (10)$$

dimana, K_d adalah konstanta deoksigenasi (1/hari), L_0 adalah BOD *ultimate* pada titik pencampuran (mg/L), r_D adalah laju deoksigenasi (mg/L.hari), K_R adalah konstanta reaerasi (1/hari), DO_s adalah konsentrasi oksigen terlarut jenuh (mg/L), dan DO_{act} adalah konsentrasi oksigen terlarut (mg/L).

Suatu metode pengelolaan kualitas air dapat dilakukan atas dasar defisit oksigen kritis (D_c), yaitu kondisi defisit oksigen terlarut (DO) terendah yang dicapai akibat beban yang diberikan pada aliran tersebut. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan dalam perhitungan D_c (Kepmen LH No.110 Tahun 2003).

$$Dt = \frac{K' L_0}{K_2 - K'} (e^{-k't} - e^{-k'/2t}) + D_0 e^{-k't} \quad (11)$$

$$D = C_s - C \quad (12)$$

$$Dc = \frac{K'}{K_2} L_0 e^{-k' tc} \quad (13)$$

$$tc = \frac{1}{K_2 - K'} \left\{ \frac{K_2}{K'} \left[1 - \frac{D_0(K_2 - K')}{K' L_0} \right] \right\} \quad (14)$$

$$xc = tc * v \quad (15)$$

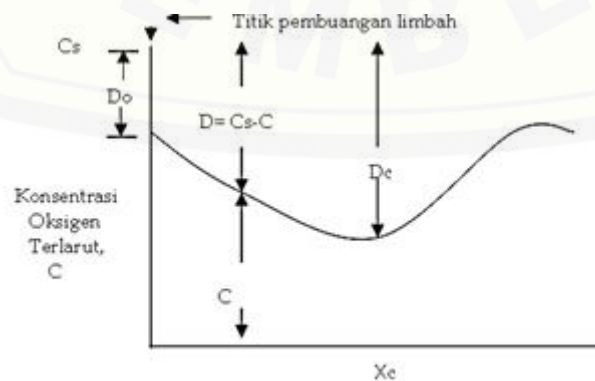
dimana, tc adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kritis (hari), L_0 adalah BOD *ultimate* pada aliran hulu setelah pencampuran (mg/l), xc adalah letak kondisi kritis (km), v adalah kecepatan aliran sungai (m/detik), D adalah defisit oksigen (mg/l), dan Dt adalah defisit oksigen pada waktu t (mg/l).

Konsentrasi DO perairan terhadap fungsi jarak dan waktu ditentukan dari selisih DO saturasi dan DO defisit. Kurva penurunan oksigen (DO) ditunjukkan pada Gambar 2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Debit Sungai Rembagan

Profil sungai digunakan untuk mendapatkan luas penampang dan kecepatan sungai. Luas penampang sungai diketahui dengan mengukur kedalaman dan lebar sungai. Tabel 1 menunjukkan data profil Sungai Rembagan di masing-masing titik lokasi penelitian. RGBN2 memiliki profil sungai terlebar yaitu 10,00 m, kedalaman rata-rata terendah 0,27 m dan kecepatan rata-rata tertinggi 0,35 m/detik.



Gambar 2. Kurva Karakteristik Defisit Oksigen
(Sumber : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:124))

RGBN4 memiliki profil sungai tersempit yaitu sebesar 8,50 m, kedalaman rata-rata 0,34 m dan kecepatan rata-rata 0,30 m/detik. Data hasil pengukuran profil sungai digunakan untuk pengukuran debit, sehingga dapat menentukan karakteristik aliran Sungai Rembagan setiap titik lokasi penelitian. Gambar 3 menunjukkan debit air Sungai Rembagan.

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa debit Sungai Rembagan memiliki nilai yang berbeda-beda pada setiap titiknya yang disebabkan karena perbedaan luas penampang dan kecepatan aliran air. Nilai debit terbesar terjadi di RBGN 2 yaitu sebesar 1113,09 m³/detik. Besarnya debit di RBGN2 dipengaruhi oleh luas penampang yang dimiliki sebesar 2,76 m² dan kecepatan aliran sebesar 0,35 m/detik. Sedangkan untuk RBGN1 memiliki kedalaman dan luas penampang yang lebih besar dibandingkan RBGN2 tetapi untuk kecepatan aliran yang dimiliki lebih kecil dibandingkan titik lainnya, sehingga data debit terkecil terdapat pada RBGN1 sebesar 927,13 liter/detik. Debit tidak hanya dipengaruhi oleh nilai kecepatan aliran akan tetapi dipengaruhi oleh luas penampang dan kedalaman juga. Nilai debit aliran berbanding

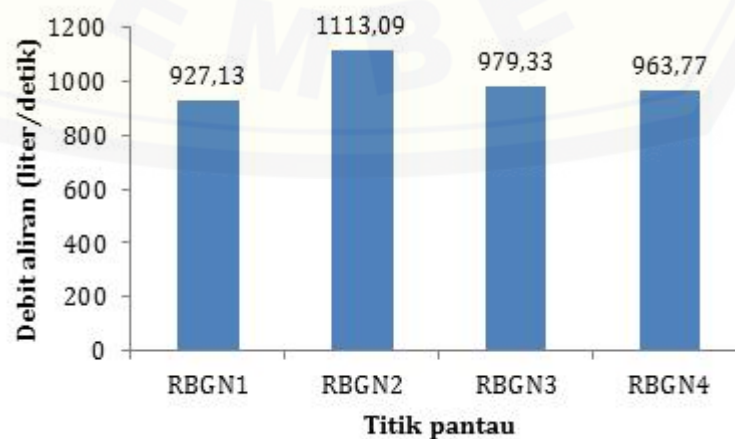
lurus dengan nilai kecepatan dan luas penampang rata-rata setiap titik lokasi penelitian (Wahyuningsih *et al*, 2020:85). Sungai dengan keadaan lebar dan dalam memiliki kecepatan aliran yang cukup tinggi, sehingga debit yang dihasilkan memiliki debit yang cukup besar (Rahayu dan Tanowi, 2009).

3.2. Biochemical Oxygen Demand (BOD) Sungai Rembagan

Hasil Pengukuran BOD di keempat titik lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 nilai BOD di setiap titik bervariasi. Semakin besar nilai BOD maka semakin kecil kadar oksigen terlarut dalam air (Ayudina, 2017). Nilai BOD terbesar yaitu pada RBGN3 sebesar 0,574 mg/L. Tingginya nilai BOD di KLV03 disebabkan masuknya bahan organik yang berasal dari limbah pemukiman, aktivitas masyarakat di sekitar sungai dan limpasan pertanian. RBGN3 memiliki kecepatan aliran yang rendah dibandingkan dengan RBGN2 yaitu 0,25 m/detik dan kedalaman sungai sebesar 0,484 meter. Nilai BOD terendah yaitu pada RBGN2 sebesar 0502 mg/L. Hal ini disebabkan karena nilai DO tinggi dan proses reaerasi yang menjadi cepat, proses reaerasi dipengaruhi oleh

Tabel 1. Data Profil Hidraulik Sungai Kaliwates

Titik	h rata-rata (m)	Lebar (m)	luas (m ²)	Kecepatan (m/detik)
RBGN1	0,48	9,50	4,65	0,18
RBGN2	0,27	10,00	2,96	0,35
RBGN3	0,48	9,00	4,40	0,25
RBGN4	0,34	8,50	2,96	0,30



Gambar 3. Debit Sungai Rembagan

kecepatan aliran sungai, kecepatan aliran sungai RBGN2 lebih besar dari pada RBGN3 sebesar 0,35 m/detik dan kedalaman yang dangkal dibandingkan dengan RBGN3 sebesar 0,271 meter, sehingga limbah pencemar yang masuk berkurang dan terjadinya penguraian limbah.

