

# KAJIAN IDENTIFIKASI DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN KALI NGROWO DENGAN MENGGUNAKAN PAKET PROGRAM QUAL2Kw

Reni Fatmawati<sup>1</sup>, Aniek Masrevaniah<sup>2</sup>, M. Solichin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang

<sup>2,3</sup>Dosen Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.

**Abstrak:** Kali Ngrowo merupakan anak Sungai Brantas yang terletak di Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Kali Ngrowo berfungsi sebagai saluran drainase tidak saja bagi wilayah perkotaan tetapi juga dari lahan pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan beban pencemaran dari anak sungai dan saluran sebagai point source, menganalisis beban pencemaran dan mengaplikasikan model Qual2Kw untuk menentukan beban pencemaran maksimum yang boleh dibuang ke badan air di Kali Ngrowo.

Data primer didapatkan dengan cara pengambilan sample air pada ruas sungai tertentu yang dianggap dapat mewakili kondisi sumber pencemaran. Sumber pencemar di lokasi studi berasal dari domestik, lahan pertanian dan industri. Parameter kualitas air yang dianalisa adalah DO, BOD dan NO<sub>3</sub>. Data sekunder seperti data monitoring kualitas air, debit dan klimatologi didapatkan dari instansi terkait. Analisis daya tampung beban pencemaran menggunakan Model QUAL2Kw yang merupakan metode yang direkomendasikan penggunaannya dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.

Berdasar hasil simulasi didapatkan bahwa di semua bagian Kali Ngrowo beban pencemaran (parameter BOD) sudah melebihi baku mutu air kelas II dan kelas III. Hasil penelitian menunjukkan Kali Ngrowo masih memiliki daya tampung terhadap BOD dan NO<sub>3</sub> pada bulan basah pada kualitas baku mutu air kelas III. Kali Ngrowo Bagian Utara daya tampung terhadap BOD adalah sebesar 6.634,59 Kg/hari dan NO<sub>3</sub> sebesar 30.015,23 Kg/hari. Sedangkan Kali Ngrowo Bagian Selatan daya tampung terhadap BOD adalah sebesar 3.007,25 Kg/hari dan NO<sub>3</sub> sebesar 21.098,90 Kg/hari.

**Kata kunci:** daya tampung beban pencemaran, Qual2Kw, kualitas air

**Abstract:** Ngrowo river is a tributary of Brantas river that located in Tulungagung Regency, East Java Province. Ngrowo river has function as a drainage channel not only from urban area but also from agricultural. The research objectives were determine of pollution loads from tributaries as a point source, analyze of water pollution load and apply of Qual2Kw model to determine of the maximum pollution load on Ngrowo River.

Primary data conducted with collected water sample at each segment that it representation of sources of water pollution. The water pollution sources on study area from domestic, agricultural and industrial. Water parameter was analysis such as DO (Dissolved Oxygen), BOD (Biochemical Oxygen Demand), and NO<sub>3</sub> (nitrate). Secondary data such as water quality monitoring data and discharge, and climatological obtained from the Institution according to authorities. The analysis of pollution load capacity using QUAL2Kw model that is method was recommended by on Regulation of the Minister of Environment No. 01 of 2010 on Water Pollution Control Procedure.

Based on results simulation that at all reach Ngrowo River the pollution load (BOD parameter) already exceed of class II and class III of water quality standard. The results show Ngrowo River has capacity load of BOD and NO<sub>3</sub> in wet season on class III water quality standard. Ngrowo River as North Part, the capacity of the BOD is equal to 6.634,59 kg / day and NO<sub>3</sub> by 30.015,23 kg / day. Meanwhile at Ngrowo River South Part, the capacity of the BOD is equal to 3.007,25 kg / day and NO<sub>3</sub> at 21.098,90 kg / day.

**Key words:** pollution load, Qual2Kw Model, water quality

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air disebutkan bahwa untuk menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya agar tetap dalam kondisi alamiahnya, maka perlu dilakukan upaya pengelolaan kualitas air. Upaya pengelolaan kualitas air pada sungai antara lain dengan menetapkan daya tampung sungai, menetapkan peruntukan sungai yang disertai dengan penerapan baku mutu perairan. Daya tampung beban pencemaran sungai adalah kemampuan air pada suatu sumber air (dalam hal ini sungai), untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air sungai tersebut menjadi cemar. Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran sungai merupakan proses yang rumit karena air sungai mengalir secara kontinyu dan kualitas air sungai berubah-ubah dari hulu ke hilir. Semakin rapat jarak titik sampling semakin dapat menggambarkan kondisi kualitas air yang sebenarnya. Tetapi hal ini akan berakibat pada mahalnya biaya observasi. Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran sungai yang dilakukan dengan menggunakan metode pemodelan dapat meminimalisir biaya observasi

## RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa beban pencemaran yang selama ini masuk di kali Ngrowo?
2. Berapa besarnya daya tampung kali Ngrowo?
3. Di titik mana ada kelebihan beban pencemar?
4. Berapa beban pencemar yang harus diturunkan?
5. Bagaimana rekomendasi penurunan beban pencemaran?

## TUJUAN PENELITIAN

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Melakukan perhitungan beban pencemaran dari anak sungai dan saluran sebagai point source yang menuju kali Ngrowo sebagai sungai utama.
2. Menganalisis kondisi beban pencemaran air di kali Ngrowo
3. Menganalisis pola perubahan parameter kualitas air di kali Ngrowo dengan menggunakan Qual-2Kw
4. Menentukan beban pencemaran maksimum yang boleh dibuang ke badan air di kali Ngrowo

## TINJAUAN PUSTAKA

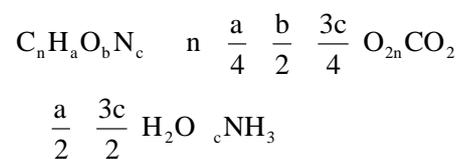
### 1. Parameter-parameter Kualitas Air

Parameter yang mempengaruhi kualitas air:

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

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) atau kebutuhan oksigen biokimiawi merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik di dalam air limbah, yang menggunakan ukuran mg/liter air kotor (Sugiharto, 1987 : 27).

Pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerob sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbon dioksida, air dan amoniak. Reaksi oksidasi dapat dituliskan sebagai berikut:



Atas dasar reaksi tersebut, yang memerlukan kira-kira 2 hari dimana 50% reaksi telah tercapai, 5 hari supaya 75% dan 20 hari supaya 100% tercapai. Pemeriksaan BOD dapat dipergunakan untuk menaksir beban pencemaran zat organik.

Reaksi biologis pada tes BOD dilakukan pada temperatur inkubasi 20°C dan dilakukan selama 5 (lima) hari sehingga memiliki istilah yang lengkap BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> (angka 20 berarti temperatur inkubasi dan angka 5 menunjukkan lama waktu inkubasi).

#### b. DO (*Dissolved Oxygen* = Oksigen Terlarut)

Oksigen terlarut adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter. Oksigen terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat atau tingkat kekotoran limbah yang ada. Semakin besar oksigen terlarut menunjukkan tingkat kekotoran limbah yang semakin kecil. Jadi ukuran DO berbanding terbalik dengan BOD (Sugiharto, 1987:7).

#### c. Nitrogen

Sebagian besar nitrogen yang ditemukan dalam air permukaan adalah hasil dari drainase tanah dan air limbah domestik. Air limbah domestik yang merupakan sumber utama nitrogen berasal dari air limbah feses, urin dan sisa makanan. Besarnya kontribusi per kapita berkisar antara 8 – 12 lb nitrogen/tahun. Nitrogen ini ditemukan dalam bentuk organik (40%) dan amonia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) sebesar 60% (Hammer, M.J. dan Viesman, W., 1977).

Nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan dan manusia dan sebagainya.

nitrat pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas, sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang bisa menyebabkan kematian ikan.

## 2. Standar dan Kriteria Kualitas Air

Untuk pengendalian pencemaran lingkungan khususnya pencemaran terhadap air sungai sesuai dengan Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu air digolongkan menjadi:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

**Tabel 1. Parameter air berdasar Kelas Air**

Kelas air \ Parameter	I	II	III	IV
DO (mg/l)	6	4	3	0
BOD (mg/l)	2	3	6	12
Nitrat (mg/l)	10	10	20	20

## 3. Pengambilan sampel

Jumlah titik tersebut sangat dipengaruhi oleh situasi dan kondisi air sungai.

**Tabel 2. Jumlah Titik Pengambilan Sampel Air Sungai Sesuai Klasifikasinya.**

Debit rata-rata tahunan (m <sup>3</sup> /det)	Klasifikasi sungai	Jumlah titik pengambilan sampel	Jumlah kedalaman pengambilan sampel*
< 5	Kecil	2	1
5-150	Sedang	4	2
150-1000	Besar	6	3
> 1000	Sangat Besar	Minimum seperti pada sungai besar jumlah titik tambahan tergantung pada sungainya, kenaikan ditambah dengan faktor 2 (dua)	4

Sumber: Anwar Hadi, 2005

## 4. Analisa Laboratorium

- a. Analisa Laboratorium Nilai BOD Analisa kandungan BOD di laboratorium Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tulungagung menggunakan Alat Spectroquant NOVA 60
- b. Analisa DO (*Dissolved Oksygen*) Penentuan oksigen terlarut dengan cara DO meter, harus diperhatikan suhu dan salinitas sampel yang akan diperiksa. Peranan suhu dan salinitas ini sangat vital terhadap akurasi penentuan oksigen terlarut dengan cara DO meter.
- c. Analisa Nitrat Analisa kandungan Nitrat di laboratorium Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tulungagung menggunakan Alat Spectroquant NOVA 60

## 5. Teori Model Kualitas Air

Model kualitas air adalah model matematis yang dirumuskan dari proses fisik, kimiawi, dan biologis dalam sistem perairan. Model adalah representasi suatu sistem yang kompleks yang disederhanakan. Model menggantikan kondisi nyata (real world) sehingga memungkinkan untuk mengukur dan bereksperimen dengan cara yang mudah dan murah ketika eksperimen di laboratorium tidak mungkin dilakukan, terlalu mahal, atau membutuhkan waktu yang lama (*time-consuming*).

### a. Segmentasi

Segmen diperlukan untuk mengidentifikasi apakah ada masukan (dianggap semua point source) ke dalam segmen tersebut yang dapat mengubah debit dan kualitas air.

### b. Karakteristik Hidrolika

Ada 2 faktor penting yang merupakan bagian dari sifat hidrolika Kali Ngrowo, yaitu kedalaman dan kecepatan air. Perhitungan kedalaman dan kecepatan air tergantung dari kondisi setiap segmen. Kondisi setiap segmen (bagian hilir segmen) bisa bergantung pada 3 hal penting, apakah ada (1) Weir, (2) Terjunan, atau justru tidak ada keduanya.

### 1. Weir

Berdasarkan tipe weir ini, rumus kedalaman, luas area penampang, dan kecepatan adalah sebagai berikut:

Luas Penampang:

$$A_{c,i} = B_i \times H_i \quad (1)$$

Dimana:

$A_{c,i}$  = Luas penampang

$H_i$  = Kedalaman sungai pada segmen i,  $B_i$  = Lebar segmen i

Seperti dapat dilihat, dibutuhkan  $H_i$  untuk dapat menentukan  $A_{c,i}$

$$H_i = H_w + H_h \quad (2)$$

Dimana:

$H_w$  = Ketinggian weir (m)

$H_h$  = Selisih antara permukaan air dengan tinggi weir pada saat air tepat di atas weir (m)

$H_h$  dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$H_h = \frac{Q_i^{2/3}}{1,83B_i} \quad (3)$$

Dimana:

