

# **ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI BEDOG SEGMENT TRIDADI - GAMPING MENGGUNAKAN QUAL2KW**

## ***Total Maximum Daily Load Analysis On Tridadi – Gamping Bedog River Using Qual2kw***

**Meutia Fakhriah Basuki**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas  
Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

[13513060@students.uii.ac.id](mailto:13513060@students.uii.ac.id)

### **Abstract**

*Bedog River with a total length of 40,92 km across Sleman to Bantul. Various utilization of land around the river, from settlements, agricultural lands, industries, and fishery. The impact puts the status of Bedog River to heavily polluted. Purpose of the study is to calculate the total maximum daily load and determine the decreasing of pollution load of Bedog River using QUAL2Kw. The river is divided into 4 reaches with a total length of 13,2 km located in Tridadi, Tlogoadi, Sidomoyo and Sidoarum-Gamping. Calculated pollution load thresholds are BOD, COD, DO, TSS, Phosphate (PO<sub>4</sub>) and Nitrate (NO<sub>3</sub>). Total maximum daily load (TMDL) is the difference from modelling simulations scenario of scneario with maximum pollution load and scenario without pollution load. The result shows that Bedog River still meets the TMDL thresholds respectively. Based on the existing data, Bedog River exceeds the thresholds. Therefore reduction of pollution loads are necessary. The reduction of pollution loads are difference from the existing pollution load and TMDL. The decrease of pollution loads on first reach on BOD, COD and PO<sub>4</sub> are 62,209,3 kg / day; 12,965.4 kg / day; 25,401.6 kg / day. On second reach on BOD, COD and PO<sub>4</sub> are 165,888 kg / day; 34,561.4 kg / day; 67,737 kg / day. On third reach with the same thresholds are 165,905 kg / day; 34,561.4 kg / day; 67,743.7 kg / day. And on the fourth reach with the same thresholds are 83.004,9 kg / day; 17. 362.1 kg / day; 33,893.1 kg / day.*

**Keyword:** TMDL, Bedog, Water Quality Modelling, QUAL2Kw

### **Abstrak**

Sungai Bedog dengan panjang total 40,92 km melintasi Sleman hingga Bantul. Berbagai pemanfaatan lahan disekitar sungai, mulai dari pemukiman, persawahan, industri dan perikanan. Hal tersebut berdampak pada status Sungai Bedog yang menjadi tercemar berat. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya tampung beban pencemaran dan menentukan penurunan beban pencemaran Sungai Bedog menggunakan pemodelan QUAL2Kw. Sungai dibagi menjadi 4 segmen dengan total panjang 13,2 km yang berlokasi di Tridadi, Tlogoadi, Sidomoyo dan Sidoarum-Gamping Kabupaten Sleman. Beban pencemar yang diteliti meliputi parameter BOD, COD, DO, TSS, Fosfat (PO<sub>4</sub>), Nitrat (NO<sub>3</sub>). Daya tampung beban pencemaran merupakan hasil selisih dari simulasi skenario 2 beban pencemar penuh dan skenario 3 tanpa beban pencemar. Hasil penelitian menunjukkan Sungai Bedog masih memenuhi DTBP untuk setiap parameter pada masing-masing segmen. Berdasarkan data sampling, beban pencemaran keadaan eksisting Sungai Bedog sudah melebihi beberapa baku mutu yang ditentukan. Oleh karena itu dilakukan penurunan beban pencemaran eksisting, dengan menghitung selisih Beban Pencemar Eksisting dengan DTBP yang sudah ditentukan. Beban

pencemaran yang harus diturunkan pada parameter BOD, COD dan Fosfat pada setiap titik. Penurunan beban pencemaran pada segmen 1 dengan parameter BOD, COD dan Fosfat secara berturut-turut adalah 62.209,3 kg/hari; 12.965,4 kg/hari; 25.401,6 kg/hari. Pada segmen 2 dengan parameter BOD, COD dan fosfat berturut-turut 165.888 kg/hari; 34.561,4 kg/hari; 67.737 kg/hari. Pada segmen 3 dengan parameter BOD, COD dan Fosfat secara berturut-turut 165.905 kg/hari; 34.561,4 kg/hari; 67.743,7 kg/hari. Pada segmen 4 dengan parameter BOD, COD dan Fosfat secara berturut-turut 83.004,9 kg/hari; 17.362,1 kg/hari; 33.893,1 kg/hari.

