
ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN CEMAR DI DAS BENGAWAN SOLO SEGMENT KOTA SURAKARTA DAN KABUPATEN KARANGANYAR DENGAN MODEL QUAL2KW

Taufik Dani¹, Suripin², Sudarno³

¹*Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, email: dhany_rupawan20@yahoo.com*

²*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*

³*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*

ABSTRAK

Sungai Bengawan Solo adalah sumber air yang penting bagi masyarakat di pulau Jawa. Meningkatnya aktifitas di sepanjang badan sungai terutama di Kota Surakarta dan Kabupaten Karanganyar, berdampak pada menurunnya kualitas air sungai Bengawan Solo. Untuk mewujudkan upaya pengelolaan sungai dan pengendalian pencemaran, maka perlu dilakukan kajian daya tampung beban cemar dan penilaian resiko lingkungan sehingga dapat diketahui berapa besar beban cemar yang harus diturunkan dan penentuan strategi yang tepat. Metode penentuan beban cemar yang digunakan yaitu model Qual2Kw. Dari hasil penelitian diketahui bahwa status mutu air sungai menunjukkan nilai $1 < IP < 5$ sehingga, status sungai Bengawan Solo di segmen kota Surakarta dan Kabupaten Karanganyar adalah tercemar ringan. Daya tampung beban cemar sungai Bengawan Solo untuk baku mutu peruntukan kelas II, telah terlampaui pada semua titik sampling. Dengan demikian, pada setiap segmen perlu diturunkan beban cemar BOD nya. Pada segmen 1 perlu diturunkan BOD sebesar 15.559,69 Kg/hari. Pada segmen 2 sebesar 16.186,48 Kg/hari. Pada segmen 3 sebesar 24.075,23 Kg/hari. Dan pada segmen 4 perlu sebesar 81.871,91 Kg/hari. Sementara untuk parameter COD, pada segmen 2 masih mempunyai daya tampung beban cemar sebesar 486,56 Kg/hari, sementara pada segmen 1,3 dan 4 telah melampaui daya tampung beban cemar baku mutu kelas II. Pada segmen 1, perlu diturunkan sebesar 30.207,81 Kg/hr. Pada segmen 3, diturunkan sebesar 8.305,21 Kg/hari. Pada segmen 4, diturunkan sebesar 31.338,07 Kg/hr.

Kata Kunci: *Bengawan Solo, daya tampung beban cemar, model Qual2Kw, status mutu sungai, pengelolaan sungai.*

1. PENDAHULUAN

Sungai Bengawan Solo, merupakan sungai terpanjang di pulau Jawa (600 km) yang melintasi dua propinsi yaitu Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan luas pengaliran sebesar 16.000 km². Tercatat sekitar 15,2 juta jiwa masyarakat hidup di satuan wilayah sungai (SWS) Bengawan Solo (Utomo, 2010).

Wilayah Kota Surakarta, Sukoharjo dan Kabupaten Karanganyar dilintasi oleh sungai Bengawan Solo. Kota Surakarta merupakan daerah perkotaan yang padat penduduk, Sementara Kabupaten Karanganyar didominasi oleh lahan pertanian dan industri-industri besar. Aktifitas tersebut berdampak pada menurunnya kualitas air sungai Bengawan Solo. Air sungai Bengawan

Solo dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya perikanan, perkebunan, pertanian, domestik, industri, waduk, air baku PDAM, penanggulangan banjir, dan lain-lain.

Sungai mempunyai kemampuan untuk membersihkan polutan yang masuk secara alamiah yang disebut dengan Kapasitas Asimilasi (*assimilative capacity*). Kemampuan pemulihan diri pada setiap sungai tidak sama karena bergantung pada karakteristik hidrologis sungainya serta beban limbah yang masuk ke sungai. Kapasitas asimilasi berhubungan dengan daya tampung sungai dalam menerima beban cemar.

2. METODE PENELITIAN

Pendekatan dalam penelitian ini menggunakan kombinasi antara kualitatif dan kuantitatif. Pada tahap pertama dilakukan analisis secara kualitatif tentang gambaran kondisi sungai berdasarkan analisis kajian pustaka, observasi dan data sekunder. Kemudian, dilakukan analisis secara kuantitatif melalui analisa model Qual2Kw, berdasarkan hasil laboratorium, untuk mengetahui daya tampung beban cemar dan analisa model matematis Qual2Kw.