$Q_i$  = debit yang mengalir pada hilir segmen i

Dengan data-data di atas, luas penampang sudah dapat dihitung. Adapun kecepatan aliran air pada segmen i adalah:

$$U_i = \frac{Q_i}{A_{c,i}} \quad (4)$$

Dimana:

$U_i$  = Kecepatan aliran dalam suatu segmen i

## 2. Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_o^{1/2} \quad (5)$$

$$R = \frac{Ac}{P} \quad (6)$$

Dimana:

$V$  = Kecepatan (m/det)

$S_o$  = Kemiringan dasar saluran (m/m)

$n$  = Koefisien kekasaran (manning)

$Ac$  = Luas penampang area (m<sup>2</sup>)

$P$  = keliling basah (m)

Luas penampang area dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Ac = (Bo + 0,5(S_{s1} + S_{s2})H)H \quad (7)$$

Dimana:

$Bo$  = Lebar dasar saluran (m),

$S_{s1}$  dan  $S_{s2}$  = Kemiringan kedua sisi saluran (m/m)

$H$  = Kedalaman segmen (m)

Keliling basah dapat ditentukan dengan:

$$P = Bo + H\sqrt{SS_1^2 + 1} + H\sqrt{SS_2^2 + 1} \quad (8)$$

## 3. Rating Curve

Prinsip *rating curve* adalah bahwa kedalaman penampang dan kecepatan aliran ditentukan oleh hubungan koefien empiris dan debit, seperti nampak pada formula di bawah:

$$U = aQ^b \quad (9)$$

$$U = \frac{Q}{A_c} \quad (10)$$

Koefisien a,b, , didapat dari velocity-discharge dan stage-discharge rating curves. Jika koefisien tersebut telah ditentukan, maka kecepatan aliran dan lebar segmen dapat dihitung persamaan:

$$A_c = \frac{Q}{U} \quad (11)$$

$$B_c = \frac{A_c}{H} \quad (12)$$

## 6. Daya Tampung Beban Pencemaran

Metode yang dapat digunakan dalam menetapkan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 adalah metode perhitungan yang telah teruji secara ilmiah, yaitu metode neraca massa, metode streeter-phelps, pemodelan numerik terkomputerisasi (*computerized numerical modeling*) dan metode lain yang didasarkan pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sepanjang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

### a. Metode Neraca Massa

Rumus umum pengenceran:

$$V_1C_1 + V_2C_2 + \dots + V_nC_n = V_T C_T \quad (13)$$

Dimana:

$V$  = Volume

$C$  = Konsentrasi

Bila sistem adalah suatu aliran, maka  $V$  dapat diganti dengan  $Q$  (debit)

### b. Metode Matematika Streeter-Phelps

Metode Matematika Streeter-Phelps adalah metode yang berdasarkan pada model matematik yang dikembangkan oleh Streeter dan Phelps. Model ini hanya terbatas pada dua fenomena yaitu:

1. Proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) akibat aktivitas bakteri
2. Proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai.

Pada proses penyerapan oksigen (reaerasi) yang diserap oleh air dipergunakan untuk menggantikan DO yang dikonsumsi dalam mendegradasi BOD air.

c. Metode Komputasi

Metode komputasi merupakan metode simulasi dengan bantuan program komputer. Metode ini lebih komprehensif dalam pemodelan kualitas air sungai. Pada dasarnya model ini menerapkan teoristreeterphelps dengan mengakomodasi banyaknya sumber pencemar yang masuk ke dalam sistem sungai, karakteristik hidrolik sungai, dan kondisi klimatologi. dijelaskan secara ringkas tentang model Qual2E dan Model Qual2KW.

1. Qual2E

Qual2E dikembangkan oleh US Environmental Protection Agency. Tujuan penggunaan suatu permodelan adalah menyederhanakan suatu kejadian agar dapat diketahui kelakuan kejadian tersebut. Pada Qual2E ini dapat diketahui kondisi sepanjang sungai (DO dan BOD).

2. Qual2Kw

Model Qual2KW merupakan pengembangan dari model Qual2E dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic for Application (VBA) yang dapat dijalankan dengan program Microsoft Excel (Pelletier, G. Dan S. Chapra, 2006). Dalam penelitian ini digunakan model Qual2KW versi 5.1. Model ini mampu mensimulasi parameter kualitas air antara lain Temperatur, Conductivity, Inorganic Solids, Dissolved Oxygen, CBODslow, CBODfast, Organic Nitrogen, NH4-Nitrogen, NO3-Nitrogen, Organic Phosphorus, Inorganic Phosphorus (SRP), Phytoplankton, Detritus (POM), Pathogen, Generic constituent, Alkalinity, pH.

**METODE PENELITIAN**

1. Lokasi penelitian

Kali Ngrowo berada di Kabupaten Tulungagung dengan 7 (tujuh) anak sungai yaitu Kali Bajal Picisan, Kali Babaan, Kali Klantur, Kali Wudu, Kali Song, Kali Gondang dan Kali Ngasinan Kiri.

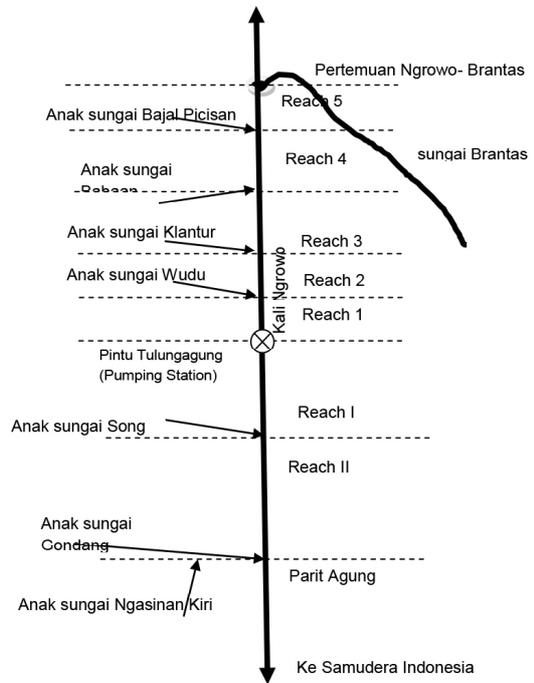
2. Tahapan Penyelesaian Kajian

Metode yang digunakan dalam kajian identifikasi perhitungan daya tampung beban pencemaran kali Ngrowo terdiri dari empat bagian yaitu inventarisasi data, analisis data, pembangunan model dan penentuan daya tampung.