Kata kunci: DTBP, Sungai Bedog, Pemodelan Kualitas Air, QUAL2Kw

## PENDAHULUAN

Sungai Bedog merupakan salah satu sungai yang mengalir melintasi Daerah Istimewa Yogyakarta. Dengan panjang 40,92 km Sungai Bedog memiliki hulu di Taman Nasional Gunung Merapi, Kabupaten Sleman dan hilir di Tempuran Bedog-Progo di Kabupaten Bantul. Sungai Bedog ditentukan sebagai badan air kelas II berdasarkan Peraturan Gubernur DIY nomor 20 tahun 2008 dimana dapat digunakan sebagai sarana/prasarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, air untuk irigasi dan peruntukan lain yang menggunakan mutu air yang sama. Lahan di sepanjang DAS Bedog dimanfaatkan sebagai pemukiman, pasar, industri dan lahan pertanian yang dapat berdampak pada kualitas air sungai (Abadi, 2015). Pemanfaatan lahan yang bervariasi dapat berdampak pada kualitas air yang bervariasi (Munawar, 2010).

Menurut perhitungan dengan metode STORET oleh Badan Lingkungan Hidup DIY pada tahun 2013, Sungai Bedog tergolong tercemar berat. Nilai STORET yang didapatkan berkisar dari -84 sampai -108 yang melampaui batas minimal cemar berat ( $\leq -31$ ). Berdasarkan pemantauan Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman pada tahun 2014 yang melakukan peninjauan pada 3 lokasi dari hulu hingga hilir didapatkan hasil uji kualitas yang melewati batas baku mutu. Hasil uji berupa konsentrasi BOD melampaui baku mutu hingga 100%, DO melampaui sebesar 33%, Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) sebesar 33,3% dan total fosfat hingga 100% (SLHD Sleman, 2014). Berdasarkan data-data diatas, diperlukan penentuan daya tampung beban pencemaran agar dapat mengelola pencemaran yang sudah terjadi dan dapat menentukan pemantauan terhadap limbah yang dibuang ke aliran Sungai Bedog.

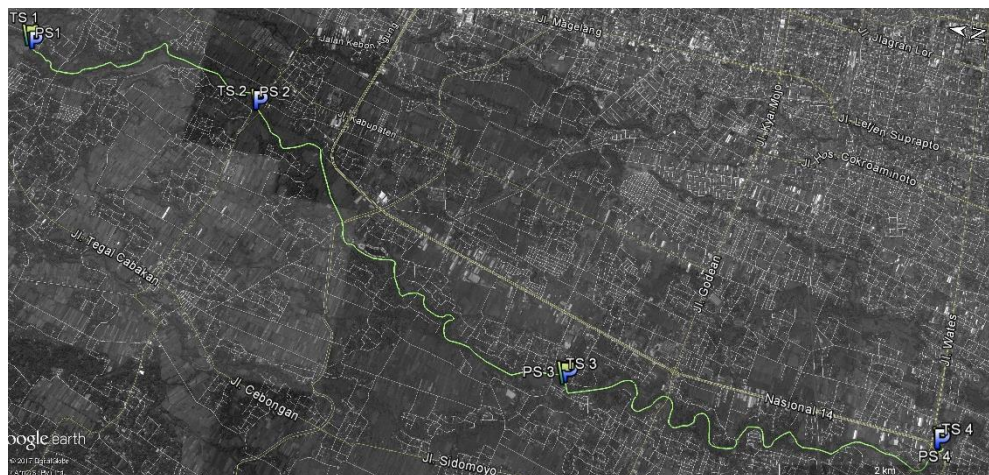
Dalam penentuan daya tampung beban pencemaran di Sungai Bedog digunakan software QUAL2Kw. QUAL2Kw adalah pengembangan dari QUAL2E yang juga digunakan sebagai metode dalam menentukan daya tampung beban pencemaran.

QUAL2Kw adalah program yang dapat memodelkan kualitas air secara komprehensif dibandingkan dengan Metode Streeter-Phelps dan Neraca Massa. Kelebihan penggunaan QUAL2Kw adalah dapat membuat simulasi dengan berbagai macam parameter, dapat juga membuat simulasi pengaruh dari polutan terhadap kualitas air, dan memiliki kemampuan kalibrasi otomatis dengan trial & error (Kennel, 2011).

## METODE

### 1. Pembagian Segmen

Pada penelitian ini dipilih Sungai Bedog karena sudah tergolong tercemar berat berdasarkan pemantauan Badan Lingkungan Hidup DIY pada tahun 2013. Pembagian segmen dilakukan di Sungai Bedog yang berada di Kabupaten Sleman dengan panjang total 13,2 km. Dibagi menjadi 4 segmen dengan masing-masing segmen memiliki 1 titik sampling. Segmen-segmen tersebut berada di daerah Tridadi, Tlogoadi, Sidomoyo dan Sidoarum-Gamping. Pembagian segmen berdasarkan adanya terjunan dan karakteristik sungai. Pemanfaatan lahan pada segmen Tridadi masih didominasi oleh lahan pertanian. Pada segmen berikutnya, Tlogoadi mulai berkurang lahan pertanian dan daerah pemukiman sudah lebih padat dibandingkan dengan segmen Tridadi. Segmen Sidomoyo sudah dipadati dengan pemukiman, pasar, bengkel, peternakan dan industri. Terdapat IPAL Komunal yang dijadikan sebagai point source pada segmen Sidomoyo. Segmen 4 berakhir pada Jembatan Gamping yang dimanfaatkan sebagai tempat pemancingan. Pada segmen 4 terdapat limbah dari rumah tangga, industri, pertokoan, pasar, bengkel, dan kegiatan MCK masyarakat di sungai. Titik lokasi sampling dan point source dapat dilihat pada Gambar dan Tabel yang disajikan berikut.



Gambar 1 Lokasi Segmen dan Titik Sampling

Tabel 1 Administrasi dan Koordinat Lokasi Sampling Sungai Bedog

No	Lokasi Stream Source				Panjang (km)	Kode	Koordinat	
	Nama	Kelurahan	Kecamatan	Kabupaten			Latitude	Longitude
1	Tridadi	Tridadi	Sleman	Sleman	2,91	S1	7°42'52.07"S	110°20'59.58"E
2	Tlogoadi	Tlogoadi	Mlati	Sleman	3,91	S2	7°44'11.28"S	110°20'52.41"E
3	Sidomoyo	Sidomoyo	Godean	Sleman	3,2	S3	7°46'5.66"S	110°19'43.33"E
4	Sidoarum - Gamping	Sidoarum	Godean	Sleman	3,19	S4	7°48'2.65"S	110°19'45.42"E

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud seperti data hidrologis, morfologis, klimatologis, dan kualitas air pada parameter BOD, COD, DO, TSS, Nitrat dan Fosfat. Pengujian parameter kualitas air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Tabel 2 Data Parameter Kualitas Air

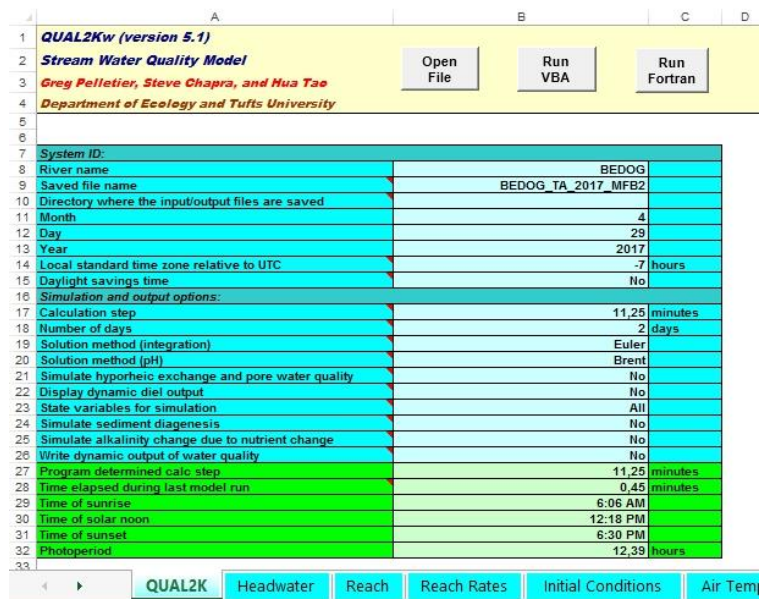
No.	Parameter	Jenis Sumber Data	Acuan
1	BOD	Primer dan Sekunder	SNI 6989.72:2009
2	COD	Primer dan Sekunder	SNI 6989.2:2009
3	DO	Primer dan Sekunder	SNI 06-6989.14-2004
4	TSS	Primer dan Sekunder	SNI 06-6989.3-2004
5	Nitrat	Primer dan Sekunder	SNI 6989.79:2011
6	Fosfat	Primer dan Sekunder	SNI 06-6989.31-2005

Tabel 3 Data Hidrologis, Morfologis dan Klimatologis

No.	Data	Jenis Sumber Data
1	Lebar Sungai	Primer dan Sekunder
2	Kedalaman Sungai	Primer dan Sekunder
3	Elevasi	Primer dan Sekunder
4	Debit	Primer dan Sekunder
5	Suhu udara dan sungai	Primer dan Sekunder
6	Tutupan Awan	Primer dan Sekunder

### 3. Input Data Pemodelan di QUAL2Kw

Input data pada software QUAL2Kw dimulai pada lembar kerja QUAL2K. Data yang diinput antara lain nama sungai, nama file yang akan disimpan, bulan, tanggal, tahun, waktu matahari terbit, waktu siang hari atau tengah hari dan waktu matahari tenggelam, jumlah jam matahari bersinar, dan lain-lain. Contoh lembar kerja QUAL2K dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 2 Worksheet QUAL2K

Setelah selesai input data-data pada worksheet QUAL2K, kemudian klik Run VBA yang terlihat didalam kotak berwarna kuning untuk mengganti nama sungai pada lembar kerja selanjutnya yang akan diinput data. Kemudian dilanjutkan pada worksheet Headwater untuk menginput data primer maupun sekunder pada titik hulu sungai yang ditentukan. Data yang diinput adalah debit pada titik hulu dan kualitas air pada parameter BOD, COD, DO, TSS, Nitrat dan Fosfat pada titik hulu. Worksheet berikutnya adalah Reach, yang harus diinput nama-nama segmen, lokasi segmen berdasarkan panjang dalam satuan kilometer (km), elevasi setiap titik, titik koordinat setiap titik.

Pada lembar kerja Reach terdapat model hidrolis dengan 3 metode yang dapat dipilih salah satunya. Pada penelitian ini dipilih model hidrolis dengan memasukkan data Manning Formula, berdasarkan data yang dimiliki. Pada kolom Manning Formula diperlukan data slope saluran, koefisien Manning, dan Bot Width atau lebar sungai. Setelah input data pada lembar kerja Reach, klik Run VBA. Kemudian

muncul grafik yang menggambarkan keadaan sungai berdasarkan kondisi hidrolis dan kualitas air pada parameter di titik hulu.

#### 4. Kalibrasi dan Validasi Data

Kalibrasi merupakan proses penentuan harga koefisien yang paling sesuai, sehingga perbandingan hasil model dengan data lapangan menunjukkan harga yang paling baik secara statistik. Uji kalibrasi dilakukan untuk memperoleh nilai variabel-variabel dalam model yang bersifat spesifik lokasi. Kalibrasi data dapat dilakukan dengan trial and error secara berulang-ulang hingga hasil model mendekati kondisi lapangan.

Terdapat perbedaan nama parameter di dalam QUAL2Kw seperti yang ada di dalam tabel 4 berikut.

Tabel 4 Parameter dalam QUAL2Kw

No.	Parameter	Parameter di QUAL2Kw
1	pH	pH
2	Suhu	Temperature
3	DO	Dissolved Oxygen atau Oxygen Demand
4	BOD	CBODf atau Fast CBOD
5	COD	Generic Constituent
6	TSS	ISS
7	Nitrat	NO <sub>3</sub>
8	Fosfat	Inorganic P

#### 5. Simulasi Skenario

Simulasi model yang sudah di kalibrasi dilakukan untuk melihat pengaruh variabel dalam hasil output yang direncanakan. Simulasi dapat berfungsi sebagai rencana pengelolaan yang dapat diterapkan pada aliran sungai yang dapat dimodelkan dalam QUAL2Kw.

Tabel 5 Simulasi skenario pemodelan di QUAL2Kw

No.	Skenario	Kualitas Air di Hulu	Sumber Pencemar	Kualitas Air Sungai
1	Eksisting	Eksisting	Eksisting	Model
2	Beban Pencemar Penuh	Eksisting	BM kelas 2	BM kelas 2
3	Tidak ada pencemar	Eksisting	Tidak ada pencemar	Model

#### 6. Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP)

Daya tampung beban pencemar merupakan selisih antara simulasi dengan beban pencemar tinggi dan tidak ada beban pencemar pada sungai. Hal tersebut yang digunakan untuk menentukan kemampuan maksimal sungai dalam menampung beban pencemar. Berdasarkan skenario diatas untuk menentukan daya tampung beban pencemaran digunakan selisih antara skenario 2 dan 3. Sebelum menghitung DTBP terlebih dahulu menghitung beban pencemaran tiap parameter pada masing-masing segmen dengan rumus berikut.

$$BP = Q_s \times C_s \times f$$

Dimana:

BP<sub>s</sub> = Beban Pencemaran Sungai (kg/hari)

Q<sub>s</sub> = Debit air sungai (m<sup>3</sup>/detik)

C<sub>s</sub> = konsentrasi limbah pencemar (mg/liter)

f = faktor konversi

$$= \frac{1 \text{ kg}}{1.000.000} \times \frac{1000 \text{ liter}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{84.600 \text{ detik}}{1 \text{ hari}} = 84,6 \frac{\text{kg liter detik}}{\text{m}^3 \text{ hari mg}}$$

#### 7. Penurunan Beban Pencemaran

Penurunan beban pencemaran diperlukan apabila kondisi beban pencemar eksisting melebihi kemampuan daya tampung beban pencemar sungai. Besar penurunan beban pencemaran dapat dilihat dari selisih perhitungan beban pencemaran eksisting dan daya tampung beban pencemaran Sungai Bedog.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Beban Pencemaran Sungai Bedog

Beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang ada atau terkandung dalam air atau air limbah. Perhitungan beban pencemaran pada tiap parameter dapat menggunakan persamaan berikut.

$$BP = Qs \times Cs \times f$$

Dimana:

BP<sub>s</sub> = Beban Pencemaran Sungai (kg/hari)

Q<sub>s</sub> = Debit air sungai (m<sup>3</sup>/detik)

C<sub>s</sub> = konsentrasi limbah pencemar (mg/liter)

f = faktor konversi

$$= \frac{1 \text{ kg}}{1.000.000} \times \frac{1000 \text{ liter}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{84.600 \text{ detik}}{1 \text{ hari}} = 84,6 \frac{\text{kg liter detik}}{\text{m}^3 \text{ hari mg}}$$

Berikut disajikan Tabel dengan skenario kondisi beban maksimum dengan menyesuaikan pencemar dengan baku mutu effluen, kondisi tanpa beban pencemar.

Tabel 6 Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh

Segmen	Debit L/s	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)	DO (kg/hari)	TSS (kg/hari)	NO3 (kg/hari)	PO4 (kg/hari)
Segmen 1	3000,1	7776,26	64802,16	12960,35	129604,32	25920,86	518,41
Segmen 2	8000,2	20736,52	172807,78	34560,63	345608,64	69121,73	1382,43
Segmen 3	8001	20738,59	172972,80	34564,09	345643,20	69128,64	1382,56
Segmen 4	4003	10375,78	86400,00	17292,84	172929,60	34585,92	691,71

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 7 Skenario 3 Tanpa Beban Pencemaran

Segmen	Debit L/s	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)	DO (kg/hari)	TSS (kg/hari)	NO3 (kg/hari)	PO4 (kg/hari)
Segmen 1	0,2	0,5184	4,32	1,0368	8,64	1,728	0,03456
Segmen 2	0,1	0,2592	2,16	0,5184	4,32	0,864	0,01728
Segmen 3	0	0	0	0	0	0	0
Segmen 4	0,16	0,41472	3,456	0,82944	6,912	1,3824	0,027648

Sumber: Hasil Analisis, 2017

### Daya Tampung Beban Pencemaran

Hasil perhitungan pada simulasi dengan skenario-skenario diatas digunakan sebagai perhitungan daya tampung beban pencemar. Perhitungan daya tampung beban pencemar menggunakan lembar kerja source summary yang berisikan debit dan kualitas point source

di setiap segmen. Perhitungan daya tampung beban pencemar adalah hasil selisih antara skenario dengan beban pencemar maksimum dan tanpa beban pencemar.

Daya Tampung = Beban pencemar maksimum (skenario 2) – beban pencemar alami/tanpa beban pencemar (skenario 3)

Tabel 8 Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran Sungai Bedog

Segmen	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)	DO (kg/hari)	TSS (kg/hari)	NO3 (kg/hari)	PO4 (kg/hari)
Segmen 1	7775,74	64797,84	12959,31	129595,68	25919,14	518,38
Segmen 2	20736,26	172805,62	34560,12	345604,32	69120,86	1382,41
Segmen 3	20738,59	172972,80	34564,09	345643,20	69128,64	1382,56
Segmen 4	10375,36	86396,54	17292,02	172922,69	34584,54	691,69

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Dapat terlihat bahwa Sungai Bedog masih memenuhi daya tampung beban pencemaran berdasarkan hasil perhitungan dari selisih beban pencemar maksimum dan tanpa beban pencemar. Berdasarkan hasil perhitungan beban pencemaran diketahui bahwa beban pencemaran kondisi eksisting telah melewati baku mutu yang diizinkan.

### Penurunan Beban Pencemaran

Penurunan beban pencemaran dilakukan akibat beban pencemaran pada kondisi eksisting melebihi daya tampung beban pencemaran. Penurunan beban pencemaran adalah selisih dari beban pencemaran eksisting dan DTBP Sungai Bedog pada masing-masing segmen dan parameter. Persamaan untuk menentukan penurunan beban pencemar.

$$\text{Penurunan BP} = \text{BP Eksisting} - \text{DTBP Sungai Bedog}$$

Segmen	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)	TSS (kg/hari)	NO3 (kg/hari)	PO4 (kg/hari)
Segmen 1	-62209,3	-12965,4	15546,3	12958,9	-25401,6
Segmen 2	-165889,0	-34561,4	41475,3	34560,6	-67737,0
Segmen 3	-165905,3	-34414,9	41483,7	34565,0	-67743,8
Segmen 4	-83004,9	-17362,1	20747,9	17291,9	-33893,1

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Apabila hasil yang didapat dalam bentuk minus (-) berarti beban pencemaran tersebut melebihi DTBP. Dapat dilihat pada tabel 4.10 bahwa pada parameter BOD, COD dan PO4 di setiap segmen melebihi DTBP yang sudah didapatkan. Pada segmen 1 konsentrasi BOD yang harus diturunkan adalah 62.209,3 kg/hari, konsentrasi COD 12.965,4 kg/hari dan

Fosfat 2.5401,62 kg/hari. Penurunan BP pada segmen 2 pada parameter BOD adalah 165.888 kg/hari, COD 34.561,4 kg/hari dan Fosfat 67.737,02 kg/hari. Pada segmen 3 diperlukan penurunan BOD sebesar 165.905 kg/hari, COD sebesar 34.561,4 kg/hari dan Fosfat 67.743,77 kg/hari. Pada segmen terakhir BOD perlu diturunkan sebesar 83.004,9 kg/hari, COD 17.362,1 kg/hari dan Fosfat 33.893,08 kg/hari.

## **KESIMPULAN**

1. Daya tampung beban pencemaran Sungai Bedog untuk setiap parameter adalah sebagai berikut:
  - a. Daya tampung beban pencemaran pada segmen 1 dengan parameter BOD, COD, DO, TSS, Nitrat dan Fosfat berturut-turut sebesar: 7775,7 kg/hari; 64.797,8 kg/hari; 12.959,3 kg/hari; 129.595,6 kg/hari; 25.919,1 kg/hari dan 518,4 kg/hari.
  - b. Daya tampung beban pencemaran pada segmen 2 dengan parameter BOD, COD, DO, TSS, Nitrat dan Fosfat berturut-turut sebesar: 20.736,2 kg/hari; 172.805 kg/hari; 34.560,1 kg/hari; 345.604 kg/hari; 69.120,8 kg/hari; 1382,4 kg/hari.
  - c. Daya tampung beban pencemaran pada segmen 3 dengan parameter BOD, COD, DO, TSS, Nitrat dan Fosfat berturut-turut sebesar: 20.738,6 kg/hari; 172.972,8 kg/hari; 34.564,09 kg/hari; 345.643,2 kg/hari; 69.128,6 kg/hari; 1382,5 kg/hari.
  - d. Daya tampung beban pencemaran pada segmen 4 dengan parameter BOD, COD, DO, TSS, Nitrat dan Fosfat berturut-turut sebesar: 10.375,3 kg/hari; 86.396,5 kg/hari; 17.292,01 kg/hari; 172.922,7 kg/hari; 34.584,5 kg/hari; 691,7 kg/hari.
2. Penurunan beban pencemar eksisting Sungai Bedog untuk parameter BOD, COD, dan PO<sub>4</sub> adalah sebagai berikut:
  - a. Penurunan beban pencemar yang melebihi daya tampung pada segmen 1 pada parameter BOD, COD dan Fosfat berturut-turut sebesar: 62.209,3 kg/hari; 12.965,4 kg/hari; 25.401,6 kg/hari.
  - b. Penurunan beban pencemar yang melebihi daya tampung pada segmen 2 pada parameter BOD, COD dan Fosfat berturut-turut sebesar: 165.889 kg/hari; 34.561,4 kg/hari; 67.737 kg/hari.

- c. Penurunan beban pencemar yang melebihi daya tampung pada segmen 3 pada parameter BOD, COD dan Fosfat berturut-turut sebesar: 165.905,3 kg/hari; 34.414,9 kg/hari; 67.743,8 kg/hari.
- d. Penurunan beban pencemar yang melebihi daya tampung pada segmen 4 pada parameter BOD, COD dan Fosfat berturut-turut sebesar: 83.004,9 kg/hari; 17.362,1 kg/hari; 33.893,1 kg/hari

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, R., U. 2015. **Karakteristik Perairan Sungai Bedog Di Desa Wijirejo, Pandak, Bantul, DIY**. Konservasi Sumberdaya Hutan, Fak Kehutanan, UGM. Yogyakarta.
- Agustiningih, D., Sasongko SB., dan Sudarno, 2012. **Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Berdasarkan Penggunaan Lahan di Blukar Kabupaten Kendal**. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. UNDIP: Semarang.
- Alaertts, G. Dan Santika, S. S. 1984. **Metode Penelitian Air**. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Arsyad, S. 1989. **Konservasi Tanah dan Air**. Bandung:ITB.
- Asdak, C. 2010. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Baherem. 2014. **Strategi Pengelolaan Sungai Berdasarkan Daya Tampung Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi, Studi Kasus: Sungai Cibanten Provinsi Banten**. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- BLHD. Badan Lingkungan Hidup Daerah, Status Lingkungan Hidup Daerah, Daerah Istimewa Yogyakarta 2014, DIY: BLHD
- Darmono. 1995. **Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup**. Hal 96. Jakarta: Indonesia University Press.
- Dugan, P.R. 1972. **Biochemical Ecology of Water Pollution**. Plenum Press. New York.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Cetakan Kelima. Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Udara**. Penerbit Kanisius: Yogyakarta
- Fatmawati, Reni, dkk. 2012. **Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowodengan**. Jurnal Teknik Pengairan. Volume 3, Nomor 2.
- Kannel, P.R., Lee, S., Y.S., Kanel, S.R., dan Pelletier, G.J. 2007. **Application of Automated Qual2Kw for Water Quality Modelling and Management in The Bagmati River**. Nepal. Ecoll Modell Assess

- Kementrian Lingkungan Hidup. 2004. **Pengendalian Pencemaran Air**. Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang **Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air**
- Kristianto, P. 2002. **Ekologi Industri**. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Lalli, C. M., Parsons, T.R. 2000. **Biological Oceanography An introduction. Second Edition**.
- Marlina, Nelly., Kasam, dan Any Juliani. 2015. **Evaluasi Daya Tampung Terhadap Beban Pencemar Menggunakan Model Kualitas Air (Studi Kasus: Sungai Winongo)**. Pusat Studi Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Mason, C.F. 1993. **Biology of Freshwater Pollution**. Second Edition. Longman Scientific and Technical, New York.
- Pelletier, GJ dan Chapra SC. 2008. *Qual2Kw Theory and Documentation (version 5.1) A. Modelling Framework for Simulating River and Stream Water Quality. Environmental Assesment Program*. Wahington State Department of Ecology
- Pelletier, GJ., Chapra, SC., dan Tao H. 2006. **Qual2Kw – A Framework for Modelling Water Quanity in Streams and Rivers Using a Genetic Algorithm for Calibration. Environmental Modelling & Software**. Vol 21: 419-425
- Penn, Michael.R., J. J. Pauer. J. R. Mihelcic. Nd. **Biochemical Oxygen Demand. Environmental and Ecological Chemistry**. Vol. II
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran
- Rusnugroho, A. Masduqi, A. 2012. **Aplikasi QUAL2Kw sebagai Alat Bantu Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Madiun (Segmen Kota Madiun)**. Scientific Conference of Environmental Technology. Surabaya.
- Salmin. 2005. **Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikaor Untuk Menentukan Kualitas Perairan Oseana** Vol. 30 No. 3, 2005.
- Sarda, Purushottam. 2013. *Water Quality Modeling of River by QUAL2Kw*. Researchgate.
- Sasongko, S. B. 1990. **Beberapa Parameter Kimia sebagai Analisis Air**. Edisi ke Empat. Semarang: Reaktor.
- Sastrawijaya, A. 1991. **Pencemaran Lingkungan**. Jakarta: Bhinneka Cipta.
- Senoaji, Gunggung. 2009. **Daya Dukung Lingkungan dan Kesesuaian Lahan Dalam Pengembangan Pulau Enggano Bengkulu**. Jurnal Bumi Lestari (IX) 2.
- Suripin. 2002. **Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air**. Penerbit Andi. Yogyakarta.