2.1. Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Bengawan Solo hulu, tepatnya pada segmen yang melalui Kota Surakarta dan Kabupaten Karanganyar. Pemilihan lokasi tersebut dianggap mewakili beragamnya input pencemar dari permukiman kota, pertanian dan industri. Bengawan Solo segmen Kota Surakarta dan Kabupaten Karanganyar, dibagi menjadi 4 segmen, dengan jumlah titik pengambilan sample yaitu 10 titik. Lima titik diambil pada input anak sungai/drainase, dan 5 titik pada badan air Bengawan Solo. Selain itu dilakukan juga pengukuran potensi pencemaran dari sumber pencemar tersebar (*non point source*) dengan pendekatan faktor emisi.

Waktu penelitian dalam hal ini proses pengambilan sampel lingkungan dilakukan pada akhir bulan Juni, dan analisis data dilakukan pada bulan Juli dan Agustus 2015.

2.2. Metode Penentuan Daya Tampung Beban Cemar

Menurut Kepmen LH Nomor 110 Tahun 2003 tentang pedoman penetapan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air dapat ditentukan dengan menggunakan metode Neraca Massa, *Streeter Phelps* dan model Qual2E yang telah diperbaharui versinya menjadi Qual2Kw.

a. Permodelan Qual2Kw

Pemodelan dengan Qual2Kw mengaplikasikan proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) akibat aktivitas bakteri dalam mendegradasi bahan organik yang ada dalam air dan proses peningkatan oksigen terlarut

(reaerasi), Chapra (1997). Melalui model Qual2Kw dapat dilakukan simulasi penurunan beban cemar sesuai baku mutu kelas sungai yang diinginkan. Penggunaan program Qual2kw dapat mengestimasi nilai beban pencemaran pada tiap ruas sungai. Terlebih dahulu dengan melakukan pembagian ruas (*reach*), jarak dan batas sungai.

b. Indeks Pencemaran Air

Rumus yang digunakan untuk menyatakan indeks pencemaran sungai adalah sebagai berikut :

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2 M + (C_i/L_{ij})^2 R}{2}}$$

Tabel 1. Hubungan Indeks Pencemaran dengan Mutu Perairan

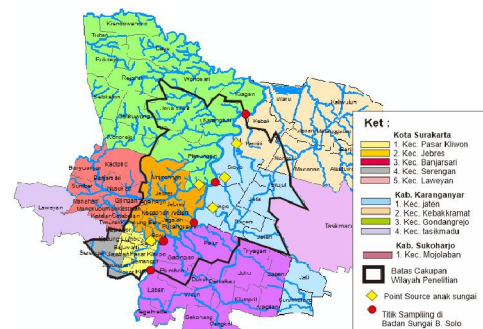
No.	Indeks Pencemaran	Mutu Perairan
1.	$0 \leq PI_j \leq 1,0$	Kondisi baik
2.	$1,0 < PI_j \leq 5,0$	Cemar ringan
3.	$5,0 < PI_j \leq 10$	Cemar sedang
4.	$PI_j > 10,0$	Cemar berat

Sumber : Kep-MENLH NO 115 Tahun 2003

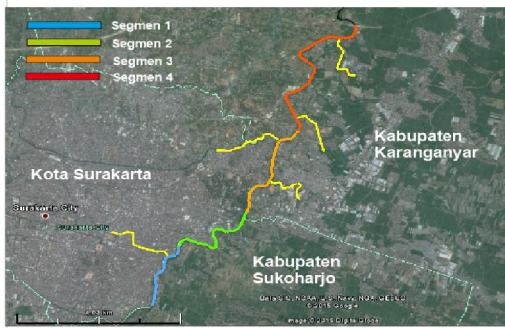
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Segmentasi Sungai dan Titik Pengambilan Sampel

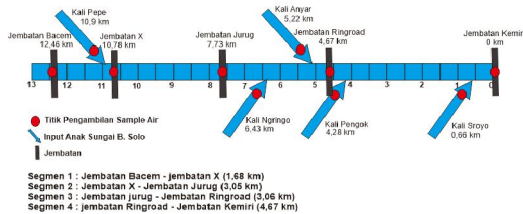
Dalam penelitian ini Das Bengawan dibagi menjadi 5 segmen, dengan jumlah titik pengambilan sample pada sungai yaitu 10 titik. 5 titik diambil pada input anak sungai/drainase, dan 5 titik pada badan air Bengawan Solo.



Gambar 1. Peta Batas administrasi cakupan wilayah penelitian dan Titik Pengambilan Sampel



Gambar 2. Peta Segmentasi Sungai



Gambar 3. Detail jarak, panjang dan titik sampling pada tiap segmen Sungai

3.2. Kondisi Hidrologi Sungai

Daya tampung beban cemar sangat dipengaruhi oleh debit sungai. Pengukuran sampel air sungai dalam penelitian ini dilakukan pada akhir bulan Juni yaitu pada kondisi kemarau sehingga dapat menunjukkan kemampuan purifikasi sungai pada kondisi debit minimum.