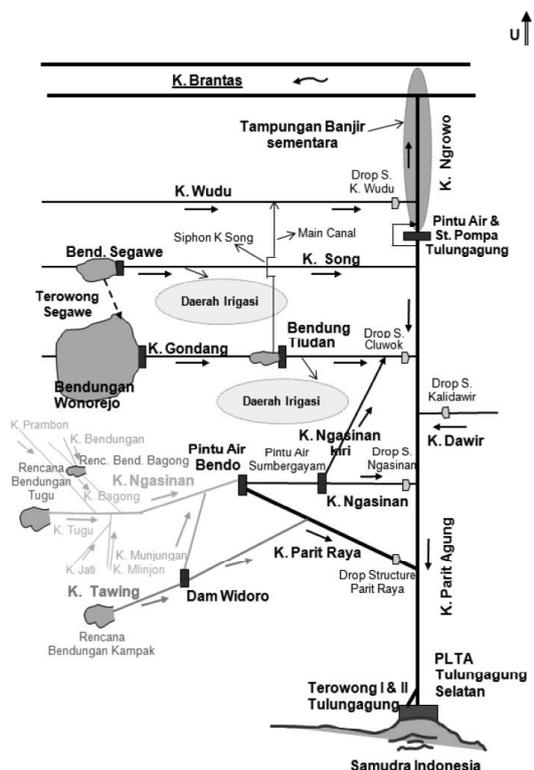
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

1. Karakteristik Kali Ngrowo

Kali Ngrowo yang menjadi wilayah kajian studi dibagi menjadi 2 (dua) arah aliran yaitu arah utara dari pumping station ke arah Sungai Brantas dan arah selatan pumping station ke arah samudra Indonesia.



Gambar. 1. Pembagian Reach di Kali Ngrowo



Gambar. 2. Skema Pengaliran Kali Ngrowo

2. Pemodelan Kualitas Air  
a. Segmentasi Kali Ngrowo

Tabel 3. Segmentasi Kali Ngrowo

No. Reach	Nama Reach	Km	Panjang	Elevasi		Koordinat			
						Hulu		Hilir	
				Hulu	Hilir	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
KALI NGROWO BAGIAN I (PUMPING STATION KE UTARA)									
1	Pumping Station-Kali Wudu	5.81 - 4.40	1.41	77.282	77.170	8 2 32.87	111 54 13.36	8 1 50.3	111 54 24.4
2	Kali Wudu-Kali Klantur	4.40 - 3.90	0.50	77.170	77.137	8 1 50.3	111 54 24.4	8 1 35.8	111 54 22.5
3	Kali Klantur-Kali Babaan	3.90 - 2.41	1.49	77.137	77.030	8 1 35.8	111 54 22.5	8 0 49.9	111 54 14.1
4	Kali Babaan-Kali Bajal Picisan	2.41 - 0.30	2.11	77.030	76.830	8 0 49.9	111 54 14.1	7 59 55.5	111 54 51.3
5	Kali Bajal Picisan-Pertemuan Kali Ngrowo Brantas	0.30 - 0.00	0.30	76.830	76.809	7 59 55.5	111 54 51.3	7 59 44.7	111 54 53.9
KALI NGROWO BAGIAN II (PUMPING STATION KE SELATAN)									
I	Pumping Station-Kali Song	8.15 - 4.24	3.91	77.282	76.291	8 2 32.87	111 54 13.36	8 3 52.68	111 53 20.71
II	Kali Song -Gondang-ngasinan	4.24 - 0.60	3.64	76.291	75.382	8 3 52.68	111 53 20.71	8 5 21.80	111 52 11.30
III	Gondang-ngasinan - Jembatan Bono-Desa Bono	0.60 - 0.00	0.6	75.382	75.023	8 5 21.80	111 52 11.30	8 5 52.80	111 52 24.9

b. Morfometri Kali Ngrowo

Tabel 4. Morfometri Kali Ngrowo Utara

Nama Reach	Hilir (Akhir Reach)	Kemiringan saluran	Manning n	Lebar dasar m	Side Slope	Side Slope
Pumping Station	Headwater		0.040	11.720	0.489	0.377
Kali Song	Kali Song	0.00023	0.040	11.412	0.464	0.557
Gondang-ngasinan	Gondang-ngasinan	0.00027	0.040	9.997	0.250	0.389
Gondang-ngasinan	Jembatan Bono-Desa Bono	0.00009	0.040	10.000	0.288	0.339

Tabel 5. Morfometri Kali Ngrowo Selatan

Nama Reach	Hilir (Akhir Reach)	Kemiringan saluran	Manning n	Lebar dasar m	Side Slope	Side Slope
Pumping Station	Headwater		0.040	11.720	0.489	0.377
Kali Wudu	Kali Wudu	0.00007	0.040	9.498	0.453	0.474
Kali Klantur	Kali Klantur	0.00010	0.040	9.920	0.491	0.372
Kali Babaan	Kali Babaan	0.00005	0.040	10.260	0.553	0.355
Kali Babaan	Kali Bajal Picisan	0.00001	0.040	30.08	0.721	0.336
Kali Bajal Picisan	Pertemuan Narowo-Brantas	0.00002	0.040	29.188	0.804	0.474

3. Pembangunan Model

Berdasarkan reach sungai yang telah dibuat, dilakukan entry data ke dalam komputer yang meliputi identitas sungai, debit dan kaulitas hulu, identitas reach, sumber pencemaran *point sources* dan *non point source*, koefisien model, data hidrolis, debit dan kualitas air sepanjang sungai dan data pendukung lainnya.

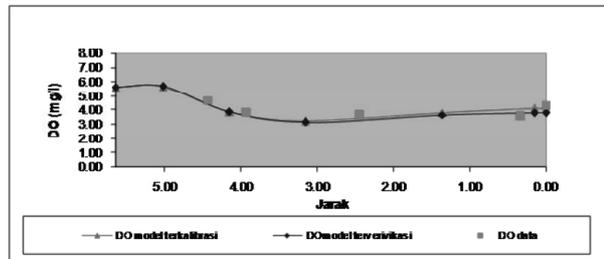
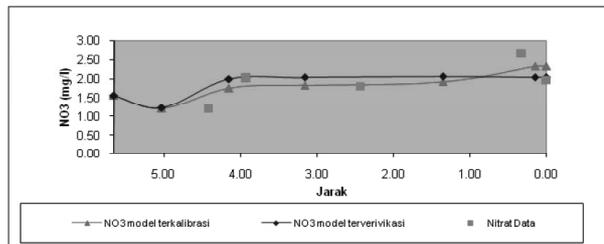
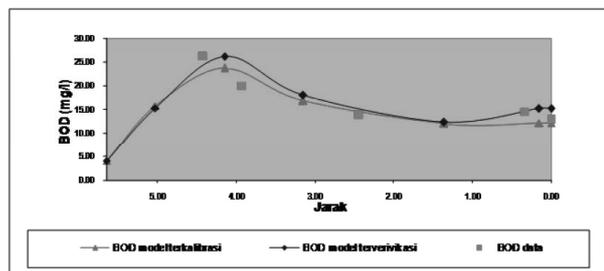
4. Verifikasi Model

Verifikasi model perlu dilakukan karena adanya variabilitas data pada waktu yang berbeda, baik data kualitas air sungai maupun kualitas sumber pencemar. Verifikasi model dilakukan dengan cara yang sama dengan pembangunan model, tetapi menggunakan data yang berbeda. Data yang digunakan untuk verifikasi adalah data kualitas air sungai dan kualitas air anak sungai tahun 2010.

Pada verifikasi ini, koefisien model yang dipakai adalah koefisien yang dihasilkan oleh pembangunan model sebelumnya.

Tabel 6. Koefisien Model Kali Ngrowo Bagian Utara yang Terverifikasi

Reach number	Reach label	Prescribed Reaeration /d	CBOD			Nitrate	
			Hydrolysis Rate /d	Denitri Rate m/d	Denitri Rate m/d	Sed Denitri transfer coeff m/d	
1	Pumping Station	8	0,5	0,1	2	1	
2	Kali Wudu	12	3	0,1	2	1	
3	Kali Klantur	6	4,5	0,1	2	1	
4	Kali Babaan	12	4,5	0,1	2	1	
5	Kali Bajal Picisan	12	0,25	0,1	4	1	



Gambar 3. Model dan model terverifikasi Kali Ngrowo Utara

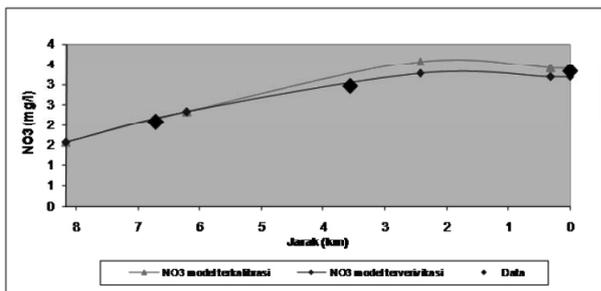
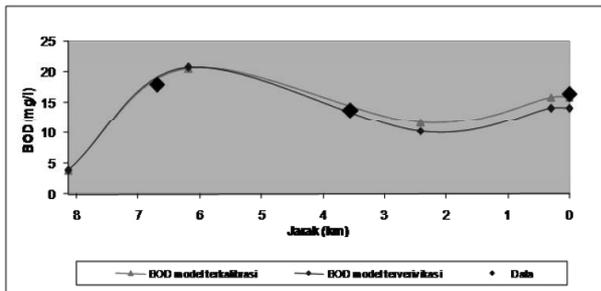
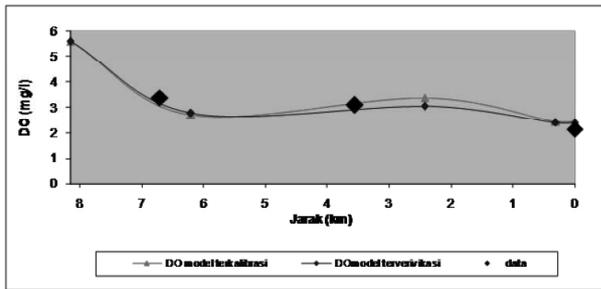
Tabel 7. Koefisien Model Kali Ngrowo Bagian Selatan yang Terverifikasi

Reach number	Reach label	Prescribed Reaeration /d	CBOD		Nitrate	
			Hydrolysis Rate /d	Denitri Rate m/d	Denitri Rate m/d	Sed Denitri transfer coeff m/d
1	Pumping Station	2	1	0,5	1	0,05
2	Kali Song	2	3	0	2	0,05
3	Gondang-ngasinan	1	0,5	1,25	2	0,05

5. Perhitungan Daya Tampung

a. Simulasi Kualitas Air

Model kualitas air kali Ngrowo yang telah dilakukan dengan software Qual2Kw versi 5.1 dapat dipergunakan untuk simulasi.



**Gambar 4. Model dan model terverifikasi Kali Ngrowo Selatan**

**Tabel 8. Simulasi Kali Ngrowo Utara**

No Simulasi	Perlakuan dari Badan Air	Perlakuan dari Anak sungai	Perlakuan dari Saluran Drainasi dan Irigasi	Perlakuan dari Sumber Pencemar Industri	Tujuan Simulasi
1	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Melihat pengaruh Beban Pencemar Sesuai Kondisi Sebenarnya terhadap Kualitas Air Sungai
2	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Dihilangkan	Dihilangkan	Melihat proses purifikasi limbah Badan Air bila tanpa masukan beban pencemar
3	Harapan Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II	Melihat besaran beban pencemar tanpa menyebabkan Badan Air tercemar
4	Harapan Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III	Melihat besaran beban pencemar tanpa menyebabkan Badan Air tercemar
5	Harapan Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II Pada Bulan Kering	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II Pada Bulan Kering	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II Pada Bulan Kering	Melihat besaran beban pencemar tanpa menyebabkan Badan Air tercemar Pada Bulan Kering
6	Harapan Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III Pada Bulan Kering	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III Pada Bulan Kering	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III Pada Bulan Kering	Melihat besaran beban pencemar tanpa menyebabkan Badan Air tercemar Pada Bulan Kering

Sumber: Hasil Analisa

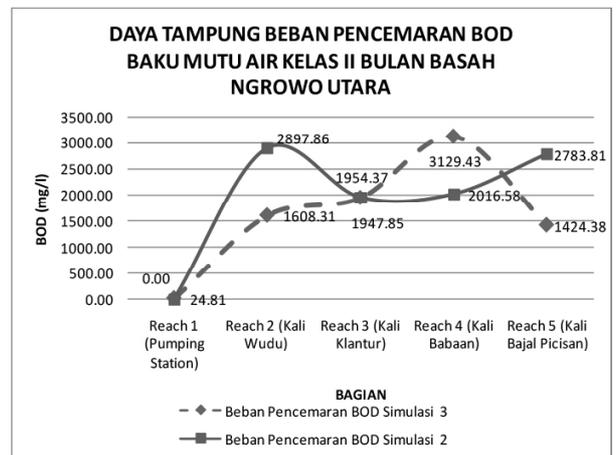
b. Perhitungan Daya Tampung Air  
 Penentuan daya tampung beban pencemaran air Kali Ngrowo menggunakan empat skenario yaitu:

1. Kali Ngrowo Utara
  - Harapan memenuhi baku mutu kualitas air kelas II Bulan Basah

**Tabel 9. Simulasi Kali Ngrowo Selatan**

No Simulasi	Perlakuan dari Badan Air	Perlakuan dari Anak sungai	Perlakuan dari Saluran Drainasi dan Irigasi	Perlakuan dari Sumber Pencemar Industri	Tujuan Simulasi
1	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Melihat pengaruh Beban Pencemar Sesuai Kondisi Sebenarnya terhadap Kualitas Air Sungai
2	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Memenuhi Baku Mutu Limbah Industri	Melihat pengaruh pengurangan beban pencemar terhadap kondisi sebenarnya
3	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Tidak Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Tidak Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Tidak Memenuhi Baku Mutu Limbah Industri	Melihat pengaruh penambahan beban pencemar terhadap kondisi sebenarnya
4	Sesuai Kondisi Sebenarnya	Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Dihilangkan	Dihilangkan	Melihat proses purifikasi limbah Badan Air bila tanpa masukan beban pencemar
5	Harapan Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II	Melihat besaran beban pencemar tanpa menyebabkan Badan Air tercemar
6	Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II	Ditambah Beban Pencemar Sesuai Kondisi Sebenarnya	Ditambah Beban Pencemar Sesuai Kondisi Sebenarnya	Ditambah Beban Pencemar Sesuai Kondisi Sebenarnya	Melihat pengaruh sumber pencemar existing terhadap Badan Air yang Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II
7	Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II	Ditambah dengan beban pencemar Tidak Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II	Ditambah dengan beban pencemar Tidak Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II	Ditambah dengan beban pencemar Tidak Memenuhi Baku Mutu Limbah Industri	Melihat pengaruh sumber pencemar yang tidak memenuhi baku mutu terhadap sungai yang memenuhi Baku Mutu Air Kelas II
8	Harapan Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III	Melihat besaran beban pencemar tanpa menyebabkan Badan Air tercemar
9	Harapan Memenuhi Baku Mutu Air Kelas II	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II Pada Bulan Kering	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II Pada Bulan Kering	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas II Pada Bulan Kering	Melihat besaran beban pencemar tanpa menyebabkan Badan Air tercemar Pada Bulan Kering
10	Harapan Memenuhi Baku Mutu Air Kelas III	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III Pada Bulan Kering	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III Pada Bulan Kering	Coba banding Sehingga Badan Air Mencapai Baku Mutu Air Kelas III Pada Bulan Kering	Melihat besaran beban pencemar tanpa menyebabkan Badan Air tercemar Pada Bulan Kering

Sumber: Hasil Analisa

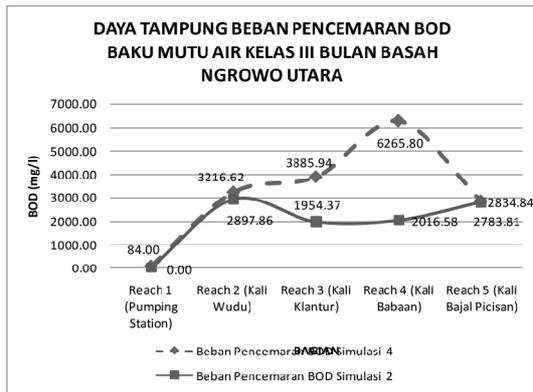


**Gambar 5. Grafik Daya Tampung Ngrowo Utara Baku Mutu Air Kelas II Bulan Basah**

**Tabel 10. Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo Utara pada Kualitas Air BM Kelas II Bulan Basah**

Reach	KM	BOD	NO3
		kg/hari	kg/hari
Reach 1 (Pumping Station)	5,65 - 4,40	24,81	157,13
Reach 2 (Kali Wudu)	4,40 - 3,90	-1289,55	3868,64
Reach 3 (Kali Kiantur)	3,90 - 2,41	-6,51	2602,57
Reach 4 (Kali Babaan)	2,41 - 0,30	1112,85	2857,22
Reach 5 (Kali Bajal Picisan)	0,30 - 0,00	-1359,43	3721,02
Jumlah		-1517,83	13206,58

- Harapan memenuhi baku mutu kualitas air kelas III Bulan Basah



**Gambar 6. Grafik Daya Tampung Ngrowo Utara Baku Mutu Air Kelas III Bulan Basah**

**Tabel 11. Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo Utara pada Kualitas Air Baku Mutu Kelas III Bulan Basah**

Reach	KM	BOD	NO3
		kg/hari	kg/hari
Reach 1 (Pumping Station)	5,65 - 4,40	84,00	330,00
Reach 2 (Kali Wudu)	4,40 - 3,90	318,76	8732,21
Reach 3 (Kali Kiantur)	3,90 - 2,41	1931,57	6032,48
Reach 4 (Kali Babaan)	2,41 - 0,30	4249,22	6504,17
Reach 5 (Kali Bajal Picisan)	0,30 - 0,00	51,04	8416,38
Jumlah		6634,59	30015,23

- Harapan memenuhi baku mutu kualitas air kelas II Bulan Kering  
 Daya tampung beban pencemaran Kali Ngrowo Bagian Utara pada Kondisi Kualitas Air Memenuhi Baku Mutu Kelas II disusun berdasarkan hasil simulasi skenario 2 dan skenario 5.

**Tabel 12. Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo Utara pada Kualitas Air Baku Mutu Kelas II Bulan Kering**

Reach	KM	BOD	NO3
		kg/hari	kg/hari
Reach 1 (Pumping Station)	5,65 - 4,40	24,81	157,13
Reach 2 (Kali Wudu)	4,40 - 3,90	-2675,77	-389,98
Reach 3 (Kali Kiantur)	3,90 - 2,41	-1542,86	-238,37
Reach 4 (Kali Babaan)	2,41 - 0,30	-1159,83	-40,05
Reach 5 (Kali Bajal Picisan)	0,30 - 0,00	-2692,57	-654,99
Jumlah		-8046,23	-1166,26

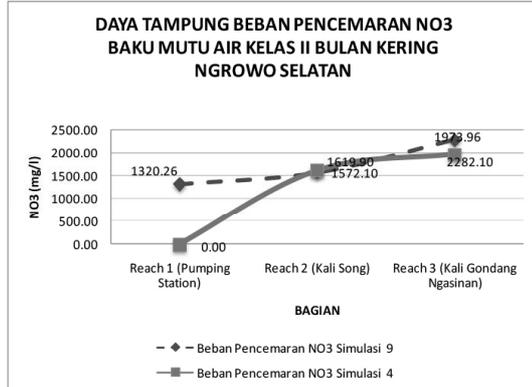
- Harapan memenuhi baku mutu kualitas air kelas III Bulan Kering  
 Daya tampung beban pencemaran Kali Ngrowo Bagian Utara pada Kondisi Kualitas Air Memenuhi Baku Mutu Kelas II disusun berdasarkan hasil simulasi skenario 2 dan skenario 5.

**Tabel 13. Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo Utara pada Kualitas Air Baku Mutu Kelas II Bulan Kering**

Reach	KM	BOD	NO3
		kg/hari	kg/hari
Reach 1 (Pumping Station)	5,65 - 4,40	24,81	157,13
Reach 2 (Kali Wudu)	4,40 - 3,90	-2675,77	-389,98
Reach 3 (Kali Kiantur)	3,90 - 2,41	-1542,86	-238,37
Reach 4 (Kali Babaan)	2,41 - 0,30	-1159,83	-40,05
Reach 5 (Kali Bajal Picisan)	0,30 - 0,00	-2692,57	-654,99
Jumlah		-8046,23	-1166,26

2. Kali Ngrowo Selatan

- Harapan memenuhi baku mutu kualitas air kelas II Bulan Basah



**Gambar 7. Grafik Daya Tampung Ngrowo Selatan Baku Mutu Air Kelas II Bulan Basah**

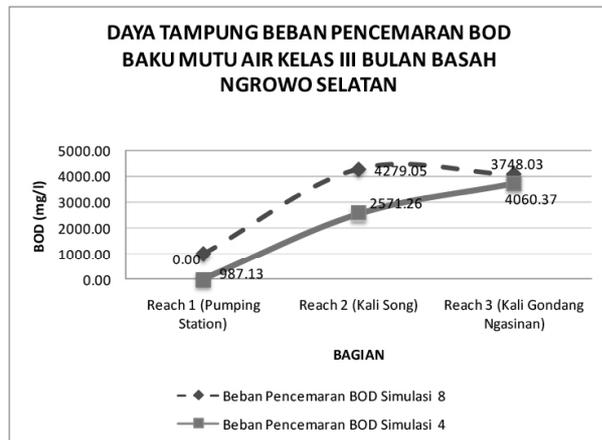
**Tabel 14. Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo Selatan Kualitas Air Baku Mutu Kelas II Bulan Basah**

Reach	KM	BOD kg/hari	NO3 kg/hari
Reach 1 (Pumping Station)	8,15 - 4,24	412,93	1301,19
Reach 2 (Kali Song)	4,24 - 0,60	-406,13	2899,77
Reach 3 (Kali Gondang Ngasinan)	0,60 - 0,00	-1717,85	4322,73
Jumlah		-1711,05	8523,69

**Tabel 15. Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo Selatan pada Kualitas Air Baku Mutu Kelas III Bulan Basah**

Reach	KM	BOD kg/hari	NO3 kg/hari
Reach 1 (Pumping Station)	8,15 - 4,24	987,13	2745,37
Reach 2 (Kali Song)	4,24 - 0,60	1707,78	7596,68
Reach 3 (Kali Gondang Ngasinan)	0,60 - 0,00	312,34	10756,85
Jumlah		3007,25	21098,90

- Harapan memenuhi baku mutu kualitas air kelas III Bulan Basah



**Gambar 8. Grafik Daya Tampung Ngrowo Selatan Baku Mutu Air Kelas III Bulan Basah**

6. Penurunan Beban Pencemaran
  - a. Penurunan Beban Pencemaran pada Sumber Pencemar Kali Ngrowo Utara



**Gambar 9. Penurunan Daya Tampung Ngrowo Utara**

**Tabel 16. Penurunan Beban Pencemaran Kali Ngrowo Utara pada Kualitas Air Baku Mutu Kelas III Bulan Basah**

Reach	KM	BOD	
		Kg/hari	%
Reach 1 (Pumping Station)	5,65 - 4,40	181,17	68,32
Reach 2 (Kali Wudu)	4,40 - 3,90	10.953,90	77,30
Reach 3 (Kali Klantur)	3,90 - 2,41	3.661,18	48,51
Reach 4 (Kali Babaan)	2,41 - 0,30	1.861,76	22,48
Reach 5 (Kali Bajal Picians)	0,30 - 0,00	7.692,59	73,07

- b. Penurunan Beban Pencemaran pada Sumber Pencemar Kali Ngrowo Bagian Selatan



**Gambar 10. Penurunan Daya Tampung Ngrowo Selatan**

**Tabel 17. Penurunan Beban Pencemaran Kali Ngrowo Selatan pada Kualitas Air Baku Mutu Kelas III Bulan Basah**

Reach	KM	BOD	
		Kg/hari	%
Reach 1 (Pumping Station)	8,15 - 4,24	2.770,64	73,73
Reach 2 (Kali Song)	4,24 - 0,60	1.586,28	27,05
Reach 3 (Kali Gondang Ngasinan)	0,60 - 0,00	7.371,13	64,48

## KESIMPULAN DAN SARAN

1. Beban pencemaran yang masuk ke Kali Ngrowo tiap reach adalah:
  - a. BAGIAN I (Pumping Station ke Utara):  
Beban pencemaran terkecil sepanjang Kali Ngrowo arah utara terdapat di Km 5.81–Km 4.40 (Reach Pumping Station - Kali Wudu) dengan nilai BOD 265,16 Kg/hari dan Beban pencemaran terbesar pada Km 4.40–Km 3.90 (Reach Kali Wudu – Kali Klantur) dengan BOD sebesar 14.170,52 Kg/hari dan  $\text{NO}_3$  (Nitrat) sebesar 980.44 Kg/hari.
  - b. BAGIAN II (Pumping Station ke Selatan):  
Beban pencemaran terkecil sepanjang Kali Ngrowo arah selatan terdapat di Km 8.15–Km 4.24 (Reach Pumping Station - Kali Song) dengan nilai BOD 3.757,77 Kg/hari dan Beban pencemaran terbesar pada Km 0.60–Km 0.00 (Reach Kali Gondang Ngasinan – Jembatan Bono) dengan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) sebesar 11.431,50 Kg/hari dan  $\text{NO}_3$  (Nitrat) sebesar 1.973,96 Kg/hari Kg/hari.
2. Daya tampung yang dimiliki Kali Ngrowo utara dimiliki pada kualitas baku mutu air kelas III di bulan basah dengan nilai BOD sebesar 6.634,59 Kg/hari dan  $\text{NO}_3$  sebesar 30.015,23 Kg/hari sedang pada Kali Ngrowo selatan pada kualitas baku mutu air kelas III di bulan basah adalah untuk BOD sebesar 3.007,25Kg/hari dan  $\text{NO}_3$  sebesar 21.098,90Kg/hari.
3. Dengan melihat kondisi nyata Tahun 2010 sesuai dengan hasil dari simulasi I didapatkan bahwa di semua bagian sepanjang Kali Ngrowo beban pencemaran (parameter BOD) sudah melebihi baku mutu air kelas II maupun baku mutu air kelas III.
4. Beban Pencemaran yang harus diturunkan:  
Dari perhitungan daya tampung yang masih memiliki daya tampung adalah pada kondisi kualitas air memenuhi baku mutu kelas III, kualitas air pada kondisi eksisting (data tahun 2010) belum memenuhi kualitas air kelas III oleh karena itu perlu adanya penurunan beban pencemaran terutama pada parameter BOD sedang parameter

- $\text{NO}_3$  di semua bulan masih memiliki daya tampung. Untuk menjadikan Kali Ngrowo BAGIAN I (pumping Station ke utara) memenuhi baku mutu air kelas III perlu adanya penurunan nilai BOD 24.305,6 Kg/hari dan pada bagian selatan penurunan BOD sebesar 11.728,05 Kg/hari
5. Rekomendasi penurunan beban pencemaran:
    - a. Pemberian rekomendasi Ijin Pembuangan Air Limbah harus memperhatikan besarnya daya tampung di Kali Ngrowo terutama reach Kali Song-Jembatan Bono.
    - b. Peningkatan kinerja IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) CV. Sumberdadi dan PG. Modjopangoong serta melakukan swapantau terhadap kualitas air limbah sebelum di buang ke badan air.
    - c. Penurunan beban pencemaran dari limbah domestik dilakukan dengan membangun IPAL domestik, kegiatan hotel agar membangun IPAL untuk mengolah limbah dari kamar mandi agar mengurangi beban pencemar

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*.
- Anonim. 2008. *Laporan Akhir Kajian Perhitungan Daya Tampung Pencemaran*. Surabaya: Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.
- Anonim. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Hadi, A. 2005. *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Montarich, L. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung: Penerbit Lubuk Agung.
- Pelletier, G., dan S. Chapra. 2006. *Qual2Kw User Manual (version 5.1): A Modelling Framework or Simulating River and Stream Water Quality*, Environmental Assessment Program, Olympia, Washington.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Warran Viesman and Mark Hammer. 1977. *Water Supply and Pollution Control*. New York: Harper and Row Publisher, Inc.