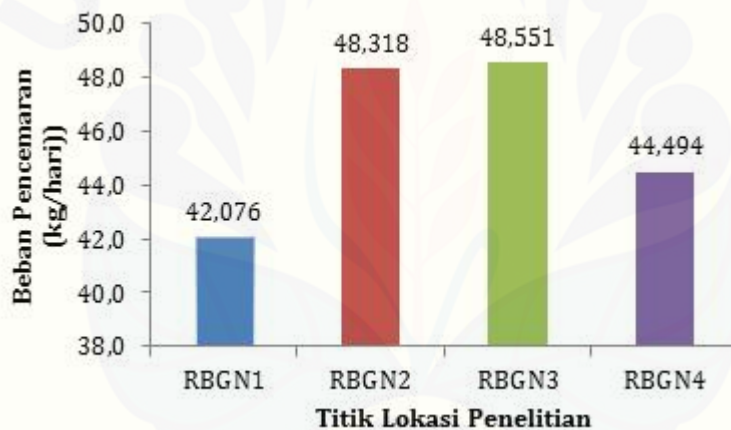
3.3. Beban Pencemaran Sungai Rembagan

Beban pencemaran Sungai Rembagan dapat ditunjukkan pada Tabel 3 dan grafik beban pencemaran Sungai Rembagan disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 4, menunjukkan data beban pencemaran yang bervariasi dari RBGN1 sampai dengan RBGN4. Nilai beban pencemaran terbesar terjadi di RBGN3 yaitu 48,551 kg/hari, hal ini disebabkan nilai konsentrasi BOD lebih besar dibandingkan titik lainnya yaitu 0,574 mg/L dengan debit yang mengalir sebesar 0,98 m³/detik. Segmen 2 terdapat masukan bahan pencemar yang berasal

dari aktivitas masyarakat sehari-hari seperti masih ada beberapa masyarakat yang membuang sampah padat atau limbah pemukiman di badan sungai, hal ini karena tata guna lahan di RBGN3 dominan pemukiman. RBGN1 memiliki beban pencemaran terkecil sebesar 42,076 kg/hari, hal ini dikarenakan nilai debit yang dimiliki kecil dibandingkan dengan titik lainnya yaitu 0,93 m³/detik dengan nilai konsentrasi BOD lebih kecil dari RBGN3 yaitu 0,525 mg/L. Nilai beban pencemaran dipengaruhi oleh nilai debit dan BOD masing-masing unsur pencemar. Semakin tinggi nilai debit dan BOD maka akan semakin tinggi nilai beban pencemarannya.

3.4. Laju Deoksigenasi dan Laju Reaerasi Sungai Rembagan

Dua fenomena yang terjadi dalam pemodelan Streeter-Phelps yaitu proses penurunan kadar



Gambar 4. Beban Pencemaran Sungai Rembagan

Tabel 2. Hasil Pengukuran BOD Sungai Rembagan

Titik	DO 0	DO 5	BOD
RBGN1	6,758	6,233	0,525
RBGN2	6,790	6,287	0,502
RBGN3	6,187	5,614	0,574
RBGN4	6,332	5,797	0,534
Rata-rata	6,517	5,983	0,534

Tabel 3. Beban Pencemaran Sungai Rembagan

Titik	Q Total (liter/detik)	BOD (mg/L)	Beban Pencemaran (kg/hari)
RBGN1	927,13	0,525	42,076
RBGN2	1113,09	0,502	48,318
RBGN3	979,33	0,574	48,551
RBGN4	963,77	0,534	44,494
Rata-rata	995,83	0,534	45,860

oksigen terlarut dalam air (deoksigenasi) dan proses peningkatan kadar oksigen terlarut pada aliran sungai (reerasi). Hasil perhitungan laju deoksigenasi dan laju reerasi Sungai Rembagan disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 5 nilai Kd, Lt, dan rD menunjukkan nilai laju deoksigenasi tertinggi yaitu pada RBGN 2 sebesar 1,8518 mg/L.hari hal ini disebabkan oleh nilai konstanta Kd yang besar sebesar 1,3029 hari⁻¹, dan nilai Lt sebesar 0,0010 mg/L. Sedangkan nilai laju deoksigenasi terendah yaitu pada RBGN1 sebesar 1,3883 mg/L.hari, hal tersebut disebabkan karena nilai Kd rendah dari pada titik pantau 2 yaitu sebesar 1,0151 hari⁻¹, dan nilai Lt pada titik pantau 1 sebesar 0,0046 mg/L. Laju deoksigenasi menjadi indikasi kecepatan pelepasan senyawa oksigen

per hari akibat dekomposisi bahan organik yang larut dalam air (Dharmawan *et al*, 2020:115). Semakin dalam suatu kedalaman sungai maka akan semakin sedikit kandungan oksigennya dan sedikit juga jumlah mikroorganisme yang dapat hidup di perairan tersebut sehingga mempengaruhi nilai Kd (Wahyuningsih *et al.*, 2019:6). Grafik laju deoksigenasi (rD) Sungai Rembagan disajikan pada Gambar 5.

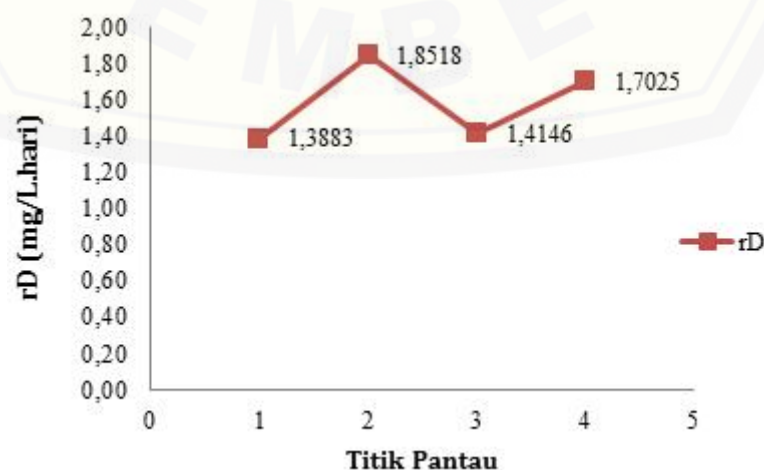
Reerasi merupakan proses penambahan oksigen yang terjadi di dalam air yang disebabkan oleh turbulensi aliran sehingga terjadi perpindahan oksigen dari udara ke air. Menurut Astono (2010), semakin deras aliran dan dangkal suatu perairan maka semakin besar angka Kr dan sebaliknya. Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 5

Tabel 4. Hasil Perhitungan Laju Deoksigenasi

Titik	Kd Hari-1	KdT Hari-1	Lt mg/l	(rD) mg/l.hari
RBGN1	1,0151	1,3928	0,0046	1,3883
RBGN2	1,3029	1,8529	0,0010	1,8518
RBGN3	1,0137	1,4196	0,0050	1,4146
RBGN4	1,1804	1,7045	0,0020	1,7025
Rata-rata	1,1280	1,5925	0,00316	1,58931

Tabel 5. Hasil Perhitungan Laju Reerasi

Titik	Kr Hari-1	KrT Hari-1	D mg/l	(rR) mg/l.hari
RBGN1	5,6268	6,2770	1,9326	4,3444
RBGN2	18,6660	21,0816	2,0462	19,0353
RBGN3	6,5931	7,4070	2,2169	5,1901
RBGN4	12,4542	14,1405	2,3111	11,8294
Rata-rata	10,8350	12,2265	2,12670	10,09982



Gambar 5. Laju Deoksigenasi (rD) Sungai Rembagan

nilai laju reaerasi tertinggi yaitu pada RGBN2 yaitu 19,0353 mg/L.hari, hal tersebut dikarenakan pada titik RGBN2 memiliki nilai Kr yang tinggi yaitu sebesar 18,6660 hari⁻¹, dan nilai defisit oksigen pada RGBN2 yaitu 2,0462 mg/L. Besarnya nilai Kr pada RGBN2 disebabkan oleh banyaknya batuan yang terdapat pada sungai selain itu pada titik tersebut sangat dangkal yaitu sebesar 0,25 m dan kecepatan aliran yang cukup besar sebesar 0,35 m/detik sehingga pada RGBN2 terjadi turbulensi yang dapat meningkatkan oksigen dan sangat cepat untuk mengurai pencemaran pada badan sungai. Nilai laju reaerasi terendah terdapat pada RGBN1 sebesar 4,3444 mg/L.hari, hal tersebut dikarenakan memiliki nilai Kr yang kecil di bandingkan dengan titik pantau lainnya yaitu 56263 hari⁻¹, dan memiliki nilai defisit oksigen yang kecil sebesar 1,9326 mg/L selain itu pada RGBN1 memiliki kedalaman sebesar 0,42 m dan kecepatan aliran yang kecil sebesar 0,17 m/detik sehingga pada RGBN1 turbulensi yang terjadi tidak terlalu besar maka berakibat nilai oksigen rendah dan sulit untuk mengurai pencemaran. Grafik laju reaerasi (rR) Sungai Rembagan disajikan pada Gambar 6.

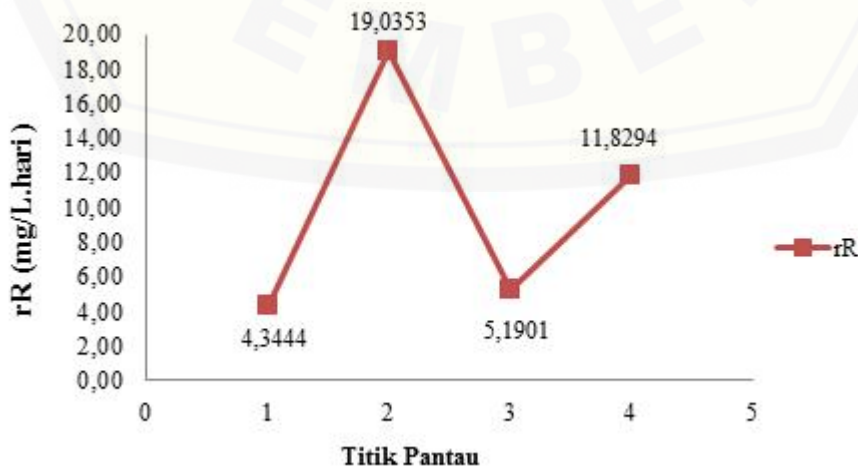
3.5. Kurva Penurunan Oksigen (*Oxygen Sag Curve*)

Hubungan antara defisit oksigen dan jarak kritis atau waktu kritis menghasilkan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*). Hasil dari defisit oksigen pada Sungai Rembagan disajikan pada Gambar 7.

Konsentrasi pencemar (BOD) menunjukkan nilai rata-rata 0,534 mg/L (Tabel 2). Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa setiap titik pantau tidak ada penurunan DO, meskipun terdapat beban pencemar yang masuk ke dalam badan sungai, hal tersebut dapat di artikan bahwa Sungai Rembagan tidak mengalami kondisi kritis dikarenakan nilai laju reaerasi (peningkatan oksigen terlarut) yang besar dibandingkan nilai laju deoksigenasi (penurunan oksigen terlarut). Nilai rata-rata laju reaerasi (rR) sebesar 10,099 mg/L.hari, sedangkan nilai rata-rata laju deoksigenasi (rD) sebesar 1,589 mg/L.hari. Apabila konstanta laju reaerasi lebih besar dari konstanta laju penguraian, maka daya dukung perairan lebih tinggi dibandingkan dengan beban yang masuk. Namun apabila laju reaerasi lebih kecil dari konstanta laju penguraian, maka daya dukung perairan lebih rendah daripada beban yang masuk. Ini menyebabkan kemampuan *self-purification* dari suatu badan perairan (sungai) semakin kecil dan membutuhkan waktu yang sangat lama.

3.6. Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Rembagan

Daya tampung beban pencemaran merupakan kemampuan air pada suatu sumber air dalam menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003:1). Perhitungan *streeter-phelps* menghasilkan nilai DO model di sepanjang aliran sungai yang diteliti serta diketahui DO kritisnya pada jarak dan waktu tertentu. Hasil



Gambar 6. Laju Reaerasi (rR) Sungai Rembagan

dari perhitungan nilai DO model dan DO kritis disajikan dalam Tabel 7 sebagai berikut

DO_{act} (DO aktual) adalah nilai DO di lokasi penelitian. DO_s (DO saturasi) merupakan DO tertinggi atau maksimal yang bisa dicapai sungai dengan syarat tidak ada buangan limbah atau bahan organik sepanjang sungai. DO model merupakan nilai DO yang dihasilkan dari persamaan matematis dengan tujuan memodelkan nilai DO yang ada di suatu badan air. rD (Laju Deoksigenasi) merupakan kecepatan pengurangan nilai oksigen yang terlarut di dalam air karena telah digunakan oleh bakteri aerob untuk menguraikan zat-zat organik yang dapat menurunkan kualitas air sungai. rR (Laju Reaerasi) merupakan kecepatan perpindahan gas oksigen (udara) ke badan air karena adanya beberapa factor. Grafik nilai daya tampung Sungai Rembagan disajikan pada Gambar 8.

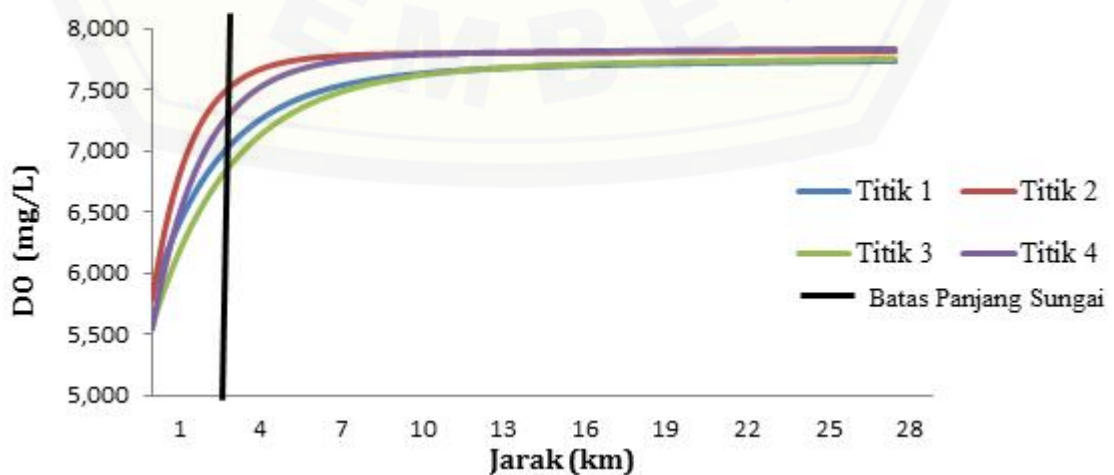
Berdasarkan Gambar 8 nilai DO model berbeda dengan DO aktual, hal ini disebabkan karena dalam persamaan *Streeter Phelps* hanya memperhitungkan penambahan dan

pengurangan oksigen atau penambahan reoksigenasi dan pengurang deoksigenasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arbie, *et al.* (2015), perbedaan nilai antara DO model dan DO aktual disebabkan oleh perhitungan konstanta deoksigenasi (Kd) dan konstanta reaerasi (Kr), kedua konstanta tersebut dipengaruhi oleh suhu permukaan, penampang sungai, kondisi kehidupan biologis di sekitar sungai, turbulensi air pada sungai, dan sedimen yang ada pada dasar sungai.

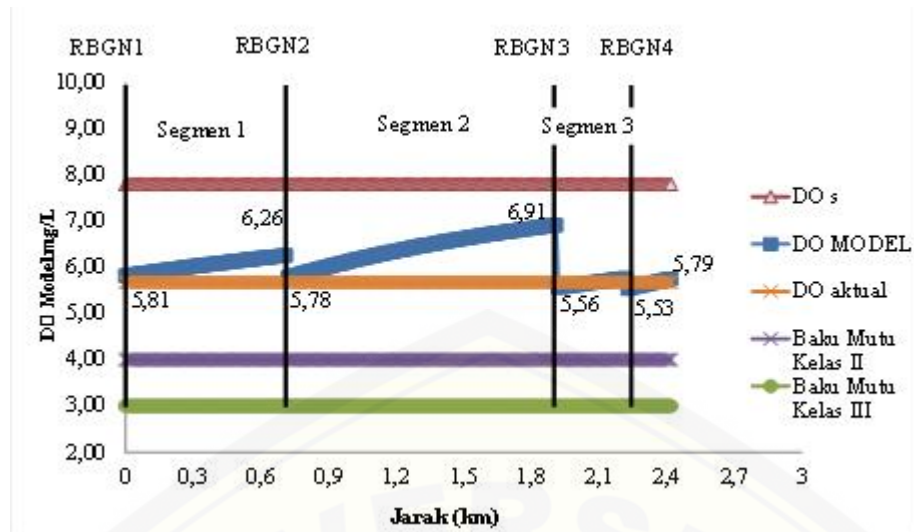
Berdasarkan Tabel 7 nilai rata-rata laju reaerasi (rR) sebesar 10,0998 mg/L.hari lebih besar dibandingkan dengan nilai rata-rata laju deoksigenasi (rD) sebesar 1,5893 mg/L.hari. Hal tersebut disebabkan karena terjadinya turbulensi yang cepat pada sungai yang dipengaruhi oleh kedalaman sungai yang relatif dangkal, sehingga purifikasi alamiah (*self purification*) dapat berjalan dengan baik (Marganingrum, *et al.* 2018). Sehingga dapat diartikan kualitas air Sungai Rembagan masih tergolong bagus. Hal ini dapat terlihat pada pola DO model yang cenderung naik pada setiap segmen.

Tabel 7. Hasil perhitungan DO Aktual, DO Model, dan Defisit Oksigen Kritis

Segmen	Titik Pantau	DO _{act} (mg/L)	Panjang Segmen	DO _s (mg/L)	DO Model (mg/L)	(rD) mg/l.hari	(rR) mg/l.hari
1	RBGN1	5,8189	0,710	7,7514	6,2575	1,3883	4,3444
2	RBGN2	5,7808	1,190	7,8270	6,9169	1,8518	19,0353
3	RBGN3	5,5648	0,300	7,7817	5,7683	1,4146	5,1901
	RBGN4	5,5394		7,8505	1,7025	11,8294	
Rata rata		5,6760		7,8027	6,3142	1,5893	10,0998



Gambar 7. Kurva penurunan Oksigen (*oxygen sag curve*) Sungai Rembagan



Gambar 8. Daya Tampung Sungai Rembangan

Berdasarkan Gambar 8 Sungai Rembangan tidak memiliki kondisi kritis karena nilai rR lebih besar dari pada rD , hasil dari perbandingan nilai DO aktual dengan DO baku mutu kelas III. Dari perbandingan tersebut didapatkan bahwa DO aktual sebesar 5,6760 mg/L lebih besar dari pada DO baku mutu kelas III sebesar 3 mg/L. Sehingga dapat diartikan Sungai Rembangan masih mempunyai DO sisa sebesar 2,676 mg/L dan masih mampu menerima beban pencemaran sebesar 18,8 kg/hari.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Data beban pencemaran dari titik RBGN1 sampai dengan RBGN4 menunjukkan data yang bervariasi yaitu berkisar 31,820 kg/hari sampai 48,551 kg/hari, Beban pencemaran terbesar yaitu pada RBGN3 yaitu sebesar 48,551 kg/hari dan beban pencemaran terkecil yaitu pada RBGN4 sebesar 31,820 kg/hari. Perhitungan daya tampung menggunakan persamaan matematis *streeter-phelps* menghasilkan rata-rata nilai laju deoksigenasi sebesar 1,5893 mg/L.hari, rata-rata laju reaerasi sebesar 10,0998 mg/L.hari. Sungai Rembangan tidak memiliki kondisi kritis karena nilai rR lebih besar dari pada rD , hasil dari perbandingan nilai DO aktual dengan DO baku mutu kelas III. Dari perbandingan tersebut didapatkan bahwa DO aktual sebesar 5,6760 mg/

L lebih besar dari pada DO baku mutu kelas III sebesar 3 mg/L. Sehingga dapat diartikan Sungai Rembangan masih mempunyai DO sisa sebesar 2,676 mg/L dan masih mampu menerima beban pencemaran sebesar 18,8 kg/hari.

4.2. Saran

Berdasarkan penelitian, saran yang diberikan adalah perlu adanya penelitian daya tampung sungai pada musim yang berbeda agar diketahui besar beban pencemar di masing-masing musim dan diketahui daya tampungnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbie, R. R., Nugraha W. D., dan Sudarno. 2015. Studi Kemampuan Self Purifunction Pada Sungai Progo Ditinjau Dari Parameter Organik DO dan BOD (Point Source : Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentelo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D. I. Yogyakarta). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(3): 1-15.
- Astono, W. 2010. Penetapan Nilai Konstanta Dekomposisi Organik (Kd) dan Nilai Konstanta Reaerasi (Ka) Pada Sungai Ciliwung Hulu – Hilir. *Jurnal Ekoksains*, 2(1), 40-45.
- Ayudina, A. 2017. Penentuan Nilai Koefisien Laju Deoksigenasi Sungai Citarum Segmen Tengah, Jurusan Teknik Lingkungan,

- Fakultas Teknik, Universitas Pasundan. Diakses dari <http://repository.unpas.ac.id/27824/1/ABSTRAK.docx>. [Diakses pada 27 Agustus 2019].
- Dharmawan, A., Wahyuningsih, S. dan Novita, E. 2020. Laju Deoksigenasi Sungai Bedadung Hilir Akibat Pencemar Organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1). 109-117.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110. 2003. *Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air*. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122. 2004. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*. 12 Agustus 2004. Jakarta.
- Marganingrum, D., M. R. Djuwansah, dan A. Mulyono. 2018. Penilaian Daya Tampung Sungai Jangkok dan Sungai Ancar terhadap Polutan Organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1): 71 – 80.
- Rahayu, S., dan Tontowi. 2009. Penelitian Kualitas Air Bengawan Solo pada saat Musim Kemarau. *Jurnal Sumber Daya Air*, 5(2):127-136.
- Rahayu, S., R. H. Widodo, M. V. Noordwijk, I. Suryadi, dan B. Verbist 2009. *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Available at: <http://www.worldagroforestry.org/download/publications/PDFS.B16396>.
- Rahmawati, D. 2011. Pengaruh Kegiatan Industri Terhadap Kualitas Air Diwak di Bergas Kabupaten Semarang dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. *Tesis*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ryadi, S. 1984. *Pencemaran Air*. Surabaya: Karya Anda.
- Suriawiria, U. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Bangunan Secara Biologis*. Bandung: Alumni.
- Wahyuningsih, S., E. Novita, dan, R. F. Imami. 2019. Laju Deoksigenasi dan Laju Reaerasi Sungai Bedadung Segmen Desa Gumelar, Kabupaten Jember *Agritech*, 39(2):87-96.