Tabel 2. Debit insitu pada titik sampling sungai utama Bengawan Solo

Nama Lokasi Sampling	V arus (m/s)	Dalam (m)	Lebar (m)	Debit (m ³ /s)
J. Bacem	0,31	0,6	58	10,837
J. Kp Sewu	0,21	1,84	57	22,379
J.Jurug	0,49	0,68	39,6	13,407
J.Ringroad	0,249	1,79	34,4	15,342
J.Kemiri	0,53	0,7	43	14,841

3.3. Kualitas Air Sungai Bengawan Solo

Parameter yang digunakan pada analisis kualitas air Bengawan Solo adalah parameter kunci sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air. Parameter kunci ditentukan berdasarkan indikasi sumber yang ada pada daerah tersebut, di antaranya yaitu; pH, *dissolved oxygen*

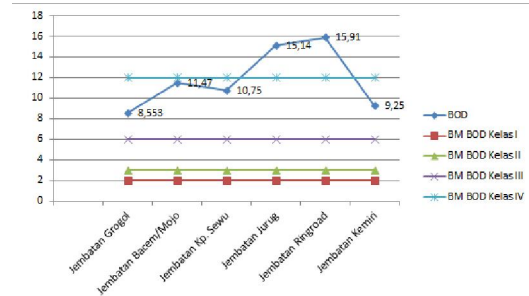
(DO), *biological oxygen demand* (BOD), dan *chemical oxygen demand*(COD).

Tabel 3. Data Hasil Analisis Kualitas Air Sungai Bengawan Solo

Lokasi	Parameter (mg/l)			
	pH	DO	BOD	COD
J. Bacem	7,6	3,55	11,47	21,19
J.Kp. Sewu	7,6	3,63	10,75	36,65
J.Jurug	7,4	1,57	15,14	22,03
J. Ringroad	7,4	2,02	15,91	24,01
J. Kemiri	7,4	1,87	9,25	33,31

Berdasarkan data analisis laboratorium, nilai DO terendah ditemukan pada titik pengambilan sampel di jembatan Jurug. Sementara BOD tertinggi pada titik sampling di jembatan kemiri. Untuk COD nilai konsentrasi tertinggi yaitu di titik sampling Jembatan Kampung Sewu.

Dari tabel dapat dilihat bahwa konsentrasi pencemar BOD, terus mengalami peningkatan dari hulu ke hilirnya. Kenaikan signifikan pencemar BOD terjadi di titik sampling Jembatan Jurug (15,14 mg/l), jembatan Ringroad (15,91 mg/l).

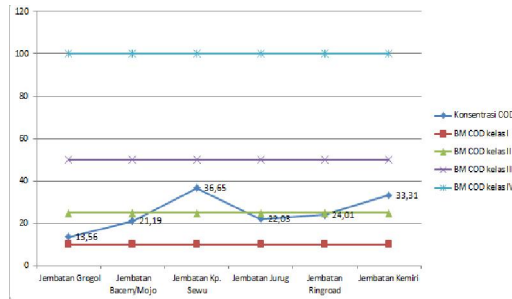


Gambar 4. Grafik Kondisi BOD di badan Sungai dibandingkan dengan Baku Mutu

Berdasarkan hasil pengujian kualitas air sungai bengawan Solo pada Juli 2015 menunjukkan pada semua titik pengambilan sampel (BS 1 – BS 5) di badan sungai Bengawan Solo, telah melampaui baku mutu BOD untuk kelas II. Bahkan untuk titik 3 (jembatan Jurug), titik 4 (jembatan Ringroad) dan titik 5 (jembatan kemiri) telah melampaui baku mutu BOD kelas IV.

Fluktuasi nilai DO dan BOD pada tiap titik sampel mengindikasikan pada

setiap segmen menerima beban pencemar organik yang berbeda. Meningkatnya nilai BOD dan menurunnya DO pada titik sampel di jembatan Bacem dikarenakan ada input dari kali premulung yang berada tak jauh dari jembatan Bacem. Pada titik di jembatan Kampung Sewu, nilai BOD mengalami penurunan karena terjadi proses reaerasi. Konsentrasi BOD naik kembali dan DO menurun drastis pada jembatan Jurug, Jembatan Ringroad, dan Jembatan Kemiri, karena mendapat input pencemar dari kali anyar, kali pengok, dan kali Sroyo.



Gambar 5. Grafik Kondisi COD di badan Sungai dibandingkan dengan Baku Mutu

Berdasarkan hasil pengujian kualitas air sungai bengawan Solo pada Juli 2015 menunjukkan parameter COD pada sebagian titik pengambilan sampel, masih memenuhi baku mutu kelas II, hanya pada Jembatan Sewu dan Jembatan Kemiri yang telah melampaui baku mutu COD kelas II. COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologi (*biodegradable*) maupun yang tidak dapat didegradasi secara biologi (*non-biodegradable*) menjadi CO₂ dan H₂O. Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya selulosa, tannin, lignin, fenol, polisakarida, benzena, dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran nilai COD dibandingkan dengan nilai BOD (Effendi, 2003).

3.4. Status Mutu Air Sungai Bengawan Solo

Penentuan status mutu dilakukan dengan menggunakan metode indeks pencemaran sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran pada Tiap Kelas Air pada Baku Mutu Kelas II

Segmen	Indeks Pencemaran		
	Kelas I	Kelas II	Kelas III
Hulu	4,07	3,11	1,91
Reach 1	4,13	3,11	1,84
Reach 2	4,75	4,08	2,54
Reach 3	4,78	3,78	2,55
Reach 4	3,93	3,89	2,60

Jika dilihat pada tabel diatas, maka semua nilai menunjukkan indeks pencemaran di bawah nilai 5 baik untuk kelas I, II dan III. Sehingga sesuai ketentuan jika $1 < IP \leq 5$, maka status air sungai Bengawan Solo berdasarkan analisis data hasil penelitian, berada dalam status “tercemar ringan”.

Parameter yang dihitung dalam menentukan status mutu air ini hanya berangkat dari 3 parameter utama untuk pemantauan pencemaran air yaitu DO, BOD dan COD. Status air mungkin saja berubah jika semakin banyak parameter yang dimasukkan dalam perhitungan

3.5. Kualitas Air dan Beban Cemar di Anak Sungai Bengawan Solo

Pengukuran kualitas air di anak-anak sungai bengawan Solo pada segmen penelitian, dilakukan di 5 anak sungai utama. 2 sungai di Kota Surakarta dan 3 sungai di Kabupaten Karanganyar. Pengukuran ini untuk mengetahui potensi beban cemar dari *point source* yang mempengaruhi kualitas sungai Bengawan Solo.

Tabel 5. Data Hasil Analisis Kualitas Air Sungai Bengawan Solo

Lokasi	Parameter (mg/l)			
	pH	DO	BOD	COD
Kali Pepe	7,4	0,64	46,60	36,06
Kali Ngringo	7,4	0,00	60,42	77,12
Kali Anyar	7,6	7,66	13,74	21,19
Kali Pengok	8,0	2,28	29,86	58,90
Kali Sroyo	7,8	0,00	372,7	650,7

Dari tabel di atas, dilihat konsentrasi pencemar terbesar yang berasal dari point source atau anak sungai yaitu diberikan oleh kali Sroyo, di kabupaten Karanganyar. Kondisi anak sungai secara visual, terlihat berwarna coklat tua dan beraroma sangat menyengat. Menurut keterangan dari pihak BLH kabupaten Karanganyar, kali Sroyo adalah kali yang kondisinya paling tercemar di Kabupaten Karanganyar, karena banyak industri yang melepas limbahnya di kali tersebut, tanpa melalui pengelolaan yang baik.

Tabel 6. Input Beban Cemar BOD dan COD dari Anak Sungai

Segmen	Point Source	Beban Cemar BOD Kg/hari	Beban Cemar COD Kg/hari
1	K.Pepe	4710,7	6107,74
2	-	-	-
3	K Ngringo	2385,7	3045,07
	K. Anyar	1175,3	1812,51
4	K. Pengok	389,6	768,43
	K. Sroyo	70572,1	16360,16

3.6. Beban Pencemar dari Non Point Source

Potensi beban cemar dari aktifitas non point source sebagian besar berasal dari aktifitas domestik, pertanian dan peternakan.

Tabel 7. Besaran potensi beban pencemar non point source pada tiap reach

Segmen	Parameter	Sumber Pencemar (Kg/Hari)			Jumlah (Kg/Hari)
		Domestik	Pertanian	Peternakan	
1	BOD	4486,3	49,94	32,49	5154,97
	COD	6168,6	74,91	77,03	7103,27
2	BOD	2059,4	37,55	26,98	1033,63
	COD	2831,7	56,32	65,76	1426,21
3	BOD	3312,6	11,24	77,0	3400,84
	COD	4554,9	16,85	188,1	4759,88
4	BOD	767,1	162,8	677,4	1837,56
	COD	1054,8	244,2	1457	3071,98

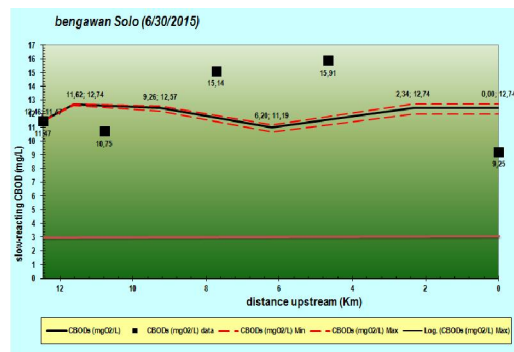
Dari tabel dilihat bahwa beban pencemar BOD dan COD terbesar diberikan oleh sektor domestik. Pencemar domestik terbesar adalah pada segmen1 dan pada segmen 3. Pada segmen 1 merupakan daerah kota yang padat penduduk. Selain itu pada titik pengambilan sampel di jembatan Bacem, berdekatan dengan input dari kali Premulung yang membawa beban cemar yang besar dari aktifitas domestik di kota Surakarta.

3.7. Daya Tampung Beban Cemar di Sungai Bengawan Solo dengan Qual2 Kw

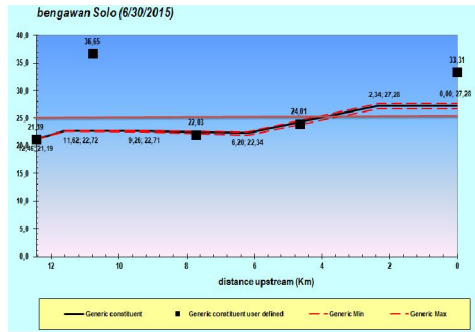
Perhitungan daya tampung beban cemar menggunakan model simulasi kualitas air Qual2Kw versi 5.1. Model ini mempunyai basic program Visual Basic dan Fortran dalam tampilan Microsoft Excel. Simulasi ini dilakukan secara berulang-ulang untuk mendapatkan konsentrasi dan debit sumber pencemar

(model) yang paling sesuai dengan kualitas air hasil observasi.

Hasil simulasi model yang mendekati konsentrasi kualitas air hasil observasi dan telah melewati kecocokan uji *Chi Square*, telah dapat dijadikan dasar dalam menghitung daya tampung beban pencemaran terhadap mutu air sasaran yang diinginkan.



Gambar 6. Perbandingan Grafik BOD Model dan BOD observasi dengan analisis Qual2Kw



Gambar 7. Perbandingan Grafik COD Model dan COD observasi dengan analisis Qual2Kw

Dari gambar diatas dapat dilihat perbandingan nilai BOD model dan BOD observasi rentang nilainya tidak begitu jauh. Perbedaan rentang nilai antara data model data observasi disebabkan oleh pengukuran beban cemar dari *non point source* sulit untuk diprediksi secara pasti. Agar model dapat digunakan untuk strategi pengelolaan pencemaran sungai, maka perlu diketahui apakah data model dan data observasi memiliki perbedaan yang signifikan. uji yang dilakukan antara nilai model dan nilai observasi dilakukan dengan metode *Chi-Square*.

Tabel 8. Hasil Uji *Chi-Square*

Reach Label	Data Hasil Observasi (mg/l)	Data Model (mg/l)
Headwater	11,47	11,47
Reach 1	10,75	12,8
Reach 2	15,14	11,3
Reach 3	15,91	11,8

Tabel 9. Daya tampung beban Pencemar BOD di Sungai Bengawan Solo untuk baku Mutu Peruntukan Kelas II

Seg- men	Baku Mutu (Kg/hr)	BP Sungai (Kg/hr)	BP PS & NPS (Kg/hr)	DTBP BOD (Kg/Hr)
Headwater	2.808,9	10.739,6	-	- 7.930,6
1	5.800,6	12.080,9	9279,43	-15.559,7
2	3.475,1	17.537,6	2123,93	-16.186,5
3	3.976,1	21.089,5	6961,84	-24.075,2
4	3.446,8	12.749,6	72569	-81.871,9

Reach 4	9,25	12,69
---------	------	-------

Jumlah nilai X^2 hitung BOD = 1,83

$$Df = (5-1) \cdot (2-1) = 4$$

$$= 0,05, X^2 \text{ tabel} = 9,45$$

$X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ tabel}$ = model diterima, Ho ditolak artinya, tidak ada perbedaan signifikan antara data observasi dan data model

Headwater	21,19	21,19
Reach 1	36,65	23,20
Reach 2	22,03	22,03
Reach 3	24,01	24,01
Reach 4	33,31	27,20

Jumlah nilai X^2 hitung COD = 2,15

$$Df = (5-1) \cdot (2-1) = 4$$

$$= 0,05, X^2 \text{ tabel} = 9,45$$

$X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ tabel}$ = model diterima, Ho ditolak artinya, tidak ada perbedaan signifikan antara data observasi dan data model

Dari uji *chi square* ditemukan bahwa untuk parameter BOD, COD, dan DO, menunjukkan nilai $X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ tabel}$, maka kesimpulannya adalah ketiga model tersebut diterima.

3.8. Daya Tampung Beban Cemar Sungai

Perhitungan daya tampung beban cemar (DTBP) menggunakan baku mutu kelas II. Rumus yang digunakan yaitu:

DTBP = Daya tampung baku mutu - (Beban pencemar di sungai + beban pencemar yang *point source* dan *non point source*)

Pada semua segmen, daya tampung beban cemar BOD di sungai untuk baku mutu kelas II, sudah terlampaui. Untuk itu diperlukan strategi pengelolaan sungai untuk mengembalikan kualitas sungai Bengawan Solo agar memenuhi baku mutu kelas II, yaitu dengan melakukan penurunan beban cemar pada semua segmen.

Pada segmen 1 perlu dilakukan penurunan beban cemar BOD sebesar 15.559,69 Kg/hari. Pada segmen 2 perlu dilakukan penurunan beban cemar BOD sebesar 16.186,48 Kg/hari. Pada segmen 3 perlu dilakukan penurunan beban cemar BOD sebesar 24.075,23 Kg/hari. Dan pada segmen 4 perlu dilakukan penurunan beban cemar BOD sebesar 81.871,91 Kg/hari.

Tabel 10. Daya tampung beban Pencemar COD di Sungai Bengawan Solo, untuk baku Mutu Peruntukan Kelas II

Segmen	Baku Mutu (Kg/hr)	BP COD di Sungai (Kg/hr)	BP COD PS & NPS (Kg/hr)	DTBP COD (Kg/Hr)
Headwater	23.407,9	19.840,6	-	3567,37
1	48.338,6	70.864,5	12428,28	-30207,81
2	28.959,1	25.518,8	2953,78	486,56
3	33.138,7	31.826,4	9617,5	-8305,21
4	32.056,6	42.712,2	19884,07	-31338,07

Pada segmen 1, 3 dan 4 untuk pencemar COD, kondisinya telah melampaui daya tampung beban cemar untuk baku mutu kelas II. Jika pada segmen 1 dilakukan pengelolaan untuk memenuhi baku mutu kelas II, maka harus dilakukan penurunan beban cemar sebesar 30,207,81 Kg/hr. Pada segmen 2, daya tampung COD masih memenuhi baku mutu kelas II dimana masih mempunyai daya tampung sebesar 486,56 Kg/hari. Pada segmen 2 masih memenuhi daya tampung karena sepanjang segmen tidak ada input

pencemar potensial misalnya dari anak sungai. Pada segmen 3 perlu diturunkan COD nya sebesar 8.305,21 Kg/hari. Pada segmen 4, COD nya diturunkan sebesar 31.338,07 Kg/hr.

3.9. Skenario Simulasi

Untuk melakukan pengelolaan pencemaran di badan sungai, maka perlu di buat simulasi strategi penurunan beban cemar dan diolah dengan menggunakan model Qual2Kw. Ada 3 skenario yang digunakan dengan asumsi sebagai berikut.

Tabel 11 : Skenario Simulasi Penurunan Beban Cemar di Sungai Bengawan Solo

Skenario	Debit	Kualitas Air
I	Perkiraan debit minimum, Saat musim kemarau. data pos duga air jembatan Jurug.	Kondisi penurunan beban cemar dengan prediksi kondisi: - Pengelolaan 70% untuk <i>non point sourced</i> dan - Penurunan beban cemar anak sungai sehingga memenuhi baku mutu kelas III)
II	Perkiraan debit minimum, Saat musim kemarau. data pos duga air jembatan Jurug.	Kondisi penurunan beban cemar dengan prediksi kondisi: - Pengelolaan 30% untuk <i>non point sourced</i> dan - Penurunan beban cemar anak sungai sehingga memenuhi baku mutu kelas IV)
III	Perkiraan Debit minimum, Saat Musim kemarau. data pos duga air jembatan Jurug.	Kondisi penurunan beban cemar dengan prediksi kondisi: - Pengelolaan 80% untuk <i>non point source</i> dan - Penurunan beban cemar anak sungai sehingga memenuhi baku mutu kelas IV)

a. Kondisi Eksisting

Untuk melakukan simulasi, maka perlu diketahui pula kondisi eksisting sebelum dilakukan penerapan skenario.

Data debit dan konsentrasi unsur pencemar, didapatkan dari hasil pengukuran langsung.

Tabel 12. Data Kondisi Eksisting

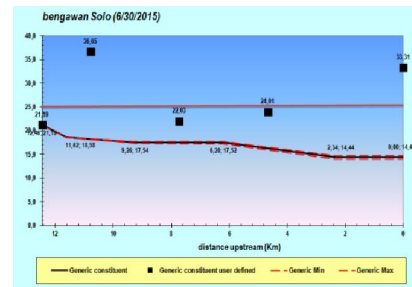
Reach	Sumber Pencemar	Debit inflow (m ³ /s)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
Headwater		10,837	11,47	21,19
Reach 1	Kali Pepe	1,17	46,6	60,42
	NPS 1	1	52,88	73,154
Reach 2	NPS 2	1	24,58	34,187
Reach 3	K Ngringo	0,46	36,06	77,12
	K. Anyar	0,99	13,74	21,19
	NPS 3	1	39,36	55,09
Reach 4	NPS 4	1	18,60	31,89
	K. Pengok	0,15	29,86	58,9
	K. Sroyo	0,29	372,7	650,7
	J. Kemiri	15,953	9,25	33,31

b. Skenario I

Skenario I adalah asumsi kondisi dimana diperkirakan debit sungai minimum, saat musim kemarau dengan strategi penurunan beban cemar 70% untuk aktifitas *non point source* dan pemenuhan baku mutu sungai kelas III untuk setiap anak sungai (*point source*).

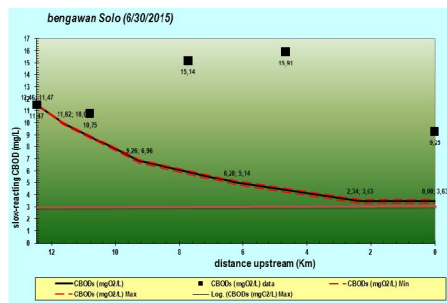
Tabel 13. Data Input Skenario I Pada Model Qual2Kw

Reach	Sumber Pencemar	Debit Inflow (m ³ /s)	Input data pada Qual2Kw	
			BOD	COD
1	Kali Pepe	1,17	4	50
	NPS	1	15,86	21,9
2	NPS 2	1	7,37	10,3
	K Ngringo	0,46	4	50
	K. Anyar	0,99	4	50
3	NPS 3	1	11,81	16,5
	NPS 4	1	5,58	9,6
	K. Pengok	0,15	4	50
	K. Sroyo	0,29	4	50



Gambar 9. Simulasi Skenario I untuk COD

Terlihat pada grafik di atas, konsentrasi BOD terus mengalami penurunan dari *headwater* (jembatan Bacem), menuju ke segmen 1, 2, 3 dan 4. Penurunan ini berarti telah adanya proses perbaikan kualitas air, karena adanya upaya penurunan beban cemar dari anak-anak sungai dan juga efisiensi pengelolaan pencemar *non point source*. Skenario ini cukup efektif, karena pada segmen akhir yaitu di jembatan Ringroad dan Jembatan Kemiri nilai BOD, sudah mendekati baku mutu kelas II sungai (3,63 mg/l). Sementara itu, untuk pencemar COD, di semua titik sampling mulai dari hulu ke hilir, sudah berada di bawah baku mutu kelas II.



Gambar 8. Simulasi Skenario I untuk BOD

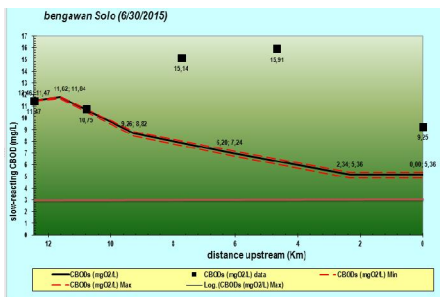
c. Skenario II

Skenario II adalah asumsi kondisi dimana diperkirakan debit sungai minimum, saat musim kemarau dengan strategi penurunan beban cemar 30% untuk aktifitas *non point source* dan

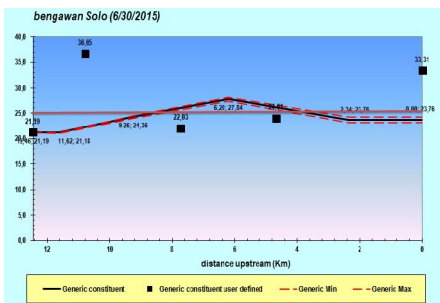
pemenuhan baku mutu sungai kelas IV untuk setiap anak sungai (*point source*).

Tabel 14. Data Input Skenario II Pada Model Qual2Kw

Reach	Sumber Pencemar	Debit Inflow (m ³ /s)	Input Data pada Qual2Kw	
			BOD	COD
Reach 1	Kali Pepe	1,17	6	100
	NPS	1	37,02	51,2
Reach 2	NPS 2	1	17,21	23,9
Reach 3	K Ngringo	0,46	6	100
	K. Anyar	0,99	6	100
Reach 4	NPS 3	1	25,55	38,6
	NPS 4	1	13,02	22,3
	K. Pengok	0,15	6	100
	K. Sroyo	0,29	6	100



Gambar 10. Simulasi Skenario II untuk BOD



Gambar 11. Simulasi Skenario II untuk COD

Jika skenario II diterapkan sebagai pilihan strategi, maka kondisi yang akan terjadi pada kondisi debit minimum rata-rata di badan sungai bengawan solo. Maka hasilnya adalah kondisi sungai bengawan Solo dari hulu ke hilir memang mengalami penurunan konsentrasi BOD yang cukup besar, namun kualitas air sungai Bengawan Solo, belum memenuhi baku mutu kelas

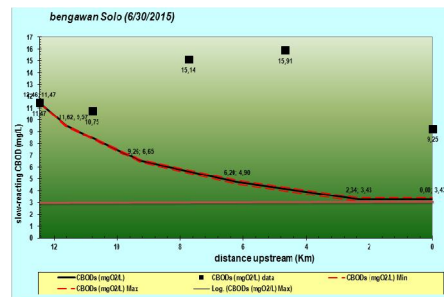
II. Pada titik hilir yaitu di jembatan Kemiri masih menunjukkan nilai konsentrasi BOD 5,32 mg/l. Keadaan ini masih cukup jauh di atas baku mutu BOD kelas II yaitu 3 mg/l. Sementara untuk konsentrasi COD, sebagian sudah memenuhi hanya pada daerah diantara titik 3 (jembatan Jurug) dan titik 4 (jembatan Ringroad) saja yang masih melampaui baku mutu kelas II COD.

d. Skenario III

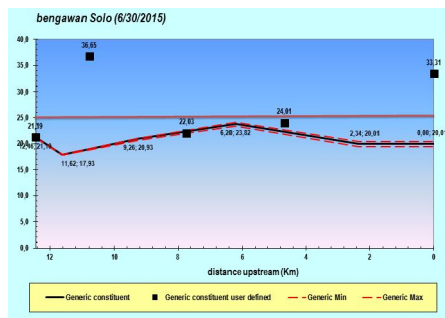
Skenario III adalah asumsi kondisi dimana diperkirakan debit sungai minimum, saat musim kemarau dengan strategi penurunan beban cemar 80% untuk aktifitas *non point source* dan pemenuhan baku mutu sungai kelas IV untuk setiap anak sungai (*point source*).

Tabel 15. Data Input Skenario III Pada Model Qual2Kw

Reach	Sumber Pencemar	Debit Inflow (m ³ /s)	Input Data pada Qual2Kw	
			BOD	COD
Reach 1	Kali Pepe	1,17	6	100
	NPS 1	1	10,58	14,6
Reach 2	NPS 2	1	4,92	6,8
Reach 3	K Ngringo	0,46	6	100
	K. Anyar	0,99	6	100
Reach 4	NPS 3	1	7,87	11,0
	NPS 4	1	3,72	6,4
	K. Pengok	0,15	6	100
	K. Sroyo	0,29	6	100



Gambar 12. Simulasi Skenario III untuk BOD



Gambar 13. Simulasi Skenario III untuk COD

Jika skenario III ini di terapkan sebagai pilihan strategi, maka kondisi yang akan terjadi pada badan sungai bengawan solo adalah dari hulu ke hilir konsentrasi BOD nya mengalami penurunan konsentrasi yang signifikan. Kondisi di titik hilir yaitu di jembatan kemiri menunjukkan nilai konsentrasi BOD yaitu 3,42 mg/l, dimana nilai ini sudah mendekati baku mutu BOD sungai kelas II yaitu 3 mg/l. Untuk konsentrasi COD, pada semua titik, sudah berada di bawah baku mutu kelas II.

Dari hasil tersebut, strategi I dan III dinilai cukup signifikan untuk memperbaiki kualitas air sