

**TUGAS AKHIR**

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

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



Disusun Oleh:

**MEUTIA FAKHRIAH BASUKI**

**135 13 060**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2017**

**TUGAS AKHIR**

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

**TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD ANALYSIS ON TRIDADI –  
GAMPING BEDOG RIVER USING QUAL2KW**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**

Disusun oleh :

**Meutia Fakhriah Basuki (13 513 060)**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Penguji I



Any Juliany, S.T., M.Sc.,

(Res. Eng)

Tanggal : 6/10/17

Penguji II



Adam Rus Nugroho, S.T.,

M.T.

Tanggal : 5/10/17

Penguji II



Nelly Marlina, S.T., M.T.

Tanggal : 5/10/17

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Hudori, S.T., M.T.

Tanggal : 6/10/17

**TUGAS AKHIR**

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

***TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD ANALYSIS ON TRIDADI –  
GAMPING BEDOG RIVER USING QUAL2Kw***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



Meutia Fakhriah Basuki 13513060

Pembimbing I:

Any Juliana, S.T., M.Sc., (Res. Eng)

Tanggal: 4/10

Pembimbing II:

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T

Tanggal: 5/10

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan

Hudori, S.T., M.T

Tanggal: 8/10



### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini asli dan belum pernah diajukan untuk gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 22 September 2016

Yang membuat pernyataan,



Meutia Fakhriah Basuki

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil ‘alamin segala puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberi kekuatan, kelancaran dan rahmat yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Daya Tampung Beban Pencemar di Sungai Bedog Segmen Tridadi – Gamping Menggunakan QUAL2Kw**”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat Sarjana Strata 1 pada jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia di Yogyakarta.

Selama proses penelitian ini penulis tidak bisa lepas dari banyak pihak yang membantu penelitian ini, maka dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr-Ing. Widodo Brontowiyono selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Hudori, ST., MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Sipil dan Perencanaan UII.
3. Ibu Any Juliani, ST., MSc. Selaku Pembimbing pertama tugas akhir penulis.
4. Bapak Adam Rus Nugroho, ST., MT. Selaku pembimbing kedua tugas akhir penulis, yang dengan ikhlas telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan fikiran untuk membimbing hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
5. Bapak Tasyono dan para laboran di Laboratorium Teknik Lingkungan yang sudah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir.
6. Seluruh dosen Teknik Lingkungan yang telah memberi pembelajaran yang bermanfaat kepada penulis.
7. Orang tua dan saudara penulis, yang telah memberi semangat, dukungan dan doa.
8. Bang Adji yang selalu memberi dukungan, semangat dan setia mendengarkan dan memberi solusi.
9. Lalak, Nyssa dan Annisa yang sudah menemani dari awal perkuliahan, pengingat dalam kebaikan, penyemangat dalam mengerjakan skripsi dan menjadi partner makan.
10. Irma, Muti, Nindy, Vika, Unge yang menjadi teman seperjuangan selama masa kuliah. Semoga kita semua dipertemukan kembali dalam keadaan yang sukses dan bahagia.

11. Tim sungai Bedog, Opak dan Code yang sudah membantu dalam proses pengerjaan skripsi.
12. Seluruh keluarga besar Teknik Lingkungan 2013, yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyelesaian masa studi di UII.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penelitian ini. Oleh sebab itu penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dalam memperbaiki kekurangan. Semoga penelitian ini dapat menjadi manfaat bagi banyak pihak.

Yogyakarta, September 2017

Penulis

## 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 scenario 2 with maximum pollution load and scenario 3 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 ( $PO_4$ ), Nitrat ( $NO_3$ ). 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

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	1
DAFTAR GAMBAR.....	3
DAFTAR TABEL .....	4
DAFTAR LAMPIRAN .....	5
ABSTRAK .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRACT .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB I - PENDAHULUAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1.Latar Belakang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2.Rumusan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3.Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.Manfaat Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5.Ruang Lingkup .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB II - TINJAUAN PUSTAKA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.Kualitas Air.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.Parameter Kualitas Air .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1. Biochemical Oxygen Demand (BOD).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2. Chemical Oxygen Demand (COD) ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.3. Dissolved Oxygen (DO) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.4. Total Suspended Solids (TSS).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.5. Nitrat (NO <sub>3</sub> ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.6. Fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.Pencemaran Air Sungai .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.1. Sumber Pencemar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.2. Jenis-jenis pencemar.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.Baku Mutu Air.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5.Sungai Bedog.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6.Beban Pencemaran dan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.QUAL2Kw .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8.Penelitian Sebelumnya .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB III - METODE PENELITIAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.Tahapan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.1. Studi Literatur.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.1.2.	Pembagian Segmen .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.3.	Pengumpulan Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.4.	Persiapan Input Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.5.	Input Data Pemodelan di QUAL2Kw	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.6.	Kalibrasi Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.7.	Validasi Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.8.	Simulasi Skenario Model QUAL2Kw	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.9.	Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.10.	Penurunan Beban Pencemaran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB IV - HASIL DAN PEMBAHASAN .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.	Gambaran Umum Lokasi Sampling .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1.	Kondisi Lingkungan Stream Source dan Point Source	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.	Karakteristik Hidrolika Sungai Bedog .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.	Kondisi Kualitas Sungai Bedog.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.1.	Kualitas Stream Source dan Point Source	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.	Pengolahan Data dan Pemodelan Daya Tampung Beban Pencemar....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.	Kalibrasi Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.	Validasi Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.	Hasil Simulasi Pemodelan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.	Analisis Hasil Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1.	Beban Pencemaran Sungai Bedog...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.2.	Daya Tampung Beban Pencemaran.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.	Penurunan Beban Pencemar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB V - KESIMPULAN DAN SARAN.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR LAMPIRAN .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Lokasi Sungai Bedog..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 Grafik Status Mutu Sungai Bedog.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 2 Lokasi Segmen dan Titik Sampling.. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 3 Lokasi Point Source..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 4 Worksheet QUAL2K..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 5 Grafik model Flow Sungai Bedog .... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 6 Grafik model Velocity Sungai Bedog**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 7 Grafik model Depth Sungai Bedog... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 1 Lokasi Segmen dan Titik Sampling Sungai Bedog**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 2 Lokasi Sampling Segmen 1 ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 3 Lokasi Sampling Segmen 2 ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 4 Lokasi Sampling Segmen 3 ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 5 Lokasi Sampling Segmen 4 ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 6 Grafik Debit Sungai Bedog ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 7 Grafik Konsentrasi BOD Sungai Bedog**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 8 Grafik Konsentrasi COD di Sungai Bedog**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 9 Grafik Konsentrasi DO di Sungai Bedog**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 10 Grafik Konsentrasi TSS di Sungai Bedog**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 11 Grafik Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Sungai Bedog**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 12 Grafik Model Parameter TSS Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 13 Grafik Model Parameter BOD Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 14 Grafik Model Parameter COD Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 15 Grafik Model Parameter DO Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 16Grafik Model Parameter Nitrat Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 17 Grafik Model Parameter Fosfat Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 18 Grafik Model Parameter BOD Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 19 Grafik Model Parameter COD Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 20 Grafik Model Parameter DO Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 21 Grafik Model Parameter TSS Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 22 Grafik Model Parameter Nitrat Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 23 Grafik Model Parameter Fosfat Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh  
..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 24 Grafik Model Parameter BOD Skenario 3 Tidak Ada Pencemar **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 25 Grafik Model Parameter COD Skenario 3 Tidak Ada Pencemar **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 26 Grafik Model Parameter DO Skenario 3 Tidak Ada Pencemar **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 27 Grafik Model Parameter TSS Skenario 3 Tidak ada Pencemar **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 28 Grafik Model Parameter Nitrat Skenario 3 Tidak ada Pencemar **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 29 Grafik Model Parameter Fosfat Skenario 3 Tidak ada Pencemar **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sumber dan Jenis Pencemar ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2. 2 Penelitian-penelitian Sebelumnya ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 1 Administrasi dan Koordinat Lokasi Sampling Sungai Bedog **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 2 Administrasi dan Koordinat Lokasi Sampling Point Source **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 3 Data Parameter Kualitas Air ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 4 Data Hidrologis, Morfologis dan Klimatologis **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 5 Parameter dalam QUAL2Kw ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 6 Simulasi Skenario pada QUAL2Kw .... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 1 Administrasi dan Koordinat Lokasi Sampling Sungai Bedog **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 Karakteristik Hidrolika Sungai Bedog . **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 3 Analisa Kualitas dan Kuantitas Stream Source **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 4 Analisa Kualitas dan Kuantitas Point Source **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan RMSPE parameter BOD **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan RMSPE parameter COD **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan RMSPE parameter DO **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan RMSPE parameter TSS **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan RMSPE parameter Nitrat (NO<sub>3</sub>) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan RMSPE parameter Fosfat (PO<sub>4</sub>) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 11 Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 12 Skenario 3 Tanpa Beban Pencemaran **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 13 Daya Tampung Beban Pencemaran.... **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hidrolika sungai Bedog di QUAL2Kw .....**Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 2 Grafik Pemodelan QUAL2Kw Skenario Beban Pencemar Eksisting .....**Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 3 Grafik Pemodelan QUAL2Kw Skenario Beban Pencemar Penuh ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 4 Grafik pemodelan QUAL2Kw Skenario Tanpa Beban Pencemaran..... **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 5 Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.....**Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 6 Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 20 tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY .....**Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 7 Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 07 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah di Provinsi DIY .....**Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 8 Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.....**Error! Bookmark not defined.**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

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.

Beban pencemaran merupakan jumlah atau kadar suatu pencemar yang terkandung di dalam air atau air limbah (KepmenLH 110/2003)). Badan air memiliki kemampuan untuk membersihkan diri sendiri dari beban pencemaran yang disebut dengan *self purification*. *Self purification* merupakan proses alami sungai untuk mempertahankan kondisi alami dan melawan bahan-bahan asing seperti limbah buangan yang masuk ke dalam badan sungai. Hal ini terkait dengan daya tampung beban pencemaran di badan sungai. Daya tampung beban pencemaran berarti kemampuan air dalam menerima masukan beban pencemaran tanpa

menurunkan kualitas atau mejadikan air tersebut tercemar (KepmenLH, 2003). Daya tampung beban pencemaran dalam penelitian ini menggunakan skenario dengan beban pencemaran maksimum yang disesuaikan dengan baku mutu kualitas air dan skenario tanpa beban pencemar. Besaran daya tampung beban pencemar merupakan selisih dari skenario beban pencemar penuh dan tidak ada beban pencemar pada badan air (Irsanda, 2014).

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).

### **1.2.Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Seberapa besar kemampuan Sungai Bedog dalam menampung air limbah?
2. Seberapa besar diperlukan penurunan beban pencemaran di Sungai Bedog?

### **1.3.Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan daya tampung beban pencemaran di Sungai Bedog dengan QUAL2Kw.
2. Menentukan penurunan beban pencemaran berdasarkan DTBP di Sungai Bedog.

### **1.4.Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan pertimbangan dalam penerapan kebijakan dan upaya pengendalian pencemaran di Sungai Bedog.
2. Sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya mengenai kualitas air dan daya tampung beban pencemaran di Sungai Bedog.

### **1.5.Ruang Lingkup**

Dalam tahap analisis DTBP di Sungai Bedog dengan QUAL2Kw, ruang lingkup yang digunakan meliputi:

1. Lokasi penelitian di sepanjang Sungai Bedog di Kabupaten Sleman dimulai dari Tridadi, Tlogoadi, Sidomoyo, hingga Sidoarum - Gamping.
2. Parameter yang akan dianalisis dalam penelitian ini antara lain; DO, COD, BOD, suhu, pH, Nitrat ( $\text{NO}_3$ ), Fosfat ( $\text{PO}_4$ ), TSS.

Metode pemodelan daya tampung beban pencemaran menggunakan *software* QUAL2Kw untuk simulasi model hidrolis sungai dan parameter kualitas air terkait.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kualitas Air**

Kualitas air merupakan tingkat kesesuaian air yang dipergunakan bagi pemenuhan tertentu untuk kehidupan manusia, seperti irigasi, peternakan dan air minum (Arsyad, 1989). Sungai adalah salah satu sumberdaya alam yang menerima beban pencemaran limbah sisa dari kegiatan manusia seperti: kegiatan industri, peternakan, perikanan, pertanian dan limbah rumah tangga. Kegiatan-kegiatan manusia tersebut dapat berpengaruh pada turunnya kualitas air. Kualitas air yang menurun dapat berpengaruh pada berkurangnya kuantitas air yang masih memenuhi kualitas (Wardhana, 2002).

Kualitas air juga berarti kondisi secara kualitatif yang diukur berdasarkan pada parameter yang ditentukan dengan metode tertentu sesuai dengan peraturan yang berlaku. Parameter yang menggambarkan kualitas air meliputi fisika, kimia dan biologi (Asdak, 2010).

#### **2.2. Parameter Kualitas Air**

Air yang berada di alam sangat jarang ditemukan dalam keadaan murni. Sekalipun air hujan, meski awalnya murni, kemudian mengalami reaksi dengan gas-gas di udara dalam perjalanannya turun ke bumi dan selanjutnya terkontaminasi selama mengalir diatas permukaan bumi dan dalam tanah. Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia. Kualitas air mencakup tiga karakteristik yaitu fisik, kimia dan biologis (Suripin, 2002).

Parameter fisika dalam kualitas air merupakan kondisi yang yang dapat terlihat langsung secara kasat mata. Parameter fisika meliputi suhu, kekeruhan, padatan terlarut, padatan tersuspensi, bau, rasa, warna. Pada parameter kimia diatur mengenai derajat keasaman (pH), oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), kandungan

logam-logam, kesadahan. Sedangkan parameter biologi terdapat kandungan mikroorganisme dalam air (Asdak, 2010).

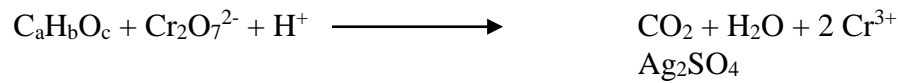
### **2.2.1. Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

*Biological Oxygen Demand* atau Kebutuhan Oksigen Biologis merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik di dalam air secara (Wardhana, 2004). Bahan organik terdiri dari karbohidrat, protein, minyak hidrokarbon dan bahan organik lain di dalam badan air secara alami atau masukan dari sumber pencemar (Hach,dkk. 1997). Pengujian BOD bertujuan untuk menentukan beban pencemaran dari buangan domestik, industri atau membuat pengolahan biologis dari air tercemar (Alaerts dan Santika, 1984). BOD alami bersumber dari pembusukan tumbuhan, kotoran hewan, dan BOD dari kegiatan manusia bersumber dari urin, feses, minyak, lemak dan deterjen (Penn, dkk.)

Oksigen yang digunakan dalam proses oksidasi digunakan juga untuk proses sintesa dan oksidasi sel mikroorganisme. Semakin banyak konsumsi oksigen, semakin banyak kandungan bahan organik (Kristanto, 2002). Uji BOD dapat dilakukan dengan menginkubasi sampel air pada suhu 20 C selama 5 (lima) hari. Pada dasarnya proses sempurna untuk mengoksidasi bahan organik dibutuhkan selama 20 hari, namun waktu 5 (lima) hari diambil sebagai standar. Dalam waktu 5 (lima) hari dapat mengukur hanya 68% dari total BOD (Sasongko, 1990).

### **2.2.2. Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* atau Kebutuhan Oksigen Kimiawi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses mengoksidasi senyawa organik di dalam air atau COD dapat dilihat sebagai parameter yang menggambarkan jumlah senyawa organik yang teroksidasi secara kimia (Metcalf & Eddy, 1991). Oksidan yang biasa digunakan dalam proses oksidasi adalah  $K_2Cr_2O_7$  atau  $KmnO_4$ .  $K_2Cr_2O_7$  yang dalam keadaan asam mendidih optimum digunakan untuk mengoksidasi zat organik. Penambahan  $Ag_2SO_4$  berfungsi sebagai katalis dalam proses oksidasi (Alaerts dan Santika, 1984).



Jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam reaksi oksidasi terhadap zat organik adalah jumlah yang sama dengan jumlah kalium bikromat yang digunakan dalam reaksi oksidasi (Wardhana, 2004). Perairan yang digunakan untuk perikanan dan pertanian sebaiknya tidak memiliki kadar COD yang tinggi. Konsentrasi maksimal COD pada yang diizinkan untuk kegunaan air minum dan kehidupan organisme air, perikanan dan irigasi adalah 20 mg/liter (Effendi, 2003).

Berdasarkan SNI 06-6989.2-2004, kebutuhan oksidan dinyatakan dalam O<sub>2</sub> mg/L dan diukur dengan spektrofotometer sinar tampak. Panjang gelombang 400 nm digunakan untuk mengabsorpsi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> kuat dan 600 nm untuk Cr<sup>3+</sup> kuat. Sedangkan nilai COD 100 – 900 mg/L diukur pada panjang gelombang 600 nm. Nilai COD kecil atau 90 mg/L diukur pada panjang 520 nm.

### 2.2.3. Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut di dalam air digunakan oleh organisme air untuk keberlangsungan hidup. Selain itu, oksigen terlarut digunakan sebagai pengurai bahan organik dan anorganik dalam air. Oksigen terlarut secara alami berasal dari proses difusi dari atmosfer dan hasil dari proses fotosintesis organisme perairan (Salmin, 2005). Dekomposisi zat organik dan proses oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga nol. Pada perairan tawar kadar oksigen terlarut adalah 15 mg/liter pada suhu 0 derajat Celcius dan 8 mg/liter pada suhu 25 derajat Celcius (Effendi, 2003).

Oksigen terlarut memiliki peran sebagai indikator kualitas air karena berperan dalam proses oksidasi dan reduksi zat organik maupun anorganik. Terjadinya proses oksidasi dan reduksi ini penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran yang masuk ke dalam perairan secara alami maupun akibat kegiatan manusia (Salmin, 2005).

#### **2.2.4. Total Suspended Solids (TSS)**

TSS merupakan padatan yang berpengaruh pada peningkatan kekeruhan air, tidak dapat terlarut dan tidak dapat langsung mengendap (Fardiaz, 1992). Padatan tersuspensi adalah bahan-bahan yang terdiri atas jasad renik, yang berasal dari kikisan atau erosi tanah yang terbawa di badan air. Tingginya TSS dalam air dapat mempengaruhi nilai kekeruhan yang berdampak pada berkurangnya cahaya matahari yang masuk ke perairan dan mengurangi fotosintesis dalam air (Effendi, 2003).

#### **2.2.5. Nitrat ( $\text{NO}_3$ )**

Nitrat pada perairan termasuk dalam jenis nitrogen anorganik utama. Nitrat juga berperan penting dalam pertumbuhan tanaman dan algae (Achmad, 2004). Apabila kandungan nitrat terlalu tinggi dalam perairan dapat berdampak pada eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan salah satu polusi perairan yang disebabkan oleh nutrien berupa nitrogen dan fosfor. Hal ini dapat menyebabkan menurunnya keanekaragaman spesies, peningkatan biomassa flora dan fauna, kekeruhan yang meningkat, proses sedimentasi yang semakin cepat, dan berkembang kondisi perairan yang kurang oksigen (Mason, 2002). Perairan yang menerima limpasan sisa pertanian yang mengandung pupuk, konsentrasi nitrat dapat mencapai 1000 mg/liter (Davis dan Cornwell, 1991)

#### **2.2.6. Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Fosfat berasal dari senyawa anorganik yang terlarut seperti ortofosfat dan polifosfat. Senyawa-senyawa ini berasal dari limbah industri, limpasan sisa pertanian yang menggunakan pupuk dan domestik yang mengandung deterjen. Pada sisa pertanian terkandung unsur fosfat yang dapat memicu tumbuhnya gulma perairan seperti ganggang dan enceng gondok (Baherem, 2014).

Penyumbang konsentrasi fosfat dari daerah perkotaan adalah penggunaan deterjem di tingkat domestik maupun industri. Sedangkan pada daerah pedesaan, penyumbang konsentrasi fosfat berasal dari limpasan hujan pada saluran drainase yang membawa zat hara dan sisa pertanian berupa pupuk (Wetzel, 1983).

### **2.3.Pencemaran Air Sungai**

Definisi pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. (PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air)

Pencemaran air dapat merupakan masalah, regional maupun lingkungan global, dan sangat berhubungan dengan pencemaran udara serta penggunaan lahan tanah atau daratan. Walaupun air merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat diperbaharui, tetapi air akan dapat dengan mudah terkontaminasi oleh aktivitas manusia untuk tujuan yang bermacam-macam sehingga dapat dengan mudah tercemar (Darmono, 1995). Benda-benda asing seperti bahan-bahan tersuspensi, debu, dan partikel lainnya yang terbawa oleh air hujan dapat mengakibatkan air tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya secara normal. Hal tersebut berujung pada pencemaran air. Karena kebutuhan manusia yang bermacam-macam, maka batas pencemaran air juga berbeda-beda. Pencemaran sungai dapat berarti perubahan kualitas sungai akibat dari kegiatan manusia yang dapat menjadi gangguan terhadap kehidupan manusia dan makhluk hidup lain.

#### **2.3.1. Sumber Pencemar**

Sumber pencemar (polutan) dapat berupa suatu lokasi tertentu (*point source*) atau tak tentu/tersebar (*non-point/diffuse source*). Sumber pencemar *point source* dapat berupa knalpot kendaraan, cerobong asap pabrik, dan saluran limbah industri. Sumber pencemar *non-point source* dapat berupa *point source* dalam jumlah yang banyak. Misalnya: limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pestisida dan pupuk, limpasan dari daerah pemukiman (domestik), dan limpasan dari daerah perkotaan (Effendi, 2003). Davis dan Cornwell (1991) mengemukakan beberapa jenis pencemar dan sumbernya dalam Tabel berikut.

Tabel 2. 1 Sumber dan Jenis Pencemar

Jenis Pencemar	Sumber Tertentu		Sumber Tak Tentu	
	Limbah Domestik	Limbah Industri	Limpasan Daerah Pertanian	Limpasan Daerah Perkotaan
Limbah yang dapat menurunkan kadar oksigen	X	X	X	-
Nutrien	X	X	X	X
Patogen	X	X	X	X
Sedimen	X	X	X	X
Garam-garam	-	X	X	X
Logam Toksik	-	X	-	X
Bahan organik toksik	-	X	X	-
Pencemaran panas	-	X	-	-

Sumber: Davis dan Cornwell, (1991; dalam Effendi, 2003)

### 2.3.2. Jenis-jenis pencemar

Polutan yang memasuki perairan terdiri atas campuran berbagai jenis polutan. Jika di perairan terdapat lebih dari dua jenis polutan maka kombinasi pengaruh yang ditimbulkan oleh beberapa jenis polutan tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga sebagai berikut.

1. Additive: pengaruh yang ditimbulkan dari beberapa jenis polutan merupakan penjumlahan dari pengaruh masing-masing polutan. Misalnya, pengaruh kombinasi *zinc* dan kadmium terhadap ikan.
2. Synergism: pengaruh yang ditimbulkan oleh beberapa jenis polutan lebih besar daripada penjumlahan pengaruh dari masing-masing polutan. Misalnya, pengaruh kombinasi copper dan klorian atau pengaruh copper dan surfaktan.
3. Antagonism: pengaruh yang ditimbulkan oleh beberapa jenis polutan saling mengganggu sehingga pengaruh secara kumulatif lebih kecil atau mungkin hilang. Misalnya, pengaruh kombinasi kalsium dan timbal atau zinc atau aluminium.

Rao (1991), (dalam Effendi, 2003) mengelompokkan bahan pencemar di perairan menjadi beberapa kelompok, yaitu sebagai berikut.

1. Limbah penyebab penurunan kadar oksigen terlarut

Semua limbah yang dioksidasi, terutama limbah domestik, termasuk dalam kategori limbah penyebab penurunan kadar oksigen terlarut (oxygen demanding waste). Oksigen terlarut sangat penting bagi keberlangsungan hidup organisme pada ekosistem perairan. Kadar minimum oksigen terlarut adalah 5 mg/liter yang diperlukan oleh organisme perairan.

2. Senyawa organik

Berbagai macam bahan organik, baik bahan alami maupun sintetis, masuk ke dalam badan air sebagai hasil dari aktivitas manusia. Penyusun utama bahan organik biasanya berupa polisakarida (karbohidrat), polipeptida (protein), lemak dan asam nukleat. Setiap bahan organik memiliki karakteristik fisika, kimia, dan toksisitas yang berbeda. Selain jenis-jenis bahan organik tersebut, limbah organik juga mengandung bahan organik sintetis yang toksik. Berbeda dengan limbah organik alami yang relatif mudah diuraikan secara biologis, senyawa organik sintetis pada umumnya tidak dapat diuraikan secara biologis (*non biodegradable*) (Dugan, 1972).

3. Pestisida

Pestisida atau disebut juga biosida tidak termasuk senyawa organik yang biasa ditemukan di dalam limbah. Pestisida masuk ke badan air melalui limpasan dari daerah pertanian yang banyak menggunakan pestisida. Pestisida yang sering digunakan adalah insektisida (pembasmi insekta) dan herbisida (pembasmi rumput pengganggu).

4. Senyawa anorganik

Senyawa anorganik terdiri atas logam dan logam berat yang pada umumnya bersifat toksik. Davis dan Cornwell (1991) mengemukakan, bahan anorganik yang dianggap toksik adalah arsen (As), barium (Ba), kadmium (Cd), kromium (Cr), *lead* (Pb), merkuri (Hg), selenium (Se), dan *silver* (Ag). Senyawa anorganik berasal dari limbah domestik dan industri. Limpasan perkotaan merupakan sumber utama timbal (Pb) dan *zinc* (Zn) (Davis and Cornwell, 1991) (dalam Effendi, 2003).

## 5. Sedimen

Sedimen meliputi tanah dan pasir yang masuk ke badan air akibat erosi atau banjir. Pada dasarnya sedimen tidak bersifat toksik, namun dapat mengakibatkan peningkatan kekeruhan perairan, menghambat penetrasi cahaya dan transfer oksigen dari atmosfer ke perairan. Selain itu, peningkatan kekeruhan akan menghambat daya lihat (visibilitas) organisme akuatik dan terganggunya kerja organ pernafasan pada organisme akuatik.

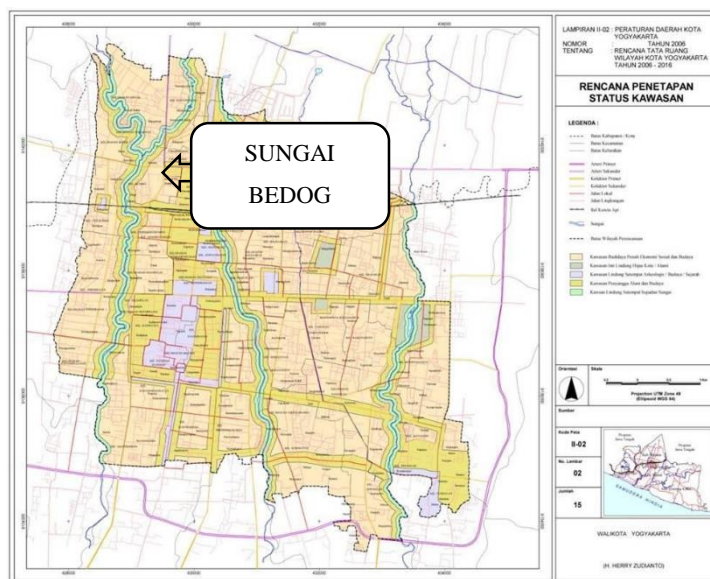
### **2.4. Baku Mutu Air**

Baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 adalah ambang batas dari kadar suatu komponen-komponen kimia, makhluk hidup, zat atau energi yang masih diperbolehkan terdapat pada suatu sumber air. Penggunaan baku mutu air disesuaikan dengan peruntukan dari suatu sumber air dan keberadaan sumber air. Karena Sungai Bedog terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, maka peraturan baku mutu mengacu pada Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 yang diklasifikasi menjadi 4 (empat) kelas yaitu:

1. Kelas I: air yang peruntukannya dapat digunakan sebagai air minum, dan peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, pertanian, peternakan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas III: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, mengairi pertanaman, atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

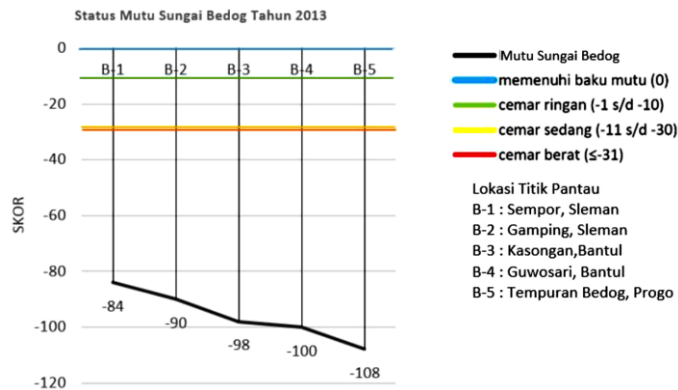
## 2.5.Sungai Bedog

Sungai Bedog yang merupakan sub-DAS dari Sungai Progo yang memiliki hulu di Kabupaten Sleman dan hilir di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah Aliran Sungai (DAS). Sungai Bedog dengan panjang hingga 40,92 km diketahui mengalami proses perkembangan yang cukup pesat seperti didirikannya perumahan dan industri dalam satu dekade terakhir. Karena perubahan pemanfaatan lahan di sekitar DAS Bedog, maka hal tersebut mengakibatkan besarnya debit air apabila terjadi hujan dengan intensitas besar. Selain meningkatnya debit, permasalahan yang terjadi di Sungai Bedog adalah pembuangan limbah dari industri-industri. Sumber pencemar yang berpotensi mencemari sungai antara lain limbah industri tahu, limbah domestik dan limbah perikanan (Yudha, 2013).



Gambar 2. 1 Lokasi Sungai Bedog

Berdasarkan data-data yang didapat dari Laporan SLHD DIY Tahun 2014 Sungai Bedog mengalir melewati 2 Kabupaten, ditentukan sebagai badan air kelas II.



Sumber: Laporan SLHD DIY 2013

Gambar 2. 2 Grafik Status Mutu Sungai Bedog

Sebagian besar daerah di hulu Sungai Bedog dimanfaatkan sebagai area pertanian yang cukup luas, dan mulai dipadati oleh pemukiman dari tengah hingga ke hilir sungai. Menurut Badan Lingkungan Hidup DIY, Sungai Bedog termasuk sungai yang tercemar berat berdasarkan pemantauan pada tahun 2014.

## 2.6. Beban Pencemaran dan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP)

Beban pencemaran adalah banyaknya suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah. Konsep beban relatif lebih baik jika dibandingkan dengan konsep sebelumnya yang mengendalikan kadar dari polutan yang akan dibuang ke lingkungan. Dalam menentukan beban pencemaran digunakan pengukuran debit air sungai dan konsentrasi limbah berdasarkan persamaan Mitsch & Goesslink (1993)

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

Dimana:

$BP_s$  = Beban Pencemaran Sungai (kg/hari)

$Q_s$  = Debit air sungai ( $m^3/detik$ )

$C_s$  = konsentrasi limbah pencemar (mg/liter)

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

(Agustiningsih, 2012).

Daya tampung lingkungan adalah kemampuan lingkungan untuk menampung atau menyerap zat energi dan atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya. Pelestarian Daya Tampung Lingkungan Hidup adalah rangkaian upaya untuk melindungi kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang dibuang ke dalamnya (Senoaji, 2009). Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010, daya tampung beban pencemar adalah kemampuan air pada suatu sumber air dalam menerima beban pencemaran dari berbagai sumber tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar.

Daya tampung beban pencemar dapat berfungsi sebagai faktor pendukung dalam penentuan keputusan dan kebijakan pemerintah seperti:

- (1) Pemberian izin usaha atau kegiatan,
- (2) Pemberian izin pembuangan limbah,
- (3) Penetapan rencana tata ruang
- (4) Penetapan mutu air serta arah pengendalian pencemaran air.

## **2.7.QUAL2Kw**

Dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air, perhitungan daya tampung dapat dilakukan dengan metode-metode berikut, antara lain: (1) Metode Neraca Massa, (2) Metode Streeter-Phelps, (3) Metode Numerik Terkomputerisasi (Qual2E atau yang terbaru QUAL2Kw).

QUAL2Kw merupakan program pemodelan kualitas air sungai yang sangat komprehensif dan paling banyak digunakan saat ini. Setelah dikembangkan oleh *US Environmental Protection Agency (US EPA)*. Tujuan penggunaan suatu pemodelan adalah menyederhanakan suatu kejadian agar dapat diketahui kelakuan kejadian tersebut. Pada QUAL2E ini dapat diketahui kondisi sepanjang sungai (DO dan BOD), dengan begitu dapat dilakukan tindakan selanjutnya seperti industri yang ada disepanjang sungai hanya diperbolehkan membuang limbahnya pada beban tertentu (KepmenLH, 2003). QUAL2Kw adalah kerangka pemodelan

kualitas air sungai modern. Pengguna dari pemodelan ini bebas memilih parameter kualitas air sesuai dengan kebutuhan analisis dalam penelitian (Pelletier, dkk.,2006). QUAL2Kw dapat beroperasi sebagai pemodelan untuk *steady state* ataupun dinamis, dan program ini digunakan sebagai alat (*tool*) untuk pemodelan matematis dan simulasi kualitas air (Sarda, 2013).

QUAL2Kw adalah program terbaru dari program-program sebelumnya QUAL2E dan QUAL2K. QUAL2E adalah metode yang dikembangkan oleh Brown dan Barnwell (1987) yang dapat menyederhanakan kondisi kualitas air pada sepanjang sungai yang diteliti dan khusus pada parameter kualitas air DO dan BOD (Fatmawati, dkk., 2012). Model Qual2K selanjutnya dikembangkan menjadi Model QUAL2Kw yang mampu mensimulasikan berbagai macam parameter kualitas air seperti daya hantar listrik (DHL), temperatur, oksigen terlarut, CBODslow, CBODfast, Fosfat, Nitrogen, Fitoplankton, Detritus, Patogen, Alkalinitas, pH, dan lain-lain (Pelletier, dkk.,2006). Berdasarkan Pelletier dan Chapra (2008), pemodelan kualitas air dengan QUAL2Kw mempertimbangkan aspek-aspek berikut.

1. *One Dimensional* atau satu dimensi dimana air dianggap tercampur secara vertikal ataupun lateral.
2. *Dynamic Head Budget* dimana temperatur dan neraca panas disimulasikan sebagai fungsi meteorologi pada skala waktu.
3. *Dynamic Water-Quality Kinetics* dimana seluruh variabel kualitas air yang diinginkan dapat disimulasikan pada satu skala waktu.
4. *Head Mass Input* yang berarti sumber pencemar titik (SPT) dan sumber pencemar non titik (SPNT) dapat disimulasikan.

Pemodelan QUAL2Kw memperhitungkan kesetimbangan aliran dengan pola aliran *steady state* satu dimensi. Kesetimbangan aliran pada kondisi *steady state* dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{ab,i}$$

Keterangan:

$Q_i$  = Debit aliran penggal  $i$  yang masuk ke penggal hilir  $i+1$  ( $m^3/s$ )

$Q_{i-1}$  = Debit aliran dari penggal hulu i-1 ( $m^3/s$ )

$Q_{in,i}$  = Total debit yang masuk ke penggal i dari sumber pencemar titik dan non titik ( $m^3/s$ )

$Q_{ab,i}$  = Total debit yang keluar dari penggal i yang disebabkan oleh sumber pencemar titik dan non titik ( $m^3/s$ )

Selain itu keunggulan dari software QUAL2Kw menurut Kannel (2011) adalah:

- Dapat membuat simulasi dari parameter pH, alkalinitas, padatan tersuspensi, bakteri patogen, dan alga.
- Selain itu, dapat juga membuat simulasi pengaruh akibat polutan terhadap kualitas air sungai.
- Terdapat fitur kalibrasi otomatis yang dapat memudahkan kalibrasi dengan metode coba ulang (*trial & error*) yang jika dilakukan secara manual dapat memakan waktu lama.

Dalam menentukan daya tampung beban pencemaran (DTBP) dapat digunakan rumus berikut:

DTBP = masukan beban pencemar maksimum (penuh) – tidak ada masukan beban pencemar

Masukan pencemar kemudian disesuaikan dengan pemanfaatan sungai dan kelas sungai.

## **2.8. Penelitian Sebelumnya**

Penelitian terdahulu mengenai daya tampung beban pencemar (DTBP) pada sumber air telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Namun, terdapat beberapa perbedaan pada setiap penelitian seperti lokasi penelitian dan parameter yang digunakan. Penelitian-penelitian tersebut disajikan dalam Tabel berikut.

Tabel 2. 2 Penelitian-penelitian Sebelumnya

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1	Komang Della Pavita, Bambang Rahadi Widiatmono, Liliya Dewi (Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan)	Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Akibat Buangan Limbah Domestik (Studi Kasus Kali Surabaya – Kecamatan Wonokromo)	Mengukur pencemaran di Sungai Kali Surabaya, menghitung dan menganalisa daya tampung beban pencemaran terhadap parameter air sungai	Menguji dan membandingkan parameter sebelum dan sesudah mendapat masukan limbah, dengan parameter BOD, COD, DO, TSS, pH, suhu, nitrat dan fosfat.	Limbah domestik mengakibatkan peningkatan yang signifikan pada parameter TSS, BOD, COD, pH, dan nitrat.
2	Reni Fatmawati, Aniek Masrevaniah, M. Solichin (Jurnal Teknik Pengairan, Volume 3, Nomor 2, Desember 2012)	Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowodengan	<ol style="list-style-type: none"> <li>Melakukan perhitungan beban pencemaran dari anak sungai dan saluran sebagai <i>point source</i> menuju kali Ngrowo</li> <li>Menganalisis kondisi beban pencemaran air di kali Ngrowo</li> <li>Menganalisis pola perubahan parameter kualitas air di kali Ngrowo menggunakan QUAL2Kw</li> <li>Menentukan beban pencemaran maksimum yang boleh dibuang ke badan air kali Ngrowo</li> </ol>	Menggunakan QUAL2Kw agar dapat meminimalisir biaya observasi	Dibagi menjadi 2 bagian (pumping station ke utara dan selatan), dan ditentukan beban pencemaran terkecil dan terbesar, daya tampung kali Ngrowo utara dan selatan adalah baku mutu air kelas III.
3	Eko Sugiharto, Christian Widya P., Endang Astuti (Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 21, No. 1, Maret 2014)	Kajian Total Daya Tampung Beban Pencemaran Harian Menggunakan Pemodelan Qual2k Untuk Pencemar BOD, TSS, Ammonia, Fosfat Dan Nitrat Di Sungai Kampung Bugis, Tarakan	Mengetahui nilai beban pencemar maksimum yang diizinkan oleh pemerintah dengan simulasi dan perhitungan kondisi kritis di Sungai Kampung Bugis, Tarakan	Konsep perhitungan Total Maximum Daily Load (TMDL) dan Pemodelan QUAL2K	Asumsi bahwa telah terjadi kondisi kritis di Sungai Kampung Bugis digunakan dalam studi ini. Hal ini didasarkan pada hasil pengamatan kualitas air Sungai Kampung Bugis dan sesuai data BPLH Kota Tarakan (2012) yang menyatakan terdapat beberapa faktor pendukung terjadinya kondisi kritis Sungai Kampung Bugis yang meliputi terjadinya fluktuasi debit air antara

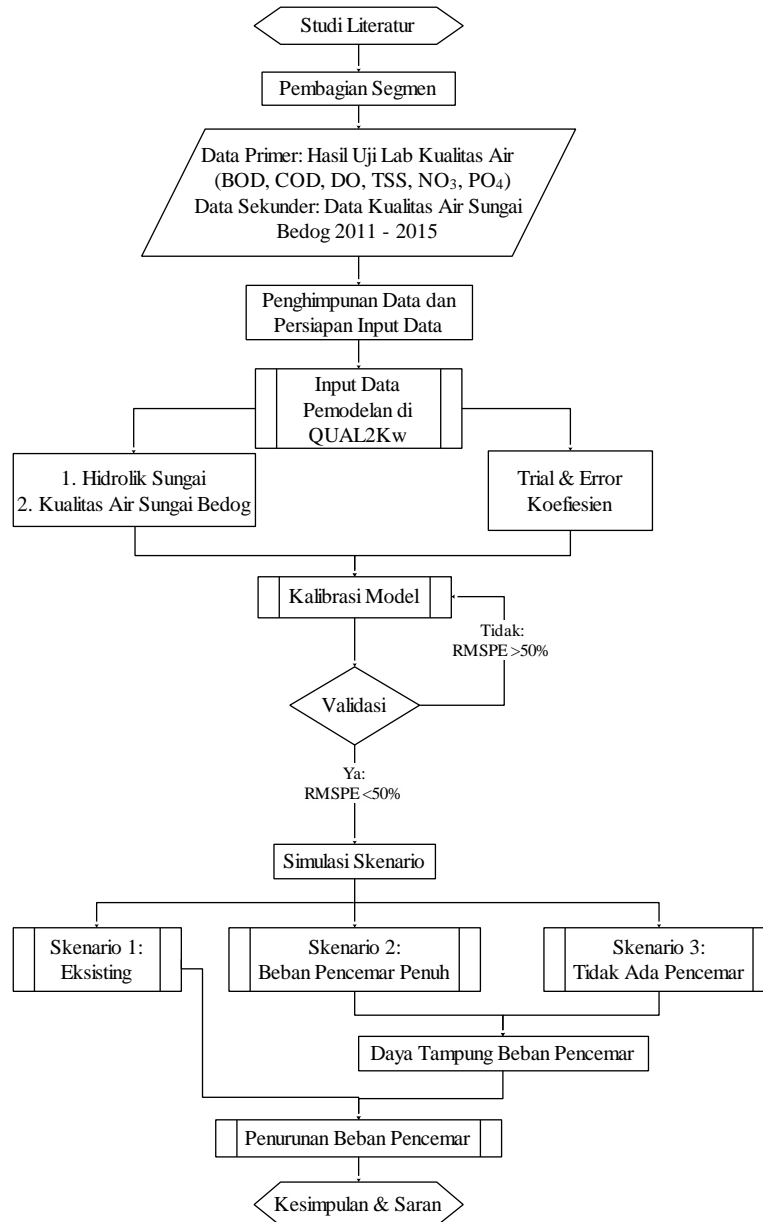
					musim kemarau dan hujan yang cukup signifikan.
4	Hossain M.A., Sujaul I.M. and Nasly M.A. (Research Journal of Recent Sciences Vol. 3 (6), 6-14 June 2014) ISSN 2277-2502	Application of QUAL2Kw for Water Quality Modeling in Tuggak River, Kuantan, Pahang, Malaysia	Untuk menggunakan model terkalibrasi model QUAL2Kw dengan data kualitas air Sungai Tuggak dan mensimulasikan kondisi sungai untuk pengolahan yang lebih baik	Memodelkan kualitas air dengan QUAL2Kw menggunakan parameter DO, COD, BOD, pH, TSS, suhu, PO4-P, NH4-N, NO3-N, DHL	Hasil kalibrasi suhu, pH, DO yang sesuai diamati nilai-nilainya dan terdapat sedikit perbedaan dengan parameter lainnya. Nilai Do rendah merupakan indikasi masuknya limbah dari berbagai <i>point source</i> melalui saluran limbah dan industri. Limbah tersebut menambah material organik dan anorganik yang menyebabkan DO rendah.
5	P.R. Sarda	Water Quality Modeling of River by QUAL2Kw	Untuk menentukan kualitas air secara keseluruhan dan kegunaan domestik, pertanian, dan kehidupan akuatik	Melakukan pemodelan untuk sungai utama, dan sungai dibagi menjadi beberapa bagian atau segmen.	QUAL2Kw digunakan bersama Genetic Algorithm (GA) untuk mengoptimalkan kalibrasi dan verifikasi model. Dengan pendekatan ini, dihasilkan perkiraan koefisien dan profil kualitas air
6	Prakash Raj Kannel, S. Lee, Y.S. Lee, S.R. Kannel dan G.J. Pelletier	Application of Automated QUAL2Kw for Water Quality Modeling and Management in Bagmati River, Nepal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memodelkan kondisi kualitas air di Sungai Bagmati</li> <li>2. Memberi rekomendasi batas pencemaran untuk menjaga kualitas sungai Bagmati.</li> </ol>	Kuantitatif, pemodelan kualitas air dan manajemen sungai Bagmati Parameter: DO, COD, Total Nitrat, Total Fosfat, suhu.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grafik pemodelan kualitas air dengan QUAL2Kw</li> <li>2. Strategi pengelolaan kualitas air Sungai Bagmati</li> </ol>

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan dalam pengerjaan penelitian ini ditunjukkan pada *flowchart* berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

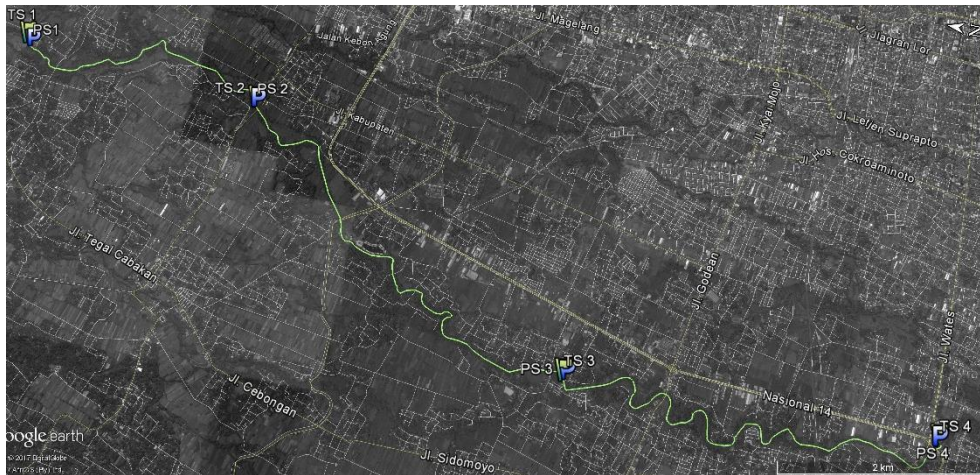
##### 3.1.1. Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini mencakup teori dan metode pemodelan kualitas air, faktor – faktor penting yang mempengaruhi kualitas air sungai, dan skenario pemodelan

dalam menentukan daya tampung beban pencemaran. Terdapat beberapa skenario dan pemodelan yang dapat disimulasikan dalam QUAL2Kw, namun pada penelitian ini berfokus pada penentuan beban pencemaran. Penentuan beban pencemaran ditentukan dengan simulasi skenario sungai dalam kondisi beban pencemaran penuh dengan parameter pencemar yang disesuaikan dengan baku mutu kelas sungai, yaitu air kelas II. Kemudian skenario berikutnya adalah sungai dalam kondisi tidak ada beban pencemar yang masuk. Selisih dari kedua skenario tersebut yang kemudian ditentukan sebagai daya tampung beban pencemaran pada Sungai Bedog.

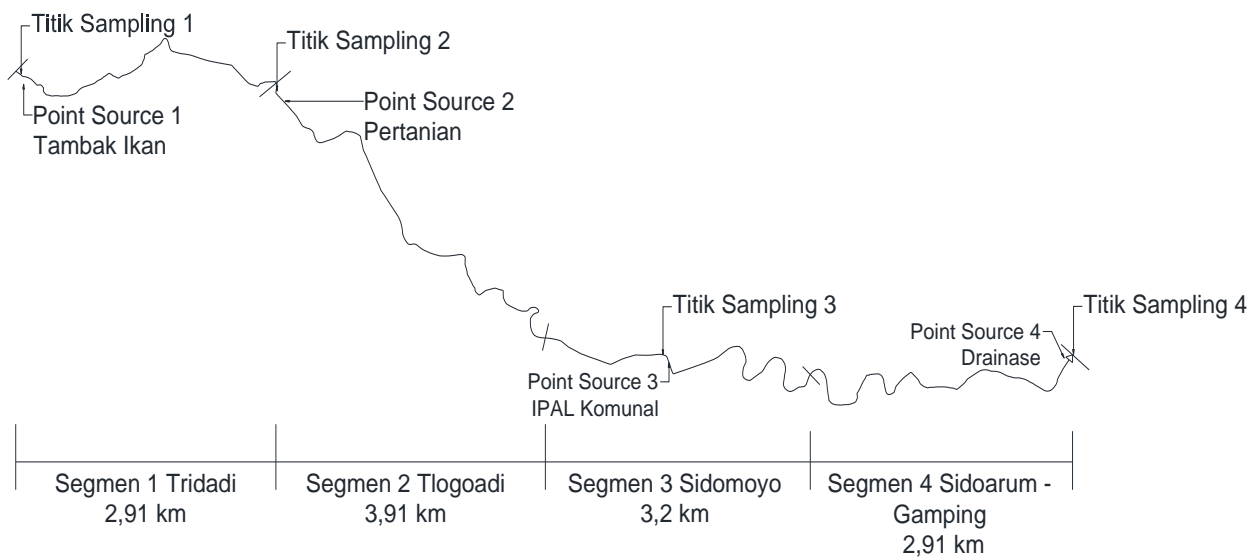
### **3.1.2. Pembagian Segmen**

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 3. 2 Lokasi Segmen dan Titik Sampling

Sumber: Google Earth, 2017

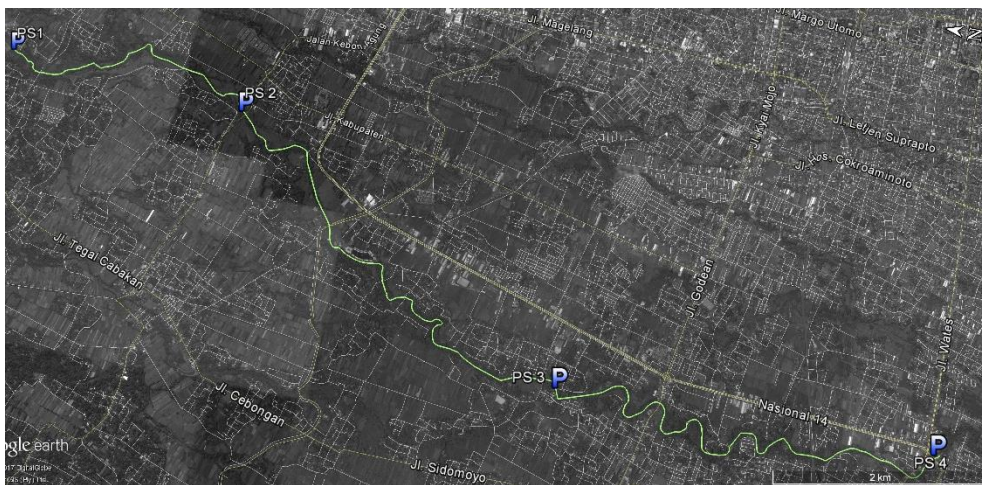


Gambar 3. 3 Alur Sungai dan Pembagian Segmen di Sungai Bedog

Tabel 3. 1 Administrasi dan Koordinat Lokasi Sampling Sungai Bedog

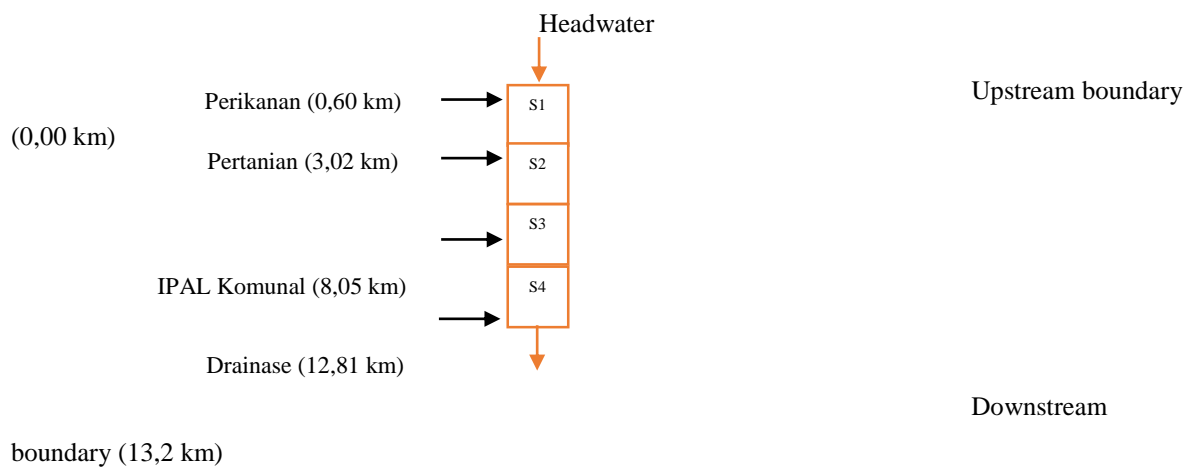
No	Lokasi Stream Source				Panjang (km)	Kode	Koordinat	
	Nama	Kelurahan	Kecamatan	Kabupaten			Latitude	Longitude
1	Tridadi	Tridadi	Sleman	Sleman	2,91	S1	7°42'52.07"S	110°20'59.58"E
2	Tlogoadi	Tlogoadi	Mlati	Sleman	3,91	S2	7°44'11.28"S	110°20'52.41"E
3	Sidomoyo	Sidomoyo	Godean	Sleman	3,2	S3	7°46'5.66"S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

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Sumber: Google Earth, 2017

Gambar 3. 4 Lokasi Point Source



Gambar 3. 5 Sistem Segmentasi dan Titik Pencemaran

Tabel 3. 2 Administrasi dan Koordinat Lokasi Sampling Point Source

No	Segmen	Point Source	Kode	Koordinat	
				Latitude	Longitude
1	S1 – S2	Perikanan	PS 1	7°42'52.07"S	110°20'58.53"E
2	S2 – S3	Pertanian	PS 2	7°44'11.41"S	110°20'52.23"E
3	S3 – S4	IPAL Komunal	PS 3	7°46'6.40"S	110°19'43.52"E
4	S4	Drainase	PS 4	7°48'2.09"S	110°19'46.06"E

Sumber: Hasil Analisis, 2017

### 3.1.3. 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. Dalam pengambilan sampel data primer menggunakan acuan SNI 03-7016-2004. Data-data kualitas air yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 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. 4 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

### 3.1.4. Persiapan Input Data

Setelah mengumpulkan data, langkah berikutnya adalah persiapan input data pada QUAL2Kw. Persiapan input data dilakukan dengan mengolah data primer hasil uji

laboratorium kualitas air, hidrologis, morfologis dan data sekunder di Microsoft Excel. Data sekunder digunakan untuk membandingkan data primer dengan tren data sekunder dari BLH DIY tahun-tahun sebelumnya.

### 3.1.5. 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 3.6 berikut.

System ID:	
River name	BEDOG
Saved file name	BEDOG_TA_2017_MFB2
Directory where the input/output files are saved	
Month	4
Day	29
Year	2017
Local standard time zone relative to UTC	-7 hours
Daylight savings time	No
<b>Simulation and output options:</b>	
Calculation step	11,25 minutes
Number of days	2 days
Solution method (integration)	Euler
Solution method (pH)	Brent
Simulate hyporheic exchange and pore water quality	No
Display dynamic diel output	No
State variables for simulation	All
Simulate sediment diagenesis	No
Simulate alkalinity change due to nutrient change	No
Write dynamic output of water quality	No
Program determined calc step	11,25 minutes
Time elapsed during last model run	0,45 minutes
Time of sunrise	6:06 AM
Time of solar noon	12:18 PM
Time of sunset	6:30 PM
Photoperiod	12,39 hours

**Gambar 3. 6 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 hidrolik dan kualitas air pada parameter di titik hulu.

### **3.1.6. Kalibrasi 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 3.5 berikut:

**Tabel 3. 5 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	NO3
8	Fosfat	Inorganic P

Sumber: Hasil Analisis, 2017

### 3.1.7. Validasi Data

Setelah setiap parameter terkalibrasi, kemudian dilanjutkan pada tahap validasi. Tujuan validasi adalah membuat model mendekati keadaan sungai yang sebenarnya. Validasi data bertujuan untuk menguji model matematis yang baik, khususnya relasi antar komponen dan juga pengujian program komputer yang biasa digunakan sebagai alat bantu dalam menyajikan solusi numerik (Notodarmojo, 2005). Model dianggap valid apabila memenuhi persyaratan RMSPE atau *Root Mean Square Percent Error* dibawah 50%. Setelah nilai RMSPE setiap parameter dibawah 50%, model dianggap valid dan dapat melanjutkan ke simulasi skenario.

RMSPE dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\sqrt{\frac{1}{n} \left[ \sum_{n=1}^n \left( \frac{St - At}{At} \right)^2 \right]} \times 100\%$$

Dengan:

RSMPE : *Root Mean Square Percent Error*

St : Nilai simulasi pada waktu t

At : Nilai aktual pada waktu t

N : Jumlah pengamatan

(Marlina, 2015)

### 3.1.8. Simulasi Skenario Model QUAL2Kw

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. Skenario yang akan dimodelkan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 3.6 berikut:

**Tabel 3. 6 Simulasi Skenario pada 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

Beberapa skenario diatas akan dilakukan dalam bentuk simulasi model QUAL2Kw sebagai berikut:

- Skenario 1:  
Simulasi skenario menggunakan data eksisting Sungai Bedog pada tahun 2017. Skenario ini menggunakan data eksisting kualitas air dari hulu hingga hilir yang diinput ke dalam QUAL2K2w. Tujuan skenario 1 adalah untuk melihat bagaimana pengaruh pencemaran perikanan, pertanian, IPAL Komunal dan drainase pada segmen-segmen yang sudah ditentukan.
- Skenario 2:  
Simulasi skenario 2 menggunakan asumsi kondisi sungai dipenuhi beban pencemar. Asumsi meliputi kualitas air point source, diffuse source, dan debit yang memenuhi dan mendekati baku mutu kualitas air kelas III.
- Skenario 3:  
Simulasi skenario 3 digunakan nol beban pencemar yang masuk ke sungai. Tujuan simulasi ini adalah untuk melihat bagaimana pengaruh jika tanpa beban pencemar point source maupun non point source. Kualitas air sungai dan beban pencemar menggunakan data yang sesuai dengan baku mutu.

### **3.1.9. 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.

### **3.1.10. 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.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1.1. Gambaran Umum Lokasi Sampling

Sungai Bedog adalah salah satu sungai yang mengalir di Yogyakarta dengan lokasi hulu di Kabupaten Sleman dan hilir di Kabupaten Sleman. Aliran sungai sepanjang 40,92 melintasi berbagai macam daerah seperti pemukiman, industri, pertanian, perikanan yang dapat menyumbang buangan limbah ke badan sungai.

Sungai pada daerah Kabupaten Sleman sepanjang 13,2 km dibagi menjadi 4 segmen 1 terletak di desa Tridadi, dilanjutkan dengan desa Tlogoadi, Sidomoyo dan Sidoarum – Gamping sebagai segmen 4. Terdapat 4 titik sampling di sepanjang 4 segmen yang sudah ditentukan. Hal-hal yang diperhatikan dalam kondisi eksisting seperti kondisi fisik antara lain, pemanfaatan lahan di sekitar sungai, debit sungai, warna air sungai, dan buangan yang masuk ke sungai.

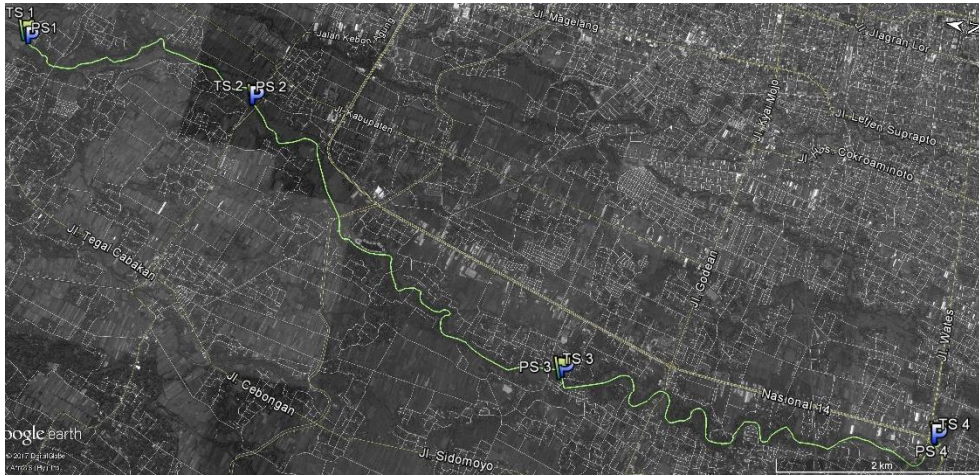
##### 1.1.1. Kondisi Lingkungan Stream Source dan Point Source

Penentuan lokasi pengambilan contoh air sungai ditentukan berdasarkan sample survey method atau metode yang membagi wilayah penelitian menjadi beberapa titik pantau yang dapat mewakili. Titik-titik pemantauan dibagi menjadi 4 dalam 4 segmen yang terletak di Kecamatan Sleman, Mlati dan Godean. Pemanfaatan lahan di daerah tersebut bermacam-macam seperti sektor industri, rumah makan, bengkel, pertanian, pengelolaan limbah domestik, dan perikanan. Dalam menentukan lokasi pantau mengacu pada SNI 03-7016-2004 tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air pada suatu daerah pengaliran sungai. Titik-titik pantau yang dipilih berdasarkan pertimbangan kemudahan akses, waktu dan biaya.

Tabel 4. 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

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Gambar 4. 1 Lokasi Segmen dan Titik Sampling Sungai Bedog

a. Segmen 1 Triadi Km 10,3 – 13,2

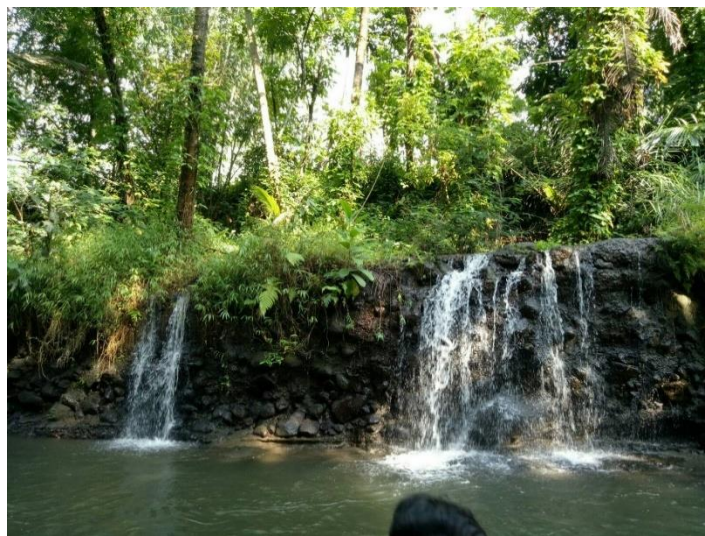
Segmen 1 terletak di Kelurahan Tridadi sepanjang 3,19 km yang dijadikan sebagai hulu dalam pemodelan. Kondisi di sekitar lokasi pengambilan sampel uji masih banyak terlihat vegetasi yang bervariasi. Pemanfaatan lahan di sekitar lokasi sampling berupa lahan pertanian, tambak ikan dan pemukiman yang belum terlalu padat. Kondisi fisik air pada segmen ini masih tergolong jernih dengan aliran yang tidak begitu deras. Pada segmen 1, *point source* yang diambil berasal dari buangan tambak-tambak ikan warga sekitar bantaran sungai.



Gambar 4. 2 Lokasi Sampling Segmen 1

b. Segmen 2 Tlogoadi Km 6,39 – 10,3

Lokasi titik sampling kedua terletak di jembatan Jalan Kebon Agung, Kelurahan Tlogoadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman. Segmen 2 sepanjang 3,91 km ini memiliki karakteristik pemanfaatan lahan seperti pertanian dan pemukiman yang lebih padat daripada segmen sebelumnya. Pada segmen 2 masih ditemukan lahan-lahan pertanian yang cukup luas dan terlihat pembuangan dari lahan pertanian langsung ke badan sungai yang cukup berpengaruh pada kekeruhan dan warna air. *Point source* di segmen 2 diambil dari buangan lahan pertanian padi di tepi Sungai Bedog.



Gambar 4. 3 Lokasi Sampling Segmen 2

c. Segmen 3 Sidomoyo Km 3,19 – 6,39

Segmen 3 berlokasi di perumahan Kelurahan Sidomoyo, Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman. Pada segmen ini terlihat daerah yang dimanfaatkan sebagai pemukiman semakin padat dan semakin sedikit lahan pertanian. Perumahan tersebut memiliki IPAL Komunal yang effluent-nya dijadikan sebagai *point source*. Keadaan air sungai secara fisik sudah terlihat lebih keruh jika dibandingkan dengan segmen-segmen sebelumnya. Hal ini berdampak dari pemanfaatan lahan yang semakin dipadati penduduk. Jumlah vegetasi di sekitar lokasi sampling masih terlihat cukup banyak.



Gambar 4. 4 Lokasi Sampling Segmen 3

d. Segmen 4 Sidoarum – Gamping Km 0 – 3,19

Titik sampling pada segmen 4 adalah Jembatan Gamping yang berlokasi di Kelurahan Sidoarum, Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman. Segmen 4 terlihat semakin padat penduduk dengan pemanfaatan lahan seperti pemukiman, bengkel, rumah makan dan pasar. Terdapat terjunan dengan lebar 25 meter pada segmen 4. Pengambilan *point source* pada segmen ini berasal dari saluran drainase campuran yang masuk ke badan air sungai.



Gambar 4. 5 Lokasi Sampling Segmen 4

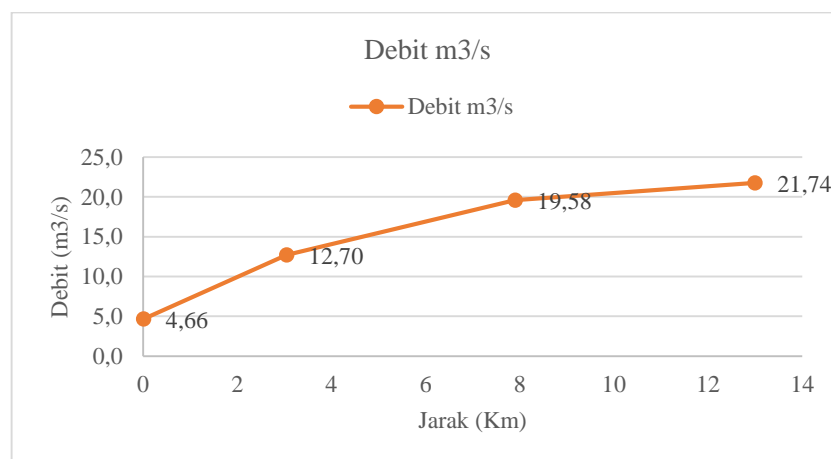
## 1.2. Karakteristik Hidrolika Sungai Bedog

Data hidrolika sungai dibutuhkan dalam QUAL2Kw untuk mendukung pembentukan model keadaan sungai. Data-data yang dibutuhkan antara lain debit, kecepatan aliran, lebar dan kedalaman sungai. Adapun data-data berikut diambil pada saat pengambilan sampel uji. Data hidrolika Sungai Bedog disajikan dalam Tabel berikut.

Tabel 4. 2 Karakteristik Hidrolika Sungai Bedog

No.	Kode	Debit (m <sup>3</sup> /detik)	Jarak (km)	Kecepatan Aliran (m/detik)	Kedalaman rerata (m)	Lebar rerata (m)
1	TS 1	4,7	0,01	1	0,18	25,9
2	TS 2	12,7	3,05	1	0,5	25,4
3	TS 3	19,6	7,9	0,8	1,2	19,2
4	TS 4	21,7	13,0	1	0,9	22,3

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Gambar 4. 6 Grafik Debit Sungai Bedog

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Pada Gambar 4.6 dapat terlihat debit air sungai semakin meningkat seiring perubahan dari hulu ke hilir. Peningkatan debit dapat dipengaruhi oleh jumlah buangan dari pemanfaatan lahan yang semakin dipadati masyarakat dari hulu hingga hilir sungai. Debit air dapat berpengaruh dalam pencemaran polutan dalam badan air sungai. Tinggi atau rendahnya debit air sungai dapat mempengaruhi konsentrasi pencemar. Apabila debit sungai tinggi maka konsentrasi pencemar dapat berkurang karena terjadi proses pengenceran, sedangkan jika debit sungai rendah, pencemar menjadi tinggi yang mempengaruhi kualitas air sungai.

### 1.3. Kondisi Kualitas Sungai Bedog

#### 1.3.1. Kualitas Stream Source dan Point Source

Secara umum kualitas air adalah mutu atau status air yang berkaitan dengan kandungan dan kegunaan dalam kegiatan tertentu. Maksudnya adalah terdapat kandungan tertentu yang hanya diperbolehkan untuk kegiatan tertentu pula. Seperti kegunaan untuk air perikanan tidak dapat digunakan sebagai keperluan air minum.

Ketentuan yang berlaku mengenai kualitas air yang digolongkan dalam beberapa kelas berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 20 tahun 2008. Parameter-parameter yang berlaku dalam ketentuan kelas air meliputi parameter fisik, kimia dan biologi. Suhu, padatan terlarut dan padatan tersuspensi termasuk dalam parameter fisika, sedangkan parameter kimia meliputi pH, COD, dan DO.

Sungai Bedog memiliki peruntukan sebagai sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Hasil pengujian dan analisis *stream source* dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4. 3 Analisa Kualitas dan Kuantitas Stream Source

STREAM SOURCE							
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air	Hasil Pemantauan			
				S1	S2	S3	S4
1	Temperatur	°C	± 3° C	25,81	26,72	27,01	27,92
2	pH	-	6,0 - 8,5	7,39	7,25	7,18	7,13
3	TSS	mg/L	50	64	76	47,6	50
4	DO	mg/L O <sub>2</sub>	5	4,60	5,71	3,56	5,58
5	BOD	mg/L	3	20,13	16,11	12,08	24,00
6	COD	mg/L	25	26,92	27,96	21,92	32,75
7	Nitrat	mg/L	10	4,64	4,57	7,30	7,56
8	Fosfat	mg/L	0,2	0,005	0,006	0,031	0,045
9	Debit	m <sup>3</sup> /dt	-	4,66	12,70	19,58	21,74

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 4 Analisa Kualitas dan Kuantitas Point Source

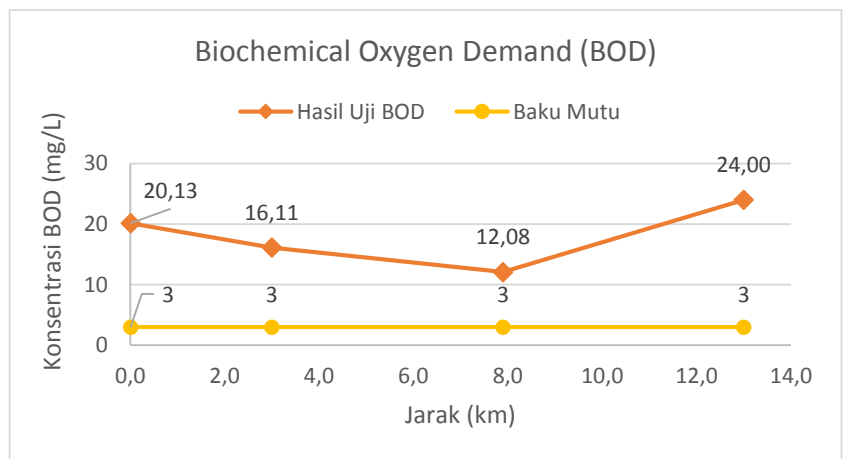
POINT SOURCE						
No	Parameter	Satuan	Hasil Pemantauan			
			PS 1	PS2	PS3	PS4
1	Temperatur	°C	25	25,5	24	26,4

2	pH	-	7,01	6,9	6,7	6,7
3	TSS	mg/L	15,6	37,6	21,6	27,2
4	DO	mg/L O <sub>2</sub>	4,07	3,26	0,00	2,04
5	BOD	mg/L	12,08	18,12	20,13	12,08
6	COD	mg/L	37,75	24,42	46,92	35,25
7	Nitrat	mg/L	4,64	4,57	7,30	7,56
8	Fosfat	mg/L	0,005	0,006	0,031	0,045
9	Debit	m <sup>3</sup> /dt	0,0001	0,0002	0,0010	0,0030

Sumber: Hasil Analisis, 2017

a. BOD

Biological Oxygen Demand atau Kebutuhan Oksigen Biologis merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik di dalam air. Pengujian BOD bertujuan untuk menentukan beban pencemaran dari buangan domestik, industri atau membuat pengolahan biologis dari air tercemar (Alaerts dan Santika, 1984). Nilai BOD hasil uji dapat dilihat pada grafik berikut.



**Gambar 4. 7 Grafik Konsentrasi BOD Sungai Bedog**

Sumber: Hasil Analisis, 2017

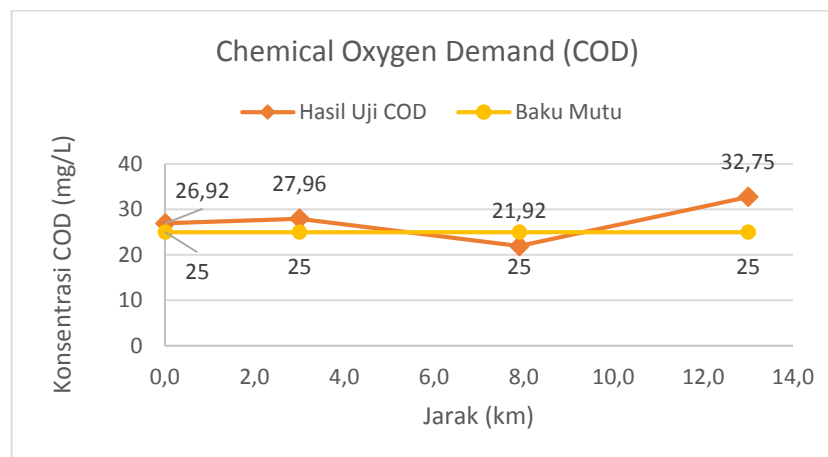
Dari hasil uji laboratorium, konsentrasi BOD pada semua titik sampling jauh melebihi baku mutu. Konsentrasi BOD yang ditetapkan dalam baku mutu air kelas II adalah 3 mg/L, sedangkan pada titik 1 konsentrasi BOD adalah 20,1 mg/L, titik 2 dengan 16,1 mg/L, titik 3 dengan 12,1 mg/L dan titik 4 memiliki konsentrasi BOD paling tinggi yaitu 24,0 mg/L. BOD berasal dari sisa pembusukan tanaman dan hewan, buangan dari limbah industri maupun domestik.

Konsentrasi BOD tertinggi terdapat pada titik 4 yang disebabkan daerah pemukiman yang semakin padat, adanya rumah makan, bengkel yang membuang sisa usaha ke sungai yang memiliki kandungan organik. Sedangkan pada titik 1, 2 dan 3 konsentrasi BOD melebihi baku mutu diakibatkan oleh kegiatan masyarakat seperti limbah domestik, kegiatan buang air di sungai.

Nilai BOD yang tinggi dapat berdampak pada penurunan DO atau oksigen terlarut. DO dan BOD memiliki persamaan terbalik, apabila kandungan DO tinggi maka BOD akan menurun. Karena semakin tinggi DO, berarti kebutuhan oksigen organisme untuk mengoksidasi zat organik semakin terpenuhi.

#### b. COD

*Chemical Oxygen Demand* atau Kebutuhan Oksigen Kimiawi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses mengoksidasi senyawa organik di dalam air atau COD dapat dilihat sebagai parameter yang menggambarkan jumlah senyawa organik yang teroksidasi secara kimia (Metcalf & Eddy, 1991). Apabila semakin tinggi konsentrasi COD di perairan maka zat organik tersebut memerlukan waktu yang cukup lama untuk terurai (Asdak, 2007). Hasil pengujian COD pada 4 titik dapat dilihat pada grafik berikut.



Sumber: Hasil Analisis, 2017

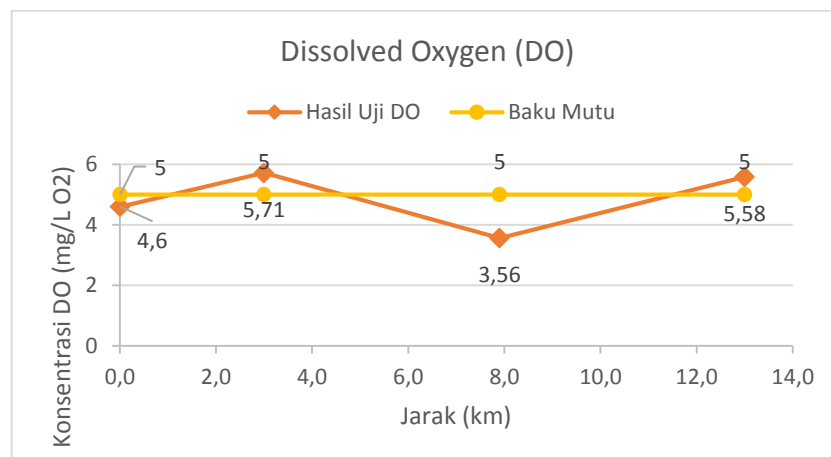
Gambar 4. 8 Grafik Konsentrasi COD di Sungai Bedog

Berdasarkan hasil uji di laboratorium dapat dilihat bahwa nilai COD berkisar antara 21,9 mg/L hingga 32,8 mg/L. Pada titik 1 dan 2 nilai COD berturut-turut

26,9 mg/L dan 28,0 mg/L sudah melewati baku mutu walaupun hanya sedikit. Hal tersebut berpengaruh dari sisa kegiatan pertanian yang banyak mengandung zat organik. Nilai COD tertinggi terletak pada titik 4 yaitu 32,8 mg/L yang disebabkan oleh tingginya buangan dari limbah domestik dan akumulasi dari titik-titik sampling sebelumnya dengan pemanfaatan lahan yang berbeda-beda.

c. DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh organisme air untuk melakukan fotosintesis, metabolisme dan proses pencernaan pada fitoplankton. Apabila oksigen terlarut yang terkandung dalam air terlalu sedikit maka dapat mengganggu kehidupan organisme perairan. Kadar DO minimal untuk mendukung kehidupan organisme adalah 2 mg/L (Wardhana, 1995). *Dissolved Oxygen* merupakan faktor penting dalam kelangsungan metabolisme organisme perairan untuk tumbuh dan berkembang biak. Sumber oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi oksigen di atmosfer, aliran air hujan, fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton (Novonty dan Olem, 1994).



Sumber: Hasil Analisis, 2017

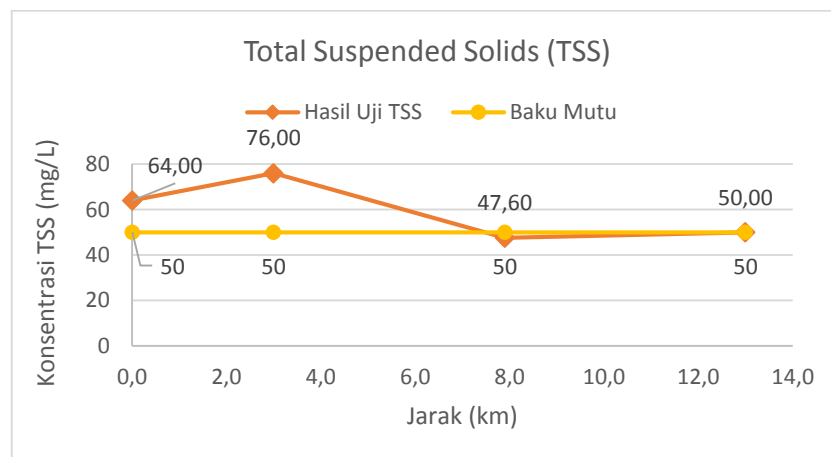
Gambar 4. 9 Grafik Konsentrasi DO di Sungai Bedog

Dari hasil uji laboratorium didapatkan hasil kadar DO pada setiap titik bernilai 3,6 mg/L O<sub>2</sub> hingga 5,7 mg/L O<sub>2</sub>. Berkebalikan dengan parameter lain di dalam baku mutu, semakin tinggi nilai DO dari batas baku mutu maka semakin baik kualitas air tersebut. Batas DO yang ditentukan dalam baku mutu adalah kadar

minimal. Pada titik 1 nilai DO 4,6 mg/L O<sub>2</sub> menunjukkan sedikit di bawah baku mutu yaitu 5,0 mg/L O<sub>2</sub>. Titik 3 memiliki nilai DO terendah yaitu 3,6 mg/L yang disebabkan terdapat effluen dari IPAL Komunal yang masuk ke badan sungai. berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air dapat dipengaruhi oleh kecepatan aliran sungai yang dapat mengurangi kemampuan mengikat oksigen dari udara. Elevasi dan temperatur sungai juga dapat mempengaruhi kadar DO (Darmono, 2001).

d. TSS

*Total Suspended Solids* atau padatan tersuspensi dapat berasal dari pasir halus, kikisan ataupun erosi tanah yang terbawa ke dalam badan air (Effendi, 2003). TSS adalah metrial padat tersuspensi dengan diameter >1 µm yang tertahan pada saringan dengan diameter pori 0,45 m (Effendi, 2000). Hasil pengujian parameter TSS dapat dilihat pada grafik yang disajikan berikut.



Sumber: Hasil Analisis, 2017

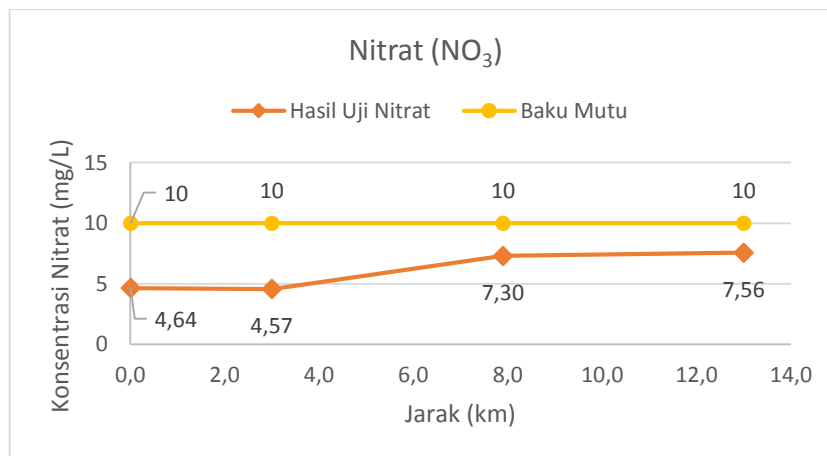
Gambar 4. 10 Grafik Konsentrasi TSS di Sungai Bedog

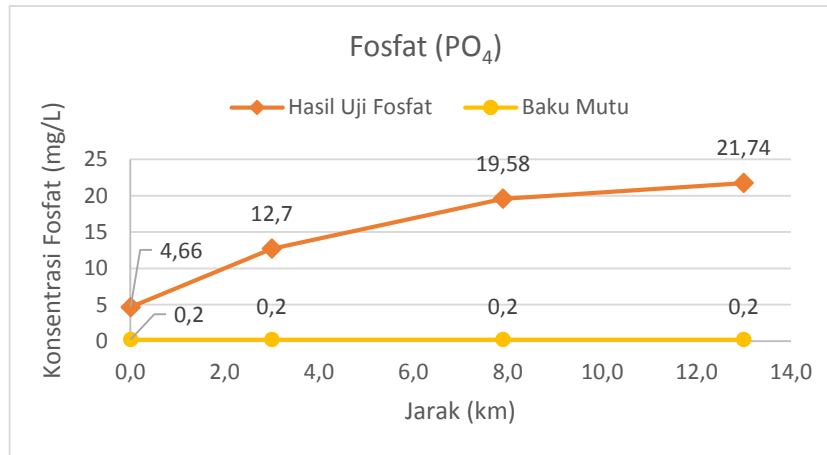
Berdasarkan hasil uji di laboratorium, konsentrasi TSS pada titik 1 dan 2 adalah 64 mg/L dan 76,0 mg/L yang melebihi baku mutu air kelas II. Hal tersebut diakibatkan karena pada lokasi pengambilan sampel sangat dekat dengan saluran buangan dari pemukiman warga. Pada titik sampling 3 dan 4 terlihat konsentrasi TSS menurun hingga mendekati baku mutu yaitu 50 mg/L. Penurunan konsentrasi TSS dapat dipengaruhi oleh padatan tersuspensi yang berpindah akibat adanya terjunan pada sungai.

e. Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) tergolong sebagai zat hara yang memiliki peran penting bagi biota perairan seperti fitoplankton yang menjadi indikator kualitas dan kesuburan perairan (Ferianita Fachrul, dkk. 2005). Apabila kedua zat hara tersebut memiliki konsentrasi yang tinggi yang melebihi ambang batas maka dapat terjadi eutrofikasi yang ditandai dengan banyaknya fitoplankton yang dapat berakibat oada kematian berbagai jenis biota air lainnya.

Nitrat dan fosfat merupakan kandungan alami yang berasal dari hasil penguraian pelapukan atau dekomposisi tumbuhan dan sisa organisme yang mati. Selain dari proses alami, kandungan zat hara ini pada perairan juga merupakan hasil dari buangan limbah rumah tangga maupun industri. Fosfat dapat memasuki perairan dari masuknya limbah kotoran hewan, sisa pertanian, tanaman dan hewan yang mati (Sastrawijaya, 1991). Keberadaan nitrat dan fosfat sangat dipengaruhi dari lingkungan perairan. Perubahan ini akan berdampak pada produktivitas perairan terkait (Lalli & Parsons, 2000)





Gambar 4. 11 Grafik Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Sungai Bedog

Hasil uji laboratorium dari parameter Fosfat menunjukkan kandungan fosfat berada diantara 0,005 mg/L hingga 0,045 mg/L. Pada empat segmen terlihat masih memenuhi baku mutu air kelas II yaitu 0,2 mg/L. Dapat dilihat pada segmen ketiga dan keempat terlihat lebih tinggi konsentrasi fosfat maupun nitrat, yang diakibatkan oleh masukan dari limbah pertanian seperti sisa penggunaan pupuk dan limbah domestik seperti penggunaan detergen dan sabun yang berasal dari pemukiman padat. Sedangkan pada segmen 1 dan 2 kegiatan masyarakat masih banyak di bidang pertanian dengan kepadatan pemukiman yang kecil.

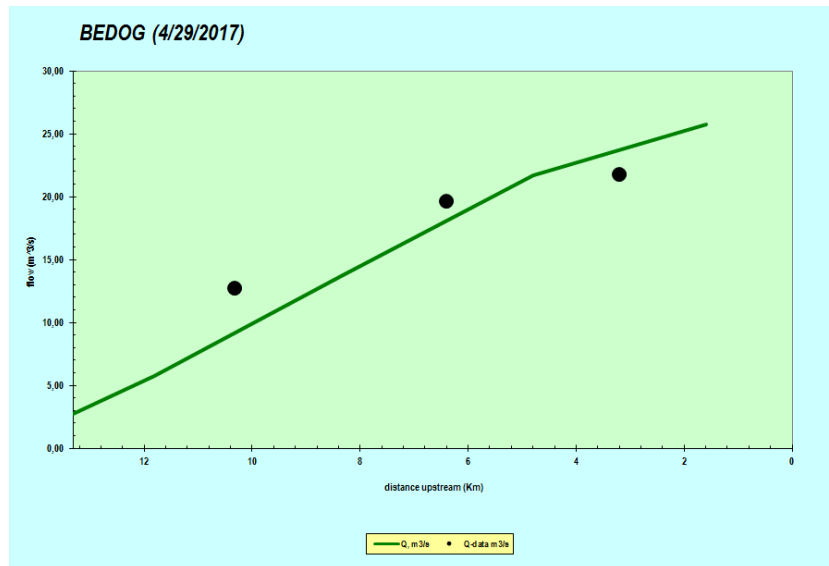
#### 1.4. Pengolahan Data dan Pemodelan Daya Tampung Beban Pencemar

##### 1.4.1. Kalibrasi Data

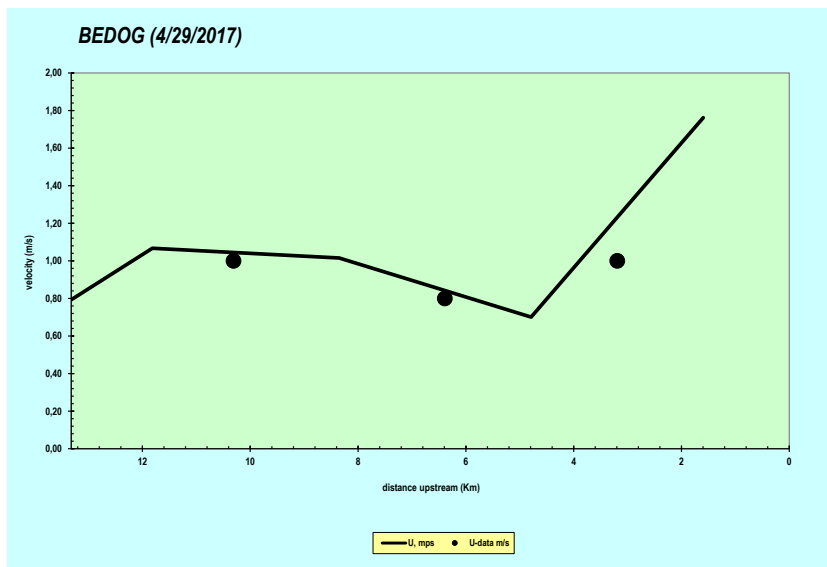
Kalibrasi data dilakukan dengan trial and error parameter kualitas air seperti BOD, COD, TSS, Nitrat dan Fosfat. Pengaruh dari kedalaman sungai, kecepatan alir, dan aliran akan dilihat terhadap parameter-parameter diatas. Data primer yang digunakan pada proses kalibrasi data adalah antara lain data primer tanggal 29 april 2017, dan data profil dan kualitas Sungai Bedog. Kalibrasi merupakan penentuan harga koefisien yang paling tepat dan dapat dilakukan dengan *trial and error* koefisien hidrolis sungai maupun kualitas air, hingga hasil pada model mendekati data lapangan yang paling baik secara statistik (Schnoor, 1997 dalam Marlina 2015).

Kalibrasi data pertama dilakukan terhadap model hidrolis dengan mengubah koefisien pada lembar kerja *Reach Rates* dan slope saluran dan koefisien *Manning* pada lembar kerja *Reach*. Kalibrasi model hidrolis dianggap berhasil apabila garis sudah mendekati titik-titik

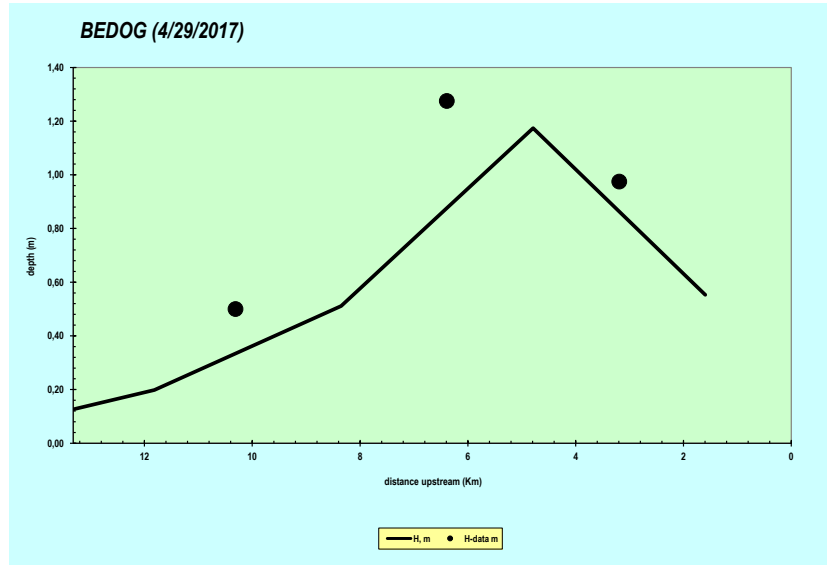
yang menunjukkan keadaan sungai. Grafik model hidrolika dapat dilihat pada *sheet Flow*, *Depth* dan *Velocity*. Berikut ditampilkan gambar grafik model hidrolika. Setelah kalibrasi hidrolik sungai berdasarkan *flow*, *depth* dan *velocity* mendekati keadaan sungai sebenarnya, maka dilanjutkan dengan kalibrasi data kualitas air sungai. Kalibrasi kualitas sungai dilakukan pada *sheet* masing-masing parameter.



Gambar 3. 1 Grafik model *Flow* Sungai Bedog



Gambar 3. 2 Grafik model *Velocity* Sungai Bedog



Gambar 3. 3 Grafik model *Depth* Sungai Bedog

Setelah kalibrasi hidrolis sungai berdasarkan *flow*, *depth* dan *velocity* mendekati keadaan sungai sebenarnya, maka dilanjutkan dengan validasi data kualitas air sungai. Validasi kualitas sungai dilakukan pada *sheet* masing-masing parameter.

#### 1.4.2. Validasi Data

Validasi data pemodelan dilakukan dengan parameter yang sudah terkalibrasi dan seri data baru. Seri data baru yang digunakan sebagai validasi adalah data hasil uji laboratorium tahun 2017 segmen Sungai Bedog yang disesuaikan dengan simulasi yang direncanakan. Validasi dilakukan dengan metode *Root Mean Square Percent Error* (RMSPE) yang bertujuan untuk mengetahui kesalahan yang terjadi dan konsistensi data yang dijadikan nilai persentase data lapangan dan data model, dengan rumus.

$$\sqrt{\frac{1}{n} \left[ \sum_{n=1}^n \left( \frac{St - At}{At} \right)^2 \right]} \times 100\%$$

Dengan:

RMSPE :*Root Mean Square Percent Error*

St :Nilai simulasi pada waktu t

At :Nilai aktual pada waktu t

N :Jumlah pengamatan

Berikut adalah hasil perhitungan RSMPE pada beberapa parameter.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan RMSPE parameter BOD

<b>BOD</b>					
<b>No</b>	<b>Titik Sampling</b>	<b>Eksisting</b>	<b>Model</b>	<b>C<sup>2</sup></b>	<b>RSMPE</b>
1	Hulu	20,13	20,13	0	
2	S.2	16,11	25,69	0,139	34%
3	S.3	12,08	20,3	0,036	
4	S.4	24,16	43,28	0,175	
				0,350	

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan RMSPE parameter COD

<b>COD</b>					
<b>No</b>	<b>Titik Sampling</b>	<b>Eksisting</b>	<b>Model</b>	<b>C<sup>2</sup></b>	<b>RSMPE</b>
1	Hulu	30,25	30,25	0	
2	S.2	26,917	21,36	0,068	47%
3	S.3	20,25	22,66	0,269	
4	S.4	34,417	40,07	0,337	
				0,674	

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan RMSPE parameter DO

<b>DO</b>					
<b>No</b>	<b>Titik Sampling</b>	<b>Eksisting</b>	<b>Model</b>	<b>C<sup>2</sup></b>	<b>RSMPE</b>
1	Hulu	4,83	6,85	0,087	23%
2	S.2	4,22	5,23	0,037	
3	S.3	3,22	4,04	0,041	
4	S.4	4	5,61	0,082	
				0,161	

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan RMSPE parameter TSS

<b>TSS</b>					
<b>No</b>	<b>Titik Sampling</b>	<b>Eksisting</b>	<b>Model</b>	<b>C<sup>2</sup></b>	<b>RSMPE</b>
1	Hulu	47,6	47,6	0	11%
2	S.2	39,6	44,85	0,014	
3	S.3	46	52,02	0,013	
4	S.4	76,2	83,05	0,007	
				0,034	

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan RMSPE parameter Nitrat (NO<sub>3</sub>)

<b>NO<sub>3</sub></b>					
<b>No</b>	<b>Titik Sampling</b>	<b>Eksisting</b>	<b>Model</b>	<b>C<sup>2</sup></b>	<b>RSMPE</b>
1	Hulu	4,64	4,64	0	18%
2	S.2	4,565	5,854	0,049	
3	S.3	7,301	7,482	0,000	
4	S.4	7,568	8,030	0,049	
				0,097	

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan RMSPE parameter Fosfat (PO<sub>4</sub>)

PO4					
No	Titik Sampling	Eksisting	Model	C <sup>2</sup>	RSMPE
1	Hulu	4,515	4,515	0	
2	S.2	5,926	9,407	0,137	32%
3	S.3	31,325	39,961	0,019	
4	S.4	45,435	50,764	0,156	
				0,311	

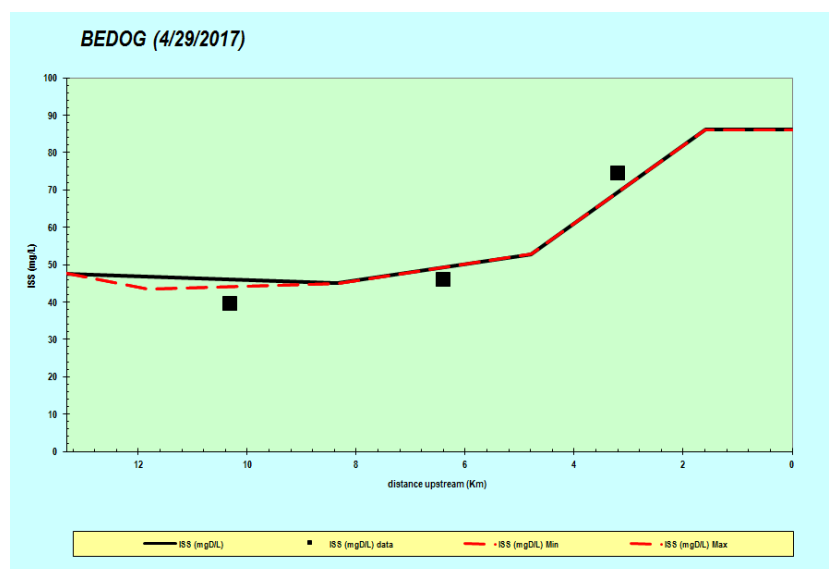
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Dari hasil perhitungan RSMPE pada setiap parameter-parameter diperoleh nilai yang lebih kecil dari 50%. Jika hasil uji bernilai dibawah 50% maka model sudah tervalidasi atau mendekati keadaan yang sebenarnya.

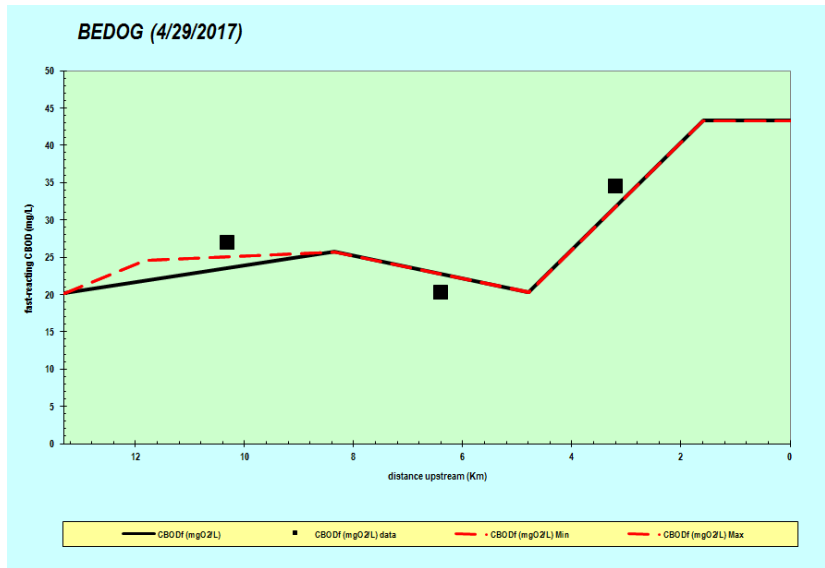
### 1.4.3. Hasil Simulasi Pemodelan

#### 1. Skenario 1 – Beban Pencemar Eksisting

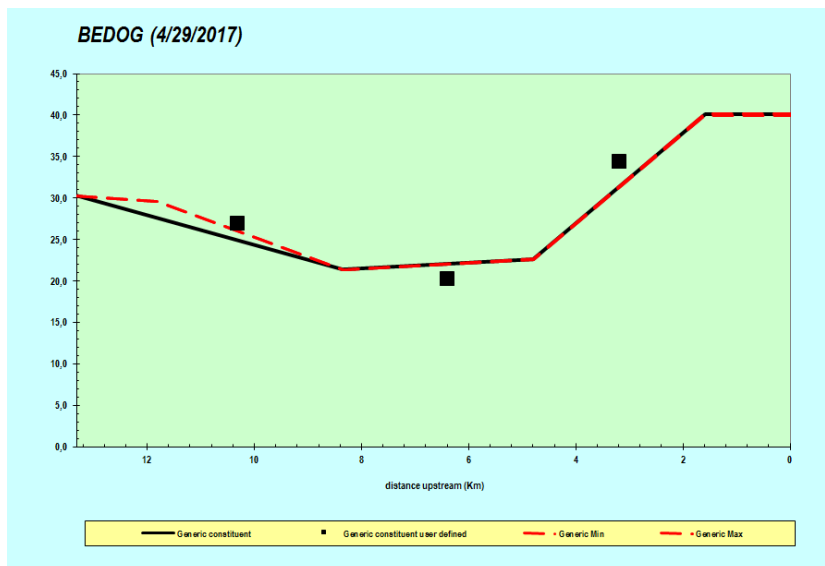
Skenario 1 adalah model yang menggambarkan keadaan sungai yang mendekati keadaan eksisting. Data yang digunakan adalah data eksisting dari hulu – hilir sungai. Beban pencemar yang masuk berupa limbah domestik, limbah dari tambak ikan, saluran drainase yang mengarah ke sungai. Hasil simulasi skenario dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.



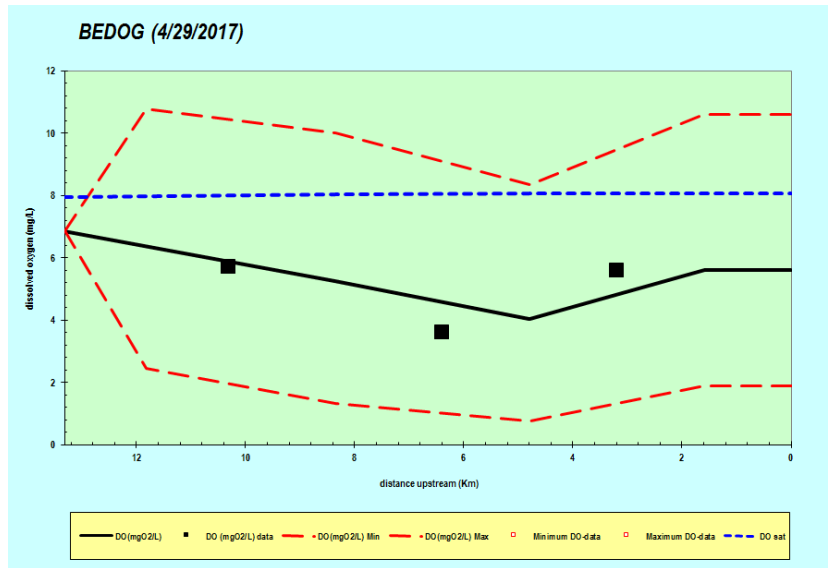
Gambar 4. 12 Grafik Model Parameter TSS Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting



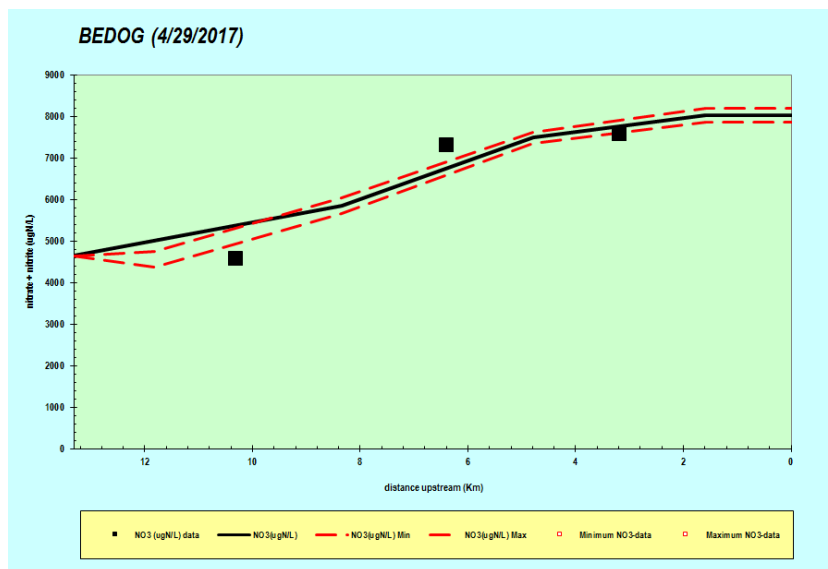
Gambar 4. 13 Grafik Model Parameter BOD Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting



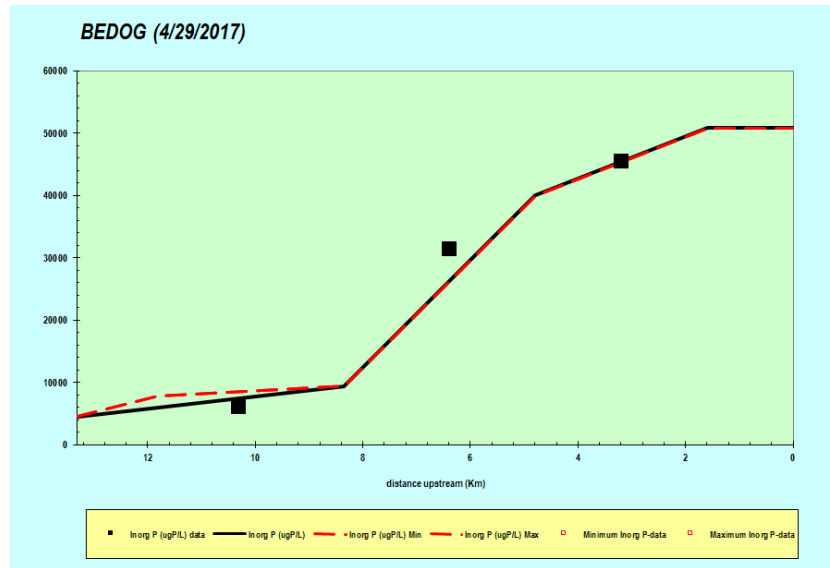
Gambar 4. 14 Grafik Model Parameter COD Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting



Gambar 4. 15 Grafik Model Parameter DO Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting



Gambar 4. 16 Grafik Model Parameter Nitrat Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting



Gambar 4. 17 Grafik Model Parameter Fosfat Skenario 1 Beban Pencemar Eksisting

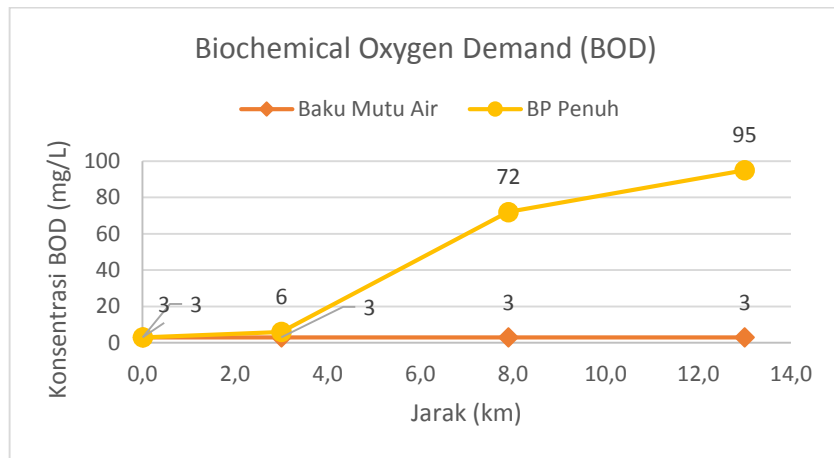
Dari skenario 1 dapat di lihat pada Gambar 4.12 parameter TSS menunjukkan kenaikan konsentrasi mulai pada segmen 2 hingga ke segmen 4. Kenaikan pada konsentrasi TSS diakibatkan oleh sedimentasi air sungai yang mengandung lumpur, pasir dan akumulasi dari hasil pelapukan batuan yang terbawa badan air (Effendi, 2003). Konsentrasi TSS terus terakumulasi hingga ke hilir yang menyebabkan peningkatan konsentrasi dan sedimen.

Pada Gambar 4.13 Parameter BOD terlihat fluktuasi dari segmen 2 dan 3, hingga terus naik pada segmen 4. Pada segmen 2 dan 4 merupakan daerah lahan pertanian dan pemukiman padat, hal tersebut dapat berdampak pada kenaikan konsentrasi BOD yang disebabkan dari masukan limbah yang banyak mengandung zat organik. Sedangkan pada segmen 3 terjadi penurunan konsentrasi yang disebabkan oleh kemampuan sungai untuk memurnikan diri atau *self purification* yang dapat menurunkan konsentrasi pencemar.

## 2. Skenario 2 – Beban Pencemar Penuh

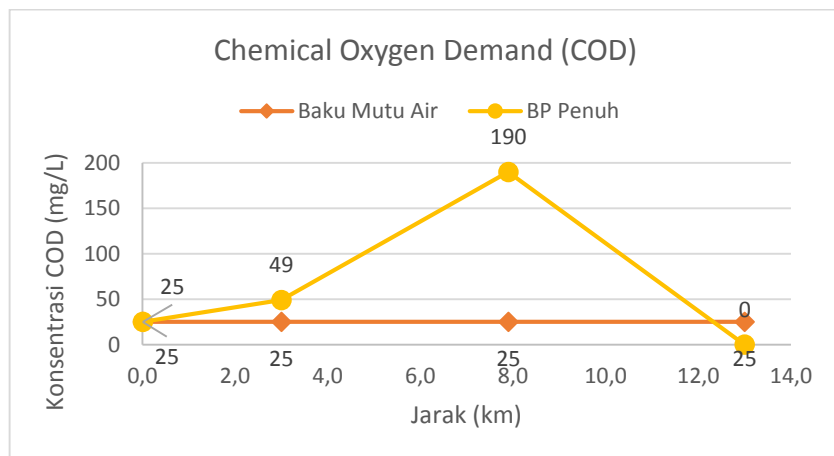
Skenario 2 mensimulasikan model berdasarkan pada konsentrasi parameter yang disesuaikan dengan baku mutu badan air kelas II Peraturan Gubernur DIY nomor 20 tahun 2008. Untuk *point source* menggunakan baku mutu yang sesuai dengan effluent tersebut. Baku mutu effluent yang digunakan Peraturan Gubernur DIY nomor 7 tahun 2016 untuk IPAL Komunal, KepmenLH nomor 112 tahun 2003 untuk limbah domestik.

Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan lembar kerja *source summary* terlihat grafik menurun yang menggambarkan kondisi kualitas di lapangan.



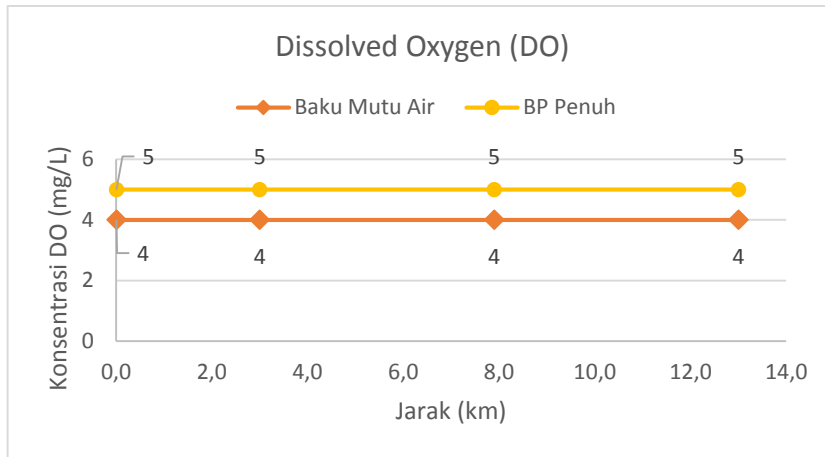
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 18 Grafik Model Parameter BOD Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh



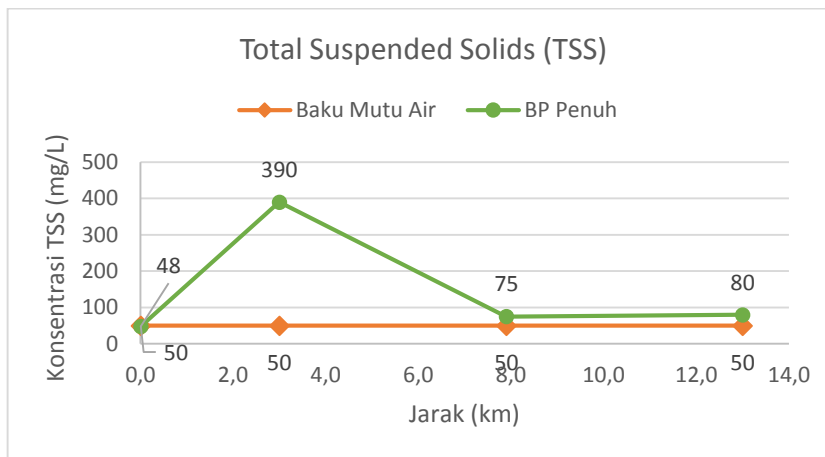
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 19 Grafik Model Parameter COD Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh



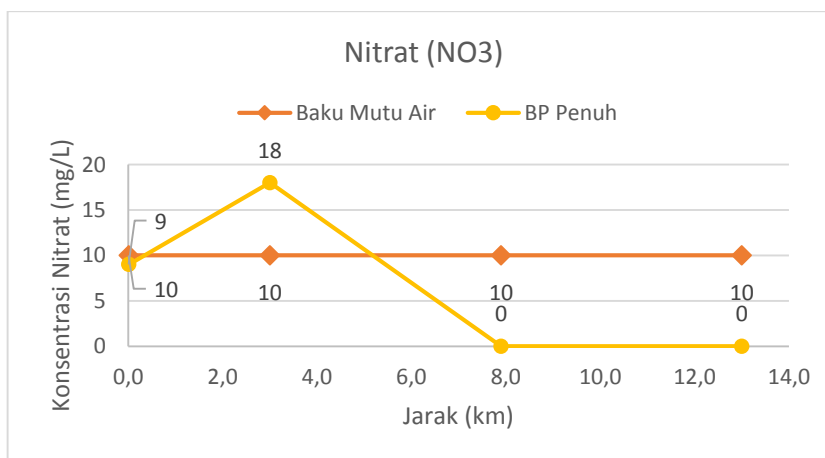
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 20 Grafik Model Parameter DO Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh



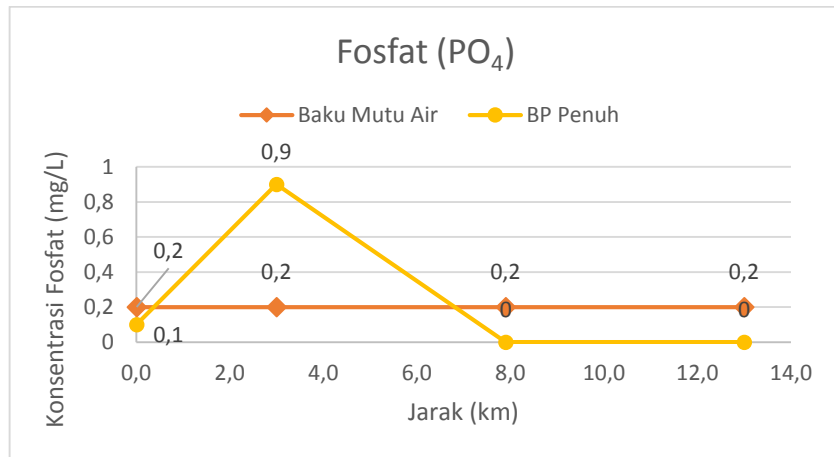
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 21 Grafik Model Parameter TSS Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh



Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 22 Grafik Model Parameter Nitrat Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh

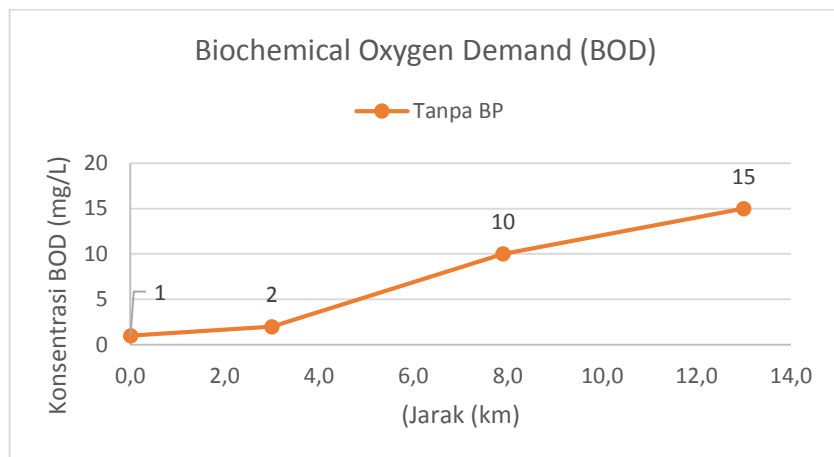


Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 23 Grafik Model Parameter Fosfat Skenario 2 Beban Pencemaran Penuh

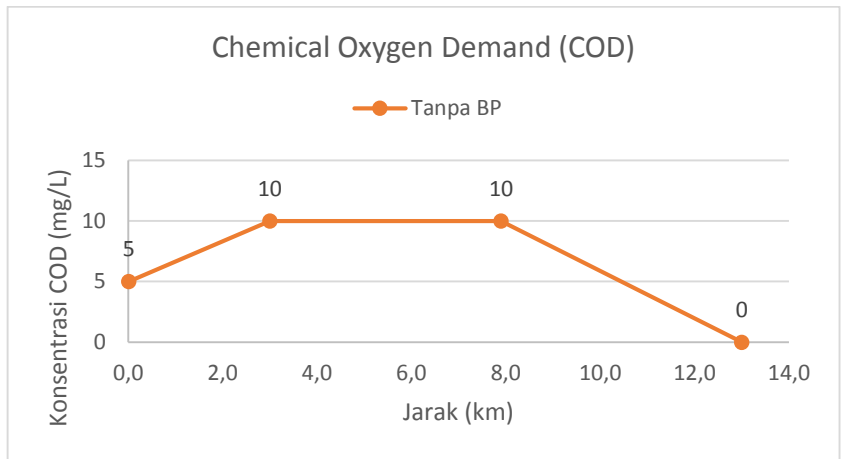
### 3. Skenario 3 – Tidak ada Beban Pencemar

Pada skenario 3 model disimulasikan dengan kondisi kualitas air yang tidak tercemar dari segmen hulu hingga hilir. Diasumsikan tidak ada beban pencemar berupa limbah domestik, tambak ikan, pertanian maupun industri. Beban pencemar yang masuk hanya beban pencemar alami yaitu anak sungai. Skenario ini bertujuan untuk melihat bagaimana kondisi awal sungai dalam kondisi tidak ada beban pencemar masuk. Kondisi hulu sungai diasumsikan memenuhi baku mutu air kelas II dalam Peraturan Gubernur DIY nomor 20 tahun 2008. Grafik parameter BOD, COD, DO, TSS, Nitrat dan Fosfat disajikan dibawah ini.



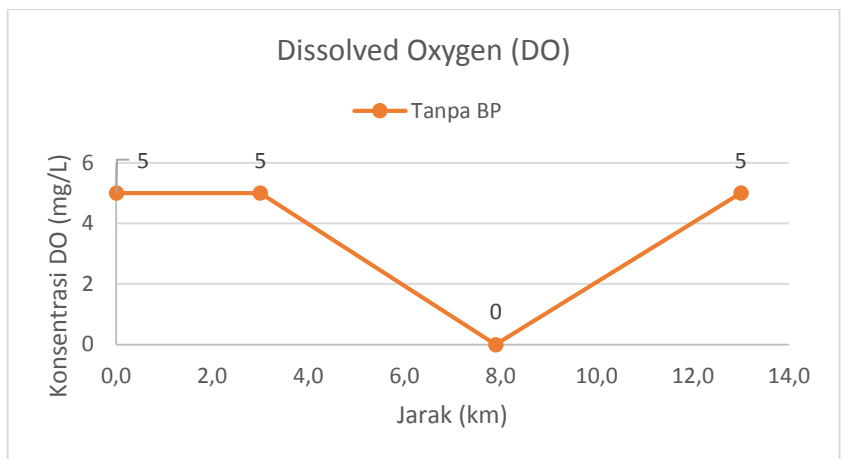
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 24 Grafik Model Parameter BOD Skenario 3 Tidak Ada Pencemar



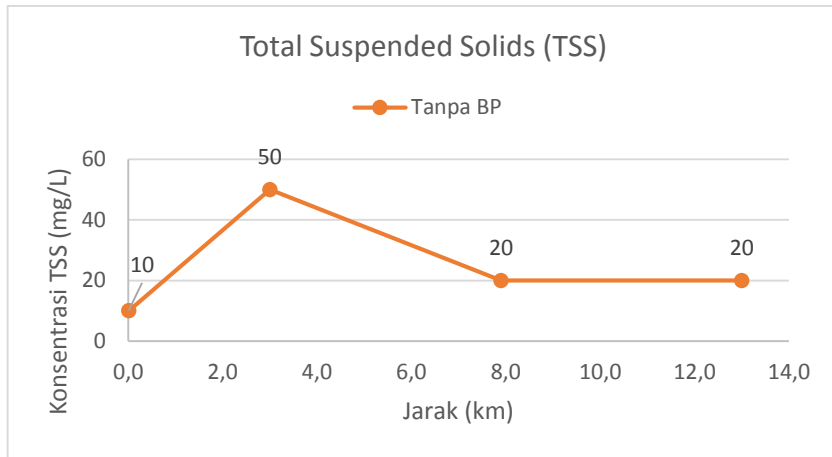
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 25 Grafik Model Parameter COD Skenario 3 Tidak Ada Pencemar



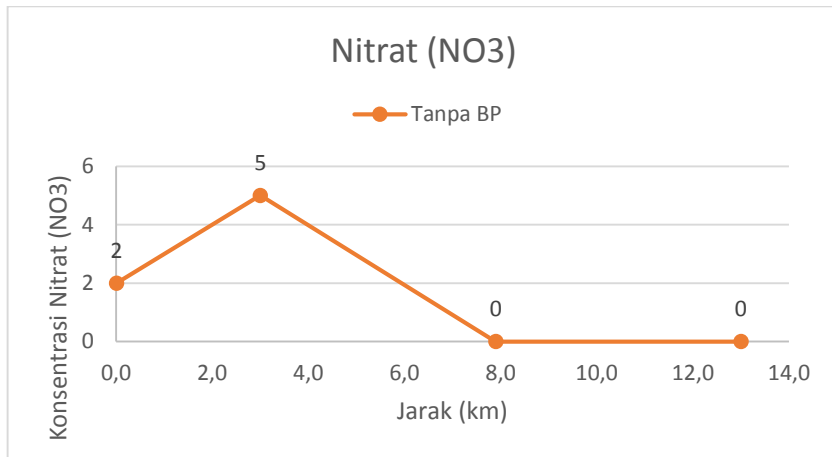
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 26 Grafik Model Parameter DO Skenario 3 Tidak Ada Pencemar



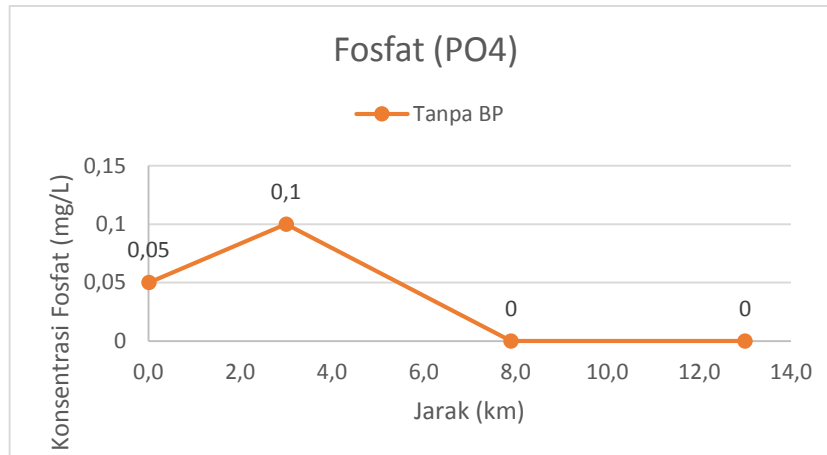
Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 27 Grafik Model Parameter TSS Skenario 3 Tidak ada Pencemar



Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 28 Grafik Model Parameter Nitrat Skenario 3 Tidak ada Pencemar



Sumber: Hasil Analisis, 2017

Gambar 4. 29 Grafik Model Parameter Fosfat Skenario 3 Tidak ada Pencemar

Hasil pemodelan skenario 3 merupakan hasil simulasi kualitas badan air yang dengan asumsi sesuai dengan baku mutu kelas II pada Peraturan Gubernur DIY nomor 20 tahun 2008. Pada parameter BOD terlihat titik 3 dan 4 memiliki konsentrasi BOD yang masih tinggi melewati baku mutu air kelas II yaitu 3 mg/L.

Selain parameter BOD yang masih melebihi baku mutu, terdapat juga parameter TSS pada titik 2 dengan konsentrasi 50 mg/L yang menyamai baku mutu. Hal tersebut dilatar belakangi oleh buangan dari limbah domestik pemukiman di lokasi. Selain BOD dan TSS, parameter lain terlihat masih sesuai dengan baku mutu.

## 1.5. Analisis Hasil Penelitian

### 1.5.1. 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.

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

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

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

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

Tabel 4. 11 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 4. 12 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

### 1.5.2. 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. Skenario beban pencemar maksimum menyesuaikan effluen yang masuk dengan baku mutu effluen yang terkait, seperti perikanan, pertanian, IPAL Komunal dan Drainase. Sedangkan skenario tanpa beban pencemar menggunakan asumsi keadaan sungai awal dengan beban pencemar alami dari sungai.

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

Tabel 4. 13 Daya Tampung Beban Pencemaran

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. Agar tidak melebihi baku mutu, perlu dilakukan pengurangan atau penurunan beban pencemaran dengan tujuan kualitas sungai dapat dipergunakan sesuai peruntukannya.

### 1.6. Penurunan Beban Pencemar

Tabel 4. 9 Penurunan Beban Pencemaran di 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

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.

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

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 PO<sub>4</sub> di setiap segmen melebihi DTBP yang sudah didapatkan. Pada segmen 1 konsentrasi BOD 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.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

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

## **5.2 Saran**

Dengan melihat hasil penelitian ini maka dapat disarankan bagi peneliti selanjutnya, yakni:

1. Kajian lebih lanjut terhadap daya tampung beban pencemar di alur Sungai Bedog dengan data penggunaan lahan di sepanjang alur sungai, agar mendapatkan data yang lebih akurat.
2. Pengembangan dari perhitungan daya tampung beban pencemaran untuk perencanaan dan pengelolaan kualitas air dalam jangka waktu yang panjang.

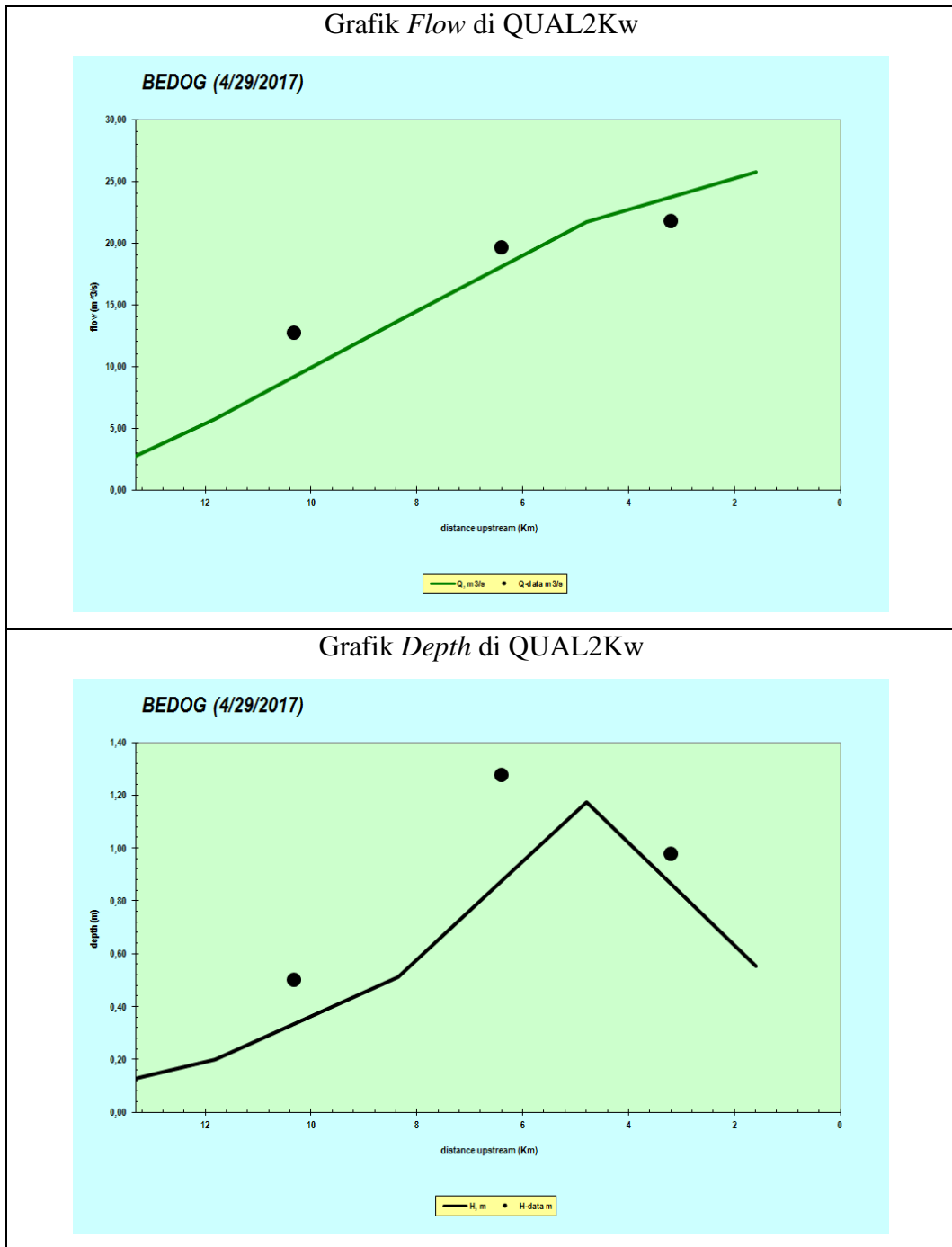
## DAFTAR PUSTAKA

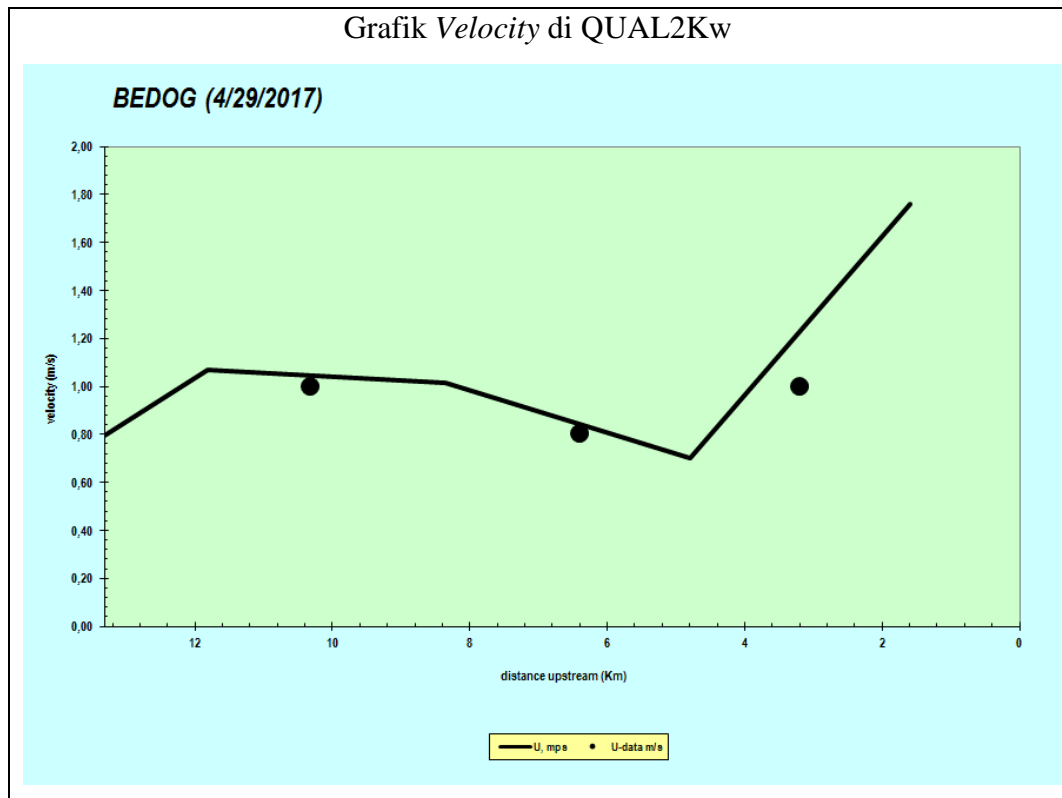
- Abadi, R., U. 2015. **Karakteristik Perairan Sungai Bedog Di Desa Wijirejo, Pandak, Bantul, DIY**. Konservasi Sumberdaya Hutan, Fak Kehutanan, UGM. Yogyakarta.
- Agustiningsih, D., Sasongko SB., dan Sudarno, 2012. **Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Berdasarkan Penggunaan Lahan di Blukar Kabupaten 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 Quanlity 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.
- Wardhana, W. 2004. **Dampak Pencemaran Lingkungan**. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Wetzel, R.G. 1983. **Limnology**. Saunder Company. Philadelphia.

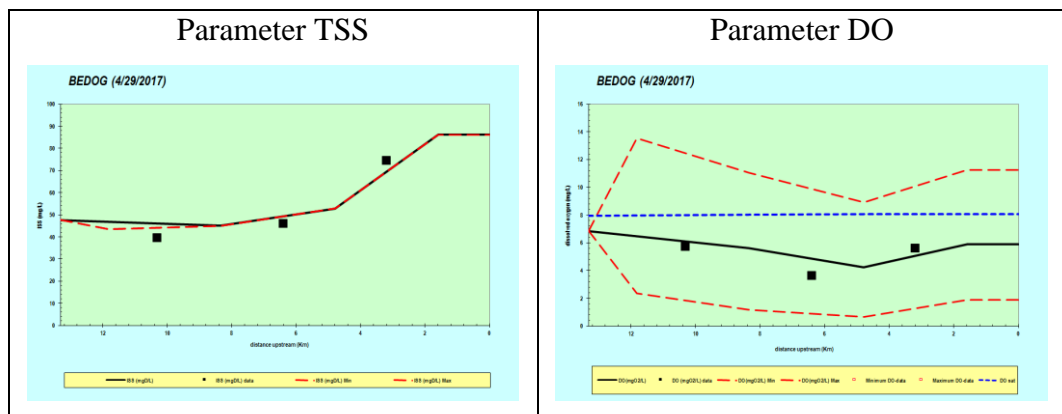
# LAMPIRAN

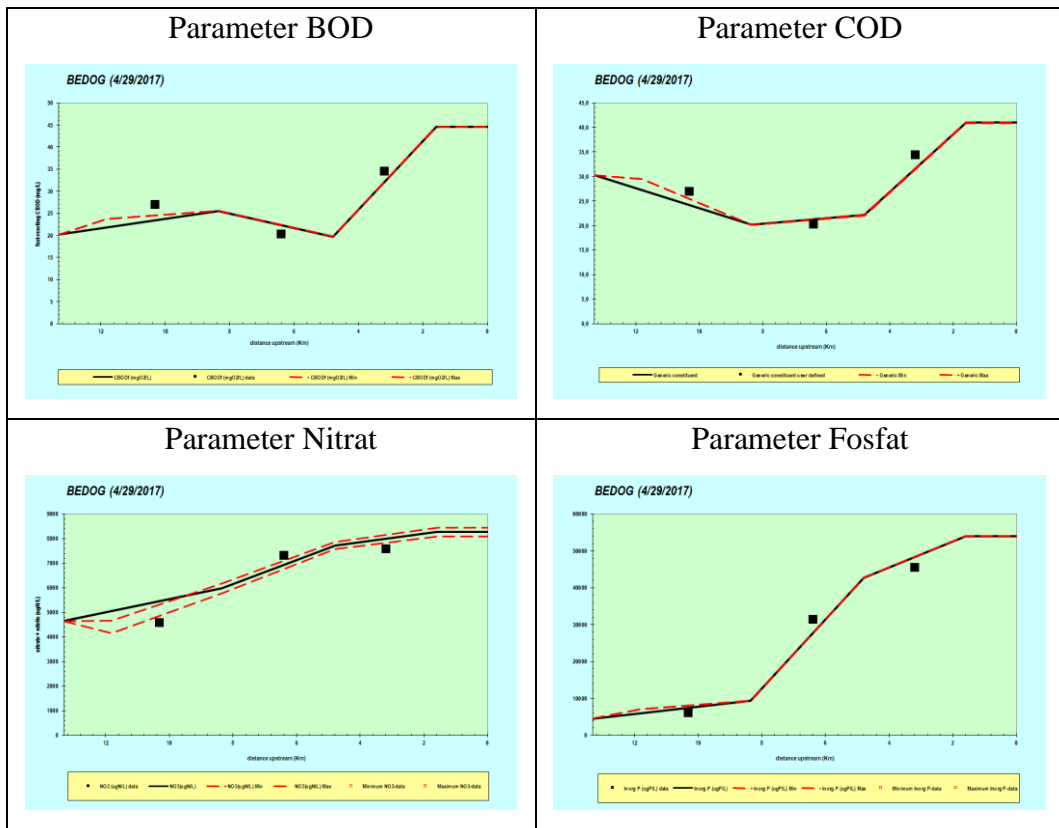
## Lampiran 1 Hidrolika sungai Bedog di QUAL2Kw



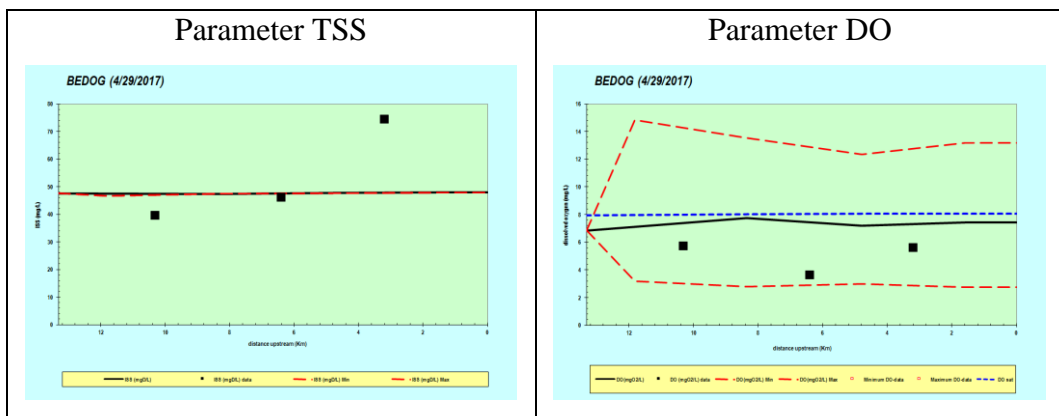


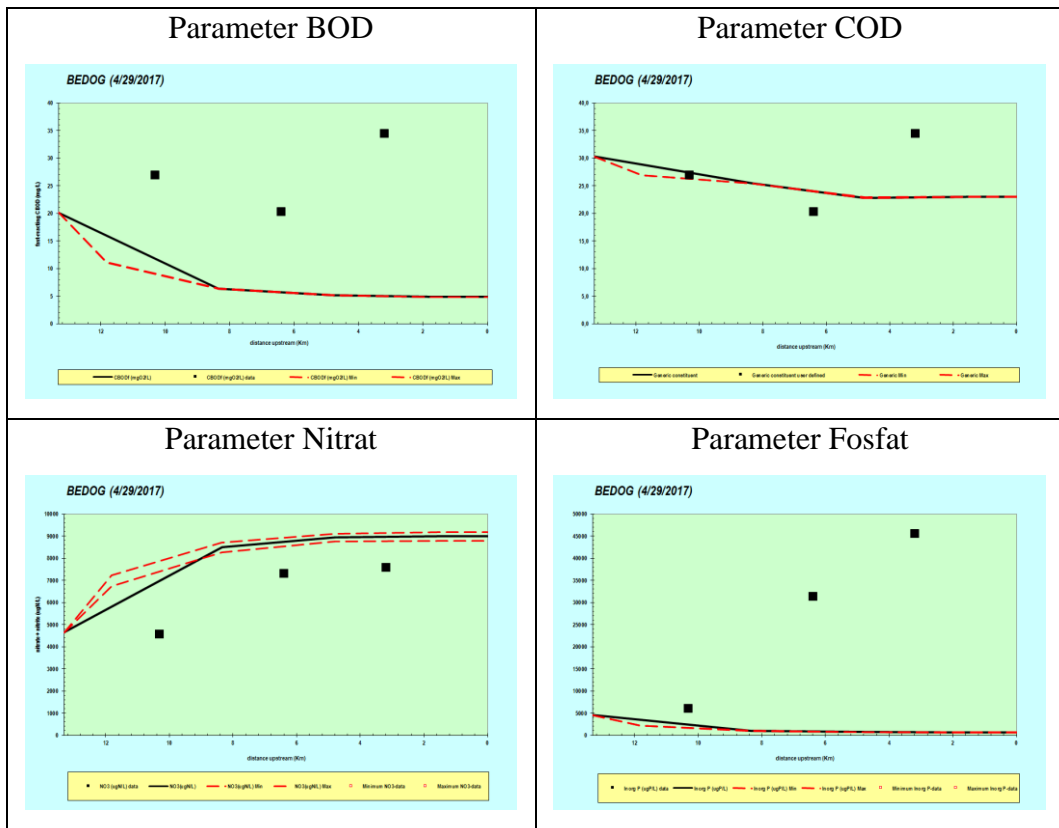
Lampiran 2 Grafik Pemodelan QUAL2Kw Skenario Beban Pencemar Eksisting



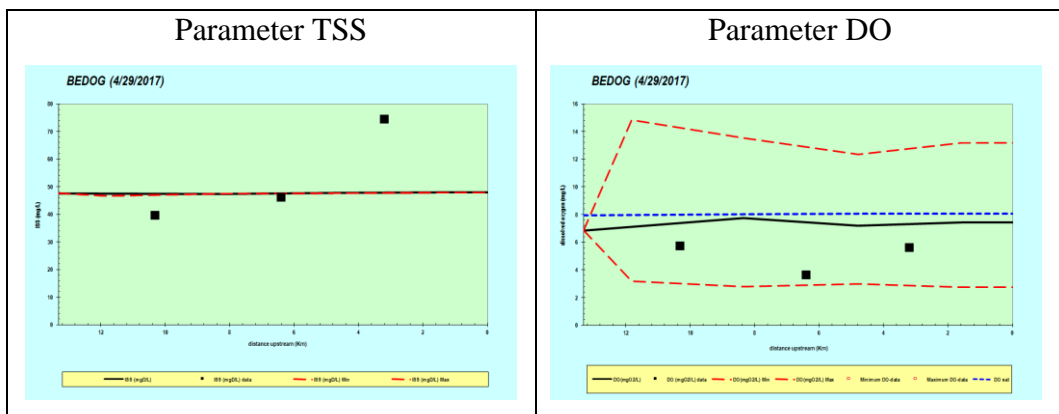


Lampiran 3 Grafik Pemodelan QUAL2Kw Skenario Beban Pencemar Penuh

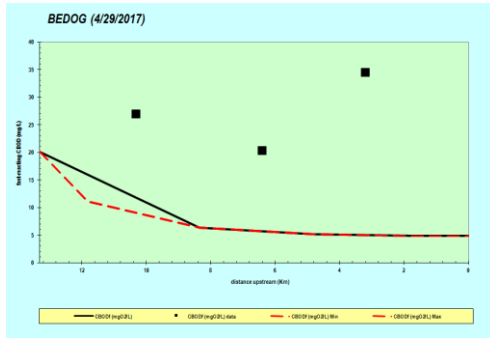




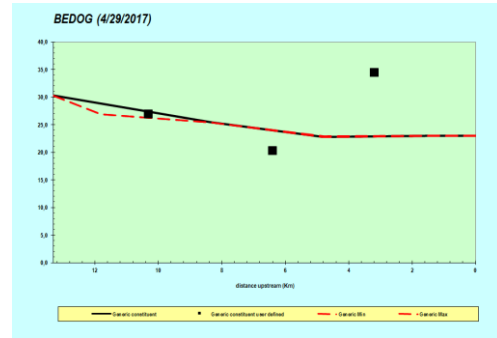
Lampiran 4 Grafik pemodelan QUAL2Kw Skenario Tanpa Beban Pencemaran



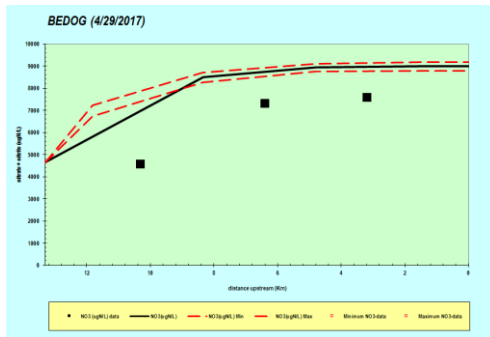
### Parameter BOD



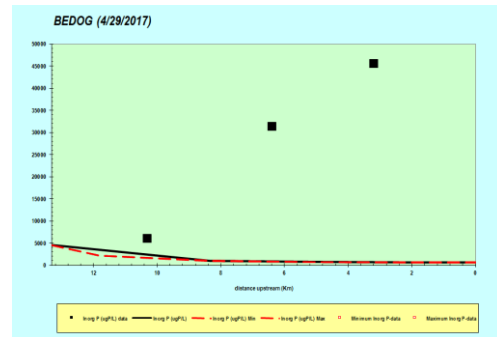
### Parameter COD



### Parameter Nitrat



### Parameter Fosfat



Lampiran 5 Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

LAMPIRAN

KRITERIA MUTU AIR BERDASARKAN KELAS

PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001

TANGGAL 14 DESEMBER 2001

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria mutu air berdasarkan kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
<b>FISIKA</b>						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	5000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu ≤ 5000 mg/L
<b>KIMIA ORGANIK</b>						
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0.2	0.2	1	5	
NO3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH3-N	mg/L	0.5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH <sub>3</sub>
Arsen	mg/L	0.05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	
Barium	mg/L	1	(-)	(1)	(1)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	
Kadmium	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	
Khrom (VI)	mg/L	0.05	0.05	0.05	1	
Tembaga	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Fe ≤ 5 mg/L

Timbal	mg/L	0.03	0.03	0.03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0.1	(-)	(-)	(-)	
<b>KIMIA ANORGANIK</b>						
Klorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0.001	0.002	0.002	0.005	
Seng	mg/L	0.05	0.05	0.05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Zn ≤ 5 mg/L
Sianida	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.005	
Flourida	mg/L	0.5	1.5	1.5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0.06	0.06	0.06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional N sebagai NO <sub>2</sub> ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Klorin bebas	mg/L	0.03	0.03	0.03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0.002	0.002	0.002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional H sebagai H <sub>2</sub> S ≤ 0.1 mg/L
<b>MIKROBIOLOGI</b>						
Fecal coliform	Jml/mL	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Fecal coliform ≤ 2000 jml/100 mL dan ≤ 10000 Total coliform jml/100mL
Total coliform	Jml/mL	1000	5000	10000	10000	
<b>RADIOAKTIVITAS</b>						
Groos - A	Bq/L	0.1	0.1	0.1	0.1	
Groos - B	Bq/L	1	1	1	1	
<b>KIMIA ORGANIK</b>						
Minyak dan lemak	µg/L	1000	1000	1000	(-)	
Deterjen sebagai MBAS	µg/L	1	1	1	1	
Senyawa fenol sebagai fenol	µg/L	1000	1000	1000	(-)	
BHC	µg/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	µg/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	µg/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	µg/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan heptachlor epoxide	µg/L	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	µg/L	56	(-)	(-)	(-)	
methoxychlor	µg/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	µg/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	µg/L	5	(-)	(-)	(-)	

Lampiran 6 Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 20 tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY

**PERATURAN GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
NOMOR 20 TAHUN 2008  
TANGGAL 14 AGUSTUS 2008  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR DI PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Parameter Baku Mutu Air DIY	Satuan	KANDUNGAN				Keterangan
		Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	
<b>FISIKA</b>						
Temperatur	°C	± 3°C Terhadap suhu udara	± 3°C Terhadap suhu udara	± 3°C Terhadap suhu udara	± 3°C Terhadap suhu udara	Deviasi temperatur dari keadaan alamiah
Bau		Tidak berbau	-	-	-	
Kekeruhan	NTU	5	-	-	-	
Warna	TCU	50	100	-	-	
Residu Terlarut (TDS)	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	0	50	400	400	
<b>KIMIA</b>						
Ph	mg/L	6 – 8.5	6 – 8.5	6 - 9	5 - 9	
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	5	4	0	Angka batas minimum
Fosfat	mg/L	0.2	0.2	1	5	
Nitrat	mg/L	10	10	20	20	
Amoniak (NH <sub>3</sub> )	mg/L	0.5	-	-	-	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH <sub>3</sub>
Arsen	mg/L	0.05	1	1	1	

Kobalt	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	
Barium	mg/L	1	-	-	-	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selemium	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	
Kadmium	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	
Krom (VI)	mg/L	0.05	0.05	0.05	1	
Tembaga	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	-	-	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0.03	0.03	0.03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0.1	-	-	-	
Raksa (Hg)	mg/L	0.001	0.002	0.002	0.005	
Seng (Zn)	mg/L	0.05	0.05	0.05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Zn ≤ 5 mg/L
Klorida (Cl)	mg/L	600	800	1000	1200	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
Flourida	mg/L	0.5	1.5	1.5	-	
Nitrit	mg/L	0.06	0.06	0.06	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional NO <sub>2</sub> -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	-	-	-	
Klorin (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Sulfida	mg/L	0.002	0.002	0.002	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional H <sub>2</sub> S ≤ 0,1 mg/L
SAR (Sodium Adsorption Ratio*)	mg/L				10 - 18	Maksimum 10 untuk tanaman peka maksimum 18 untuk tanaman kurang peka
<b>MIKROBIOLOGI</b>						
Fecal coliform	MPN/100 mL	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Fecal coliform ≤ 2000 MPN/100 mL
Total coliform	MPN/100 mL	1000	5000	10000	10000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional

						konvensional Fecal coliform ≤ 10000 MPN/100 mL
Total coliform (untuk pemandian umum)	MPN/100 mL		200			
Jumlah kuman kolam renang	Koloni/ mL		200			
<b>RADIOAKTIFITAS</b>						
Gross - Alfa	Bq/L	0.1	0.1	0.1	0.1	
Gross -	Bq/L	1	1	1	1	
Gross -	Bq/L	1	1	1	1	
<b>SENYAWA ORGANIK DAN PESTISIDA</b>						
Minyak/lemak	µg/L	1000	1000	1000	-	
Minyak bumi	µg/L	nihil	-	-	-	
Deterjen	µg/L	200	200	200	-	
Fenol	µg/L	1	1	1	-	
BHC	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
Aldrin/Dieldrin	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
Chlordane	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
DDT	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
Heptachlor dan heptachlor epoxide	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
Lindane	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
methoxychlor	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
Endrin	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
Toxaphan	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	
Pestisida Total	µg/L	nihil	nihil	nihil	nihil	

**KETERANGAN**

(-) : tidak dipersyaratkan  
mg : milligram  
µg : mikrogram  
ml : mililiter  
L : Liter  
Bq : Bequerel

Lampiran 7 Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 07 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah di Provinsi DIY

48. Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan IPAL Domestik Komunal, IPAL Tinja Komunal

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)	
		IPAL Domestik Komunal	IPAL Tinja Komunal
BOD	75	9	1,5
COD	200	24	4
TDS	2.000	240	40
TSS	75	9	1,5
Minyak dan Lemak Total	10	1,2	0,2
Detergen	5	0,6	0,1
Suhu	± 3 <sup>0</sup> C terhadap suhu udara		
pH	6,0 – 9,0		
Coliform	10.000 MPN / 100 ml	-	-
Debit limbah Paling Banyak	-	120	20

Lampiran 8 Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Lampiran  
Keputusan Menteri Negara  
Lingkungan Hidup,  
Nomor : 112 Tahun 2003  
Tanggal : 10 Juli 2003

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 - 9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

Menteri Negara  
Lingkungan Hidup,

ttd

Nabiel Makarim,MPA,MSM.

Salinan sesuai dengan aslinya  
Deputi MENLH Bidang Kebijakan  
Dan Kelembagaan Lingkungan Hidup,

Hoetomo, MPA.

