**Penentuan Nilai Koefisien Laju Deoksigenasi Sungai Citarum Segmen Tengah**

**Anna Ayudina**

*Jurusan Teknik Lingkungan – Fakultas Teknik – Universitas Pasundan*

**Abstrak**

Sungai Citarum adalah sungai yang melintas di daerah Kota Purwakarta. Di pinggiran sungai dipadati oleh rumah-rumah penduduk dengan saluran buangannya yang langsung mengarah ke sungai. Buangan yang berasal dari kegiatan domestik dan industri yang tersuspensi dalam sungai dapat mempengaruhi penurunan kualitas air pada Sungai Citarum. Berbagai upaya dapat dilaksanakan dalam rangka perbaikan kondisi lingkungan Sungai Citarum. Salah satu kegiatan yang dapat dilakukan adalah prediksi kualitas airnya melalui pemodelan. Model kualitas untuk sungai yang tercemar limbah domestik pada umumnya menggunakan persamaan BOD dan DO. Pengambilan sampel dilakukan pada dua titik lokasi yang dianggap dapat mewakili kondisi sungai. Metode analisis laboraturium yang digunakan dalam perhitungan laju deoksigenasi yaitu menggunakan Metode Winkler dan Metode Slope, sedangkan Rumus Empiris yang digunakan dalam perhitungan laju deoksigenasi menggunakan Rumus Persamaan Hydroscience untuk aliran normal. Hasil perhitungan menunjukan bahwa nilai rentang laju deoksigenasi (K1) pada Sungai Citarum berkisar antara 0,10 hingga 0,17 per hari dan nilai rentang BOD Ultimate (La) berksiar antara 18,46 hingga 24,43mg/L. Sedangkan untuk nilai rentang laju deoksigenasi (K1) pada Sungai Citarum dengan menggunakan rumus empiris berkisar antara 0,3 per hari.

**Kata Kunci : Sungai Citarum, Laju Deoksigenasi, Metode Winkler, Metode Slope**

**The coefficient of determination value deoxygenation rate Citarum River Middle Segment**

**Anna Ayudina**

*Department of Enviromental – Engineering Faculty – Pasundan University*

**Abstract**

*Citarum River is a river that flows across the city of Purwakarta. The riverside packed houses with wastewater outlet discharge directly into the river. The effluent originating from domestic and industrial activies contain in the river water can deteriorate the water quality of Citarum River. One of the improvement effort that can be done is to predict the water quality using modeling. Water quality model for river by waste usually compute BOD and DO. Samples were taken at two locations of which are considered represent the condition of the river in urban area. Laboratory analytical methods used in the calculation of the deoxygenation rate is using Winkler Method and Slope Method, where as the empirical formula used in the calculation of the deoxygenation rate is Equation formula of Hydroscience. The laboratory Slope Method show that the deoxygenation rate ranged between 0,10 and 0,17 day-1. Whereas the Ultimate BDO Concentration ranged between 18,46 hingga and 24,43mg/L. As for the value range deoxygenation rate (K1) on the Citarum River using empirical formula ranges from 0,3 day-1.*

***Keyword : Citarum River, Deoxygentation Rate, Winkler Method, Slope Method.***

* 1. **LATAR BELAKANG**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi yang sangat penting bagi kehidupan berbagai makhluk hidup, termasuk manusia. Sehingga dibutuhkan pengelolaan sungai sebagai sumber daya air dalam rangka pengendalian fungsi dan daya air yang berkesinambungan.

Sungai Citarum segmen tengah adalah sungai yang melintas di daerah Kota Purwakarta. Di pinggiran sungai dipadati oleh rumah-rumah penduduk dengan saluran buangannya yang langsung mengarah ke sungai. Buangan yang berasal dari kegiatan domestik dan industri yang tersuspensi dalam sungai dapat mempengaruhi penurunan kualitas air pada Sungai Citarum. Berbagai upaya dapat dilaksanakan dalam rangka perbaikan kondisi lingkungan Sungai Citarum. Salah satu kegiatan yang dapat dilakukan adalah prediksi kualitas airnya melalui pemodelan.

Model kualitas untuk sungai yang tercemar limbah domestik pada umumnya menggunakan persamaan BOD dan DO. Pengambilan sampel dilakukan pada dua titik lokasi yang dianggap dapat mewakili kondisi sungai. Metode analisis laboraturium yang digunakan dalam perhitungan laju deoksigenasi yaitu menggunakan Metode Winkler dan Metode Slope, sedangkan Rumus Empiris yang digunakan dalam perhitungan laju deoksigenasi menggunakan Rumus Persamaan Hydroscience untuk aliran normal.

Laju deoksigenasi adalah kecepatan penurunan nilai oksigen yang terlarut di dalam air karena telah digunakan oleh bakteri aerob untuk menguraikan zat-zat organik yang dapat menurunkan kualitas air sungai.

Salah satu metode penilaian terhadap kualitas air sungai adalah dari hasil pemodelan yang terverifikasi dari hasil pengukuran di lapangan. Pemodelan merupakan metode yang mudah, murah, dan menghemat waktu. Formula matematis yang digunakan dalam pemodelan kualitas lingkungan perairan adalah Streeter Phelps, yaitu formula dengan keterlibatan koefisien laju deoksigenasi di dalam rumusnya. Analisis empiris untuk menentukan nilai koefisien laju deoksigenasi perlu dilakukan dalam rangka memperoleh hasil pemodelan kualitas air yang sesuai bagi sungai-sungai perkotaan. Koefisien laju deoksigenasi ini juga akan menggambarkan karakteristik air sungai perkotaan yang sudah tercemar. Sedangkan untuk metode penelitian yang akan dilakukan di laboratorium mengacu pada Metode Winkler modifikasi Iodometrik (APHA, 1995) untuk pengukuran oksigen terlarut (DO) dan *biochemical oxygen demand* (BOD).

**1.2 LAJU DEOKSIGENASI**

Laju deoksigenasi adalah kecepatan penurunan nilai oksigen yang terlarut di dalam air karena telah digunakan oleh bakteri aerob untuk menguraikan zat-zat organik yang dapat menurunkan kualitas air sungai.

Nilai konstanta K1 (koefisien deoksigenasi) air sungai dapat menunjukkan kecepatan pemakaian oksigen oleh air sungai untuk proses biokimia seperti penguraian (dekomposisi) bahan organik atau BOD yang masuk kedalam air sungai secara biologis oleh mikroba, proses oksidasi secara kimia dan sebagainya. Semakin besar nilai K1 akan semakin besar pula kemampuan sungai untuk melakukan dekomposisi, oksidasi dan purifikasi secara alamiah.

Koefisien deoksigenasi yang digunakan untuk perhitungan model pencemaran organik air digunakan formula yaitu rumus menurut Hydroscience(Chapra, S.C, 1997) untuk aliran normal adalah sebagai berikut :

* Jika 0 ≤ H ≤ 8 ft 🡪 0 ≤ H ≤ 2,4 m, maka

$K\_{1}=0,3 x \left(\frac{H}{8}\right)^{-0,434}$ .................. (Persamaan 2.3)

* JikaH > 8 ft 🡪 H ≥ 2,4 m

$K\_{1}=0,3$.................. (Persamaan 2.4)

Dimana :

K1 = koefisien deoksigenasi (hari-1)

H = kedalaman (ft)

Seperti yang telah dilansir pada penelitian terdahulu yakni pada penelitian di Sungai Rangkui Kota Pangkalpinang nilai laju deoksigenasi (K1) berkisar antara 0,14 hingga 0,41 per hari dengan menggunakan analisis laboratorium, sedangkan untuk nilai rentang laju deoksigenasi menggunakan rumus empiris berkisar antara 0,49 hingga 0,55 per hari. Jika dilihat menggunakan rumus empiris lebih besar dibanding dengan analisis laboratorium ini hal ini terjadi karena rumus empiris ini merupakan rumus yang diterapkan pada sungai yang memiliki aktivitas mikroorganisme yang relatif tinggi sehingga nilai laju deoksigenasi akan besar.

**2. METODOLOGI PENELITIAN**

****

**Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan dengan rincian sebagai berikut :**

* 1. **Studi Pendahuluan**

Tahap ini merupakan langkah awal dalam penelitian yang meliputi :

1. survey pendahuluan,
2. studi literatur untuk mengumpulkan berbagai informasi mengenai lokasi penelitian yang sesuai,
3. Pengumpulan berbagai referensi atau tinjauan pustaka, baik dari berbagai sumber buku maupun jurnal penelitian yang terkait dengan pembahasan dalam penelitian.
4. Persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan sampel air di titik-titik sampel.
	1. **Data Sekunder**

Tahapan ini meliputi data kualitas air sungai secara global dari setiap tahun, dan peta titik lokasi studi penelitian.

* 1. **Data Primer**

- Meliputi pengamatan kualitas air sungai seperti suhu, pH, DO, kecepatan sungai, dan debit sungai.

- pegambilan dan pemeriksaan sampel di laboratorium

* 1. **Pengolahan Data**

Menghitung akumulasi DO Loss setiap harinya, dan membandingkan setiap titik sampel di titik hulu dan hilir.

* 1. **Analisis dan Interpretasi Data**

Membandingkan rentang hasil penelitian dengan peneliti terdahulu, dan dianalisis terhadap tata guna lahan pada lokasi stud



**Gambar 1 Lokasi Titik Sampel**

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Perhitungan Debit**

Berikut adalah data hasil perhitungan debit di lapangan, dilihat titik hulu memiliki kedalaman 2,90 meter, sedangkan untuk titik hilir memiliki kedalaman 3,00 meter.

Contoh perhitungan :

Perhitungan Debit Sungai :

* Luas Penampang (A)

A = L x d

= 10 x 2,9

= 29 m²

* Kecepatan Air Sungai (V)

V = D / t

 = 1 m / 6,17 detik

 = 0,162 m/s

* Debit Sungai (Q)

Q = V x A

= 0,162 m/s x 29 m²

= 4,6 m³/s

**Tabel 1 Data Kualitas Air Sungai Citarum Segmen Tengah**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No Sampel** | **D rata-rata (meter)** | **t rata-rata (detik)** | **D (meter)** | **L (meter)** | **A (m²)** | **V (m/det)** | **Q (m²/det)** |
| **Hulu** | **2,90** | **6,17** | **1,00** | **10** | **29,0** | **0,162** | **4,6** |
| **Hilir** | **3,00** | **6,20** | **1,00** | **11** | **34,1** | **0,161** | **5,49** |

**3.2 Perhitungan Data Kualitas Air**

Berikut ini adalah data pengambilan sampel dan melakukan pemeriksaan langsung di lapangan seperti pemeriksaan debit, suhu, pH, dan DO. Dapat dilihat semakin naik derajat suhu air maka semakin berkurang oksigen terlarutnya karena telah terjadi penguapan.

**Tabel 2 Data Kualitas Air Sungai Citarum Segmen Tengah**

|  |  |
| --- | --- |
| **Titik Lokasi** | **Parameter** |
| **DO** | **pH** | **Suhu** |
| **Hulu 1** | **6,8 mg/l** | **9,3** | **27,9°C** |
| **Hulu 2** | **4,8 mg/l** | **8,5** | **28,0°C** |
| **Hulu 3** | **5,2 mg/l** | **8,3** | **28,1°C** |
| **Titik Lokasi** | **Parameter** |
| **DO** | **pH** | **Suhu** |
| **Hilir 1** | **5,1 mg/l** | **7,6** | **28,8°C** |
| **Hilir 2** | **3,8 mg/l** | **7,3** | **28,6°C** |
| **Hilir 3** | **4,7 mg/l** | **7,2** | **28,4°C** |

**3.3 Penentuan Laju Deoksigenasi**

Setelah dilakukan analisis laboratorium dari hasil percobaan selama 10 hari, maka di dapat nilai Laju Deoksigenasi (K1) rentang keseluruhan di titik hulu dan titik hilir yakni berkisar 0,10 hingga 0,17 per hari, sedangkan di dapat dari perhitungan menggunakan metode slope di dapat BOD Ultimate dengan rentang hasil keseluruhan 18,46 hingga 24,43 mg/l.

**Tabel 3 Nilai Laju Deoksigenasi dan BOD Ultimate Dengan Menggunakan Analisis Laboratorium**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Titik Sampling** | **Laju Deoksigenasi K1 (Per Hari)** | **BOD Ultimate La** **(mg/l)** |
| **Hulu 1** | **0,15** | **18,46** |
| **Hulu 2** | **0,10** | **24,00** |
| **Hulu 3** | **0,13** | **20,46** |
| **Hilir 1** | **0,16** | **24,43** |
| **Hilir 2** | **0,17** | **22,76** |
| **Hilir 3** | **0,17** | **24,00** |

Berikut adalah grafik perbandingan DO Loss di Titik Hulu dan Titik Hilir :

**Gambar 2 Perbandingan Akumulasi DO Loss di Titik Hulu**

**Gambar 3 Perbandingan Akumulasi DO Loss di Titik Hilir**

Jadi secara keseluruhan apabila digabungkan dan diambil nilai rentang laju deoksigenasi (K1) untuk titik hulu pada Sungai Citarum berkisar antara 0,10 hingga 0,15 per hari.

Untuk nilai laju deoksigenasi (K1) pada titik hilir berkisar 0,16 hingga 0,17 per hari. Nilai Deoksigenasi di hulu dan di hilir berbeda menunjukan aktivitas mikroorganisme yang ada dalam pemakaian oksigen dalam mendegradasikan zat organik berbeda-beda.

Sedangkan untuk nilai BOD Ultimate pada Sungai Citarum secara keseluruhan antara 18,46 mg/L hingga 24,43 mg/L. Nilai La-nya memiliki nilai lebih besar di hilir daripada di hulu.

**3.4 Perhitungan Empiris**

Dalam penentuan laju deoksigenasi dengan menggunakan rumus empiris ini mempertimbangkan faktor lingkungan seperti kedalaman sungai. Kedalaman suatu sungai berpengaruh terhadap kehidupan mikroorganisme yang ada di dalamnya, dimana semakin dalam kedalaman suatu sungai maka akan semakin sedikit kandungan oksigennya dan sedikit juga jumlah mikroorgansime yang dapat hidup di perairan tersebut, dan apabila jumlah mikroorganisme yang ada di dalam air semakin sedikit maka laju deoksigenasi pada suatu sungai akan rendah, maka perhitungan laju deoksigenasi juga dilakukan dengan menggunakan rumus empiris yang berhubungan dengan kedalaman suatu sungai yaitu dengan rumus menurut Hydrosciense (Chapra, 1997).

 Setelah dilakukan pengukuran kedalaman Sungai Citarum segmen tengah di titik hulu dan hilir diperoleh hasil yakni kedalaman di titik hulu dan titik hilir berkisar 2,90 hingga 3,00. Maka rumus empiris yang di pakai adalah K1 = 0,3 karena lebih dari 2,4 meter.

**Tabel 4 Perhitungan Empiris**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Titik Sampling** | **Kedalaman** | **Laju Deoksigenasi (per hari)** |
|  | **Meter** | **Feet** |  |
| **Hulu** | **2,90** | **9,51** | **0,3** |
| **Hilir** | **3,00** | **10,17** | **0,3** |

Rentang nilai laju deoksigenasi pada Sungai Citarum segmen tengah pada penelitian ini berkisar antara **0,10** hingga **0,17** per hari dengan analisis laboratorium, sedangkan untuk rumus empiris berkisar antara **0,3** per hari. hal ini terjadi karena rumus empiris ini merupakan rumus yang diterapkan pada sungai yang memiliki aktivitas mikroorganisme yang relatif tinggi sehingga nilai laju deoksigenasi akan besar. Laju deoksigenasi adalah kecepatan penurunan nilai oksigen yang terlarut di dalam air karena telah digunakan oleh bakteri aerob untuk menguraikan zat-zat organik yang dapat menurunkan kualitas air sungai.

selain karena banyaknya materi organik yang terkandung di dalam air sungai dan jumlah mikroorganismenya sedikit (sehingga aktivitas dalam menguraikan materi organik relatif rendah), rendahnya nilai rentang laju deoksigenasi (K1) pada titik pengambilan sampel ke-2 untuk segmen hulu juga kemungkinan dikarenakan adanya zat penghambat pertumbuhan dan kinerja mikroorganisme seperti limbah industri yang mengandung logam berat yang dapat menghambat aktivitas bahkan akan mematikan mikroorganisme.

Ini terjadi karena di Sungai Citarum segmen tengah ini terdapat 3 perusahaan industri tekstil yang membuang hasil limbah ke dalam sungai.

Dari limbah domestik pun banyak menyumbang hasil limbah ke dalam sungai, dari kegiatan Mandi Cuci Kakus (MCK), seperti deterjen, sabun dan adanya kandungan fecal coli yang berasal dari WC terapung yang ada di sisi sungai. Namun jika ditinjau dari hasil penelitian di Sungai Citarum nilai K1 yakni **0,10** hingga **0,17** per hari, maka nilai DO di Sungai Citarum rendah karena bakteri aerob menguraikan beberapa zat organik di dalam sungai dan menjadikan BOD tinggi yakni dengan rata-rata **20,97** hingga **23,73** mg/L.

**4. KESIMPULAN**

Hasil pengambilan sampel dan perhitungan (K1) dengan menggunakan analisis laboratorium di Sungai Citarum segmen tengah ini berkisar antara **0,10** hingga **0,17** per hari dengan analisis laboratorium

dan nilai BOD Ultimate berkisar **18,46-24,43** mg/L, sedangkan untuk rumus empiris berkisar **0,3** per hari.

 Dari hasil di atas nilai rentang laju deoksigenasi (K1) dengan menggunakan analisis laboratorium lebih kecil dibandingkan nilai rentang laju deoksigenasi (K1) dengan menggunakan rumus empiris. Kondisi nilai BOD Ultimate memperlihatkan bahwa banyaknya zat organik yang terkandung di dalam air Sungai Citarum, hal ini karena aliran Sungai Citarum segmen tengah yang melewati beberapa industri dan daerah pemukiman yang sebagian limbahnya dibuang langsung ke sungai yang sebagian besar limbahnya mengandung zat organik yang akan meningkatkan pemakaian oksigen oleh mikroorganisme untuk mendegradasi zat organik tersebut, dengan adanya peningkatan pemakaian oksigen maka kandungan BOD dalam air sungai juga meningkat dan ketersediaan oksigen terlarut dalam air semakin berkurang. Semakin besar nilai BOD maka semakin kecil ketersediaan oksigen terlarut dalam air.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adewumi, l.K., 1995. The DOE Profile : ***An Analytical Tool in Wastewater Management, Ife Journal of Technology***, 71-76.

APHA/AWWA/WEF.,2012, ***standard methods for the Examination of Water and Wastewater***, 22nd Edition, APHA, Washington DC, USA.

Astono, 2007, **Pengembangan Model DO-BOD Dalam Pengelolaan Kualitas Air**, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah tahun 2008 tentang **“Status Mutu dan Ketersediaan Air di Jawa Barat”.**

Badan Pusat Statitik Tahun 2015 Tentang **“Debit Aliran Sungai Citarum dan Curah Hujan setiap Tahun”.**

Chapra, SC., 1997. ***Surface Water Quality Modeling***, Mc Graw, Hill International Editions, New York.

Lin, SD., 2007. ***Water and Wastewater Calculation Manual***, McGraw-Hill.

Metcalf and Eddy., 1991. ***Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse***, 3rd Edition., McGraw Hill Book Company, New York.

Oke, I.A., Akindahunsi, A.A., 2005. ***A Statistical Evaluation Of Method Of Determining BOD Rate,*** Journal of Applied Science Research 1(2):223-227.

Peraturan Pemerintah no 82 Tahun 2001 tentang “ **Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**”.

Peraturan Pemerintah Republik Nomor 37 Tahun 2012 Tentang ”**Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**”.

Sastrawijaya, 2009. ***Pencemaran Lingkungan,*** Jakarta: Rineka Cipta.

SNI 06-6989,14-2004 **Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Iodometri (Modifikasi Azida).**

Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2014 tentang **“Data Kualitas Air Sungai Citarum”.**

Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2014 **“Pengembangan Sistem Informasi Sumber Daya air DAS Citarum”.**

Undang-undang No. 7 Tahun 2004 tentang “**Sumber Daya Air (UU SDA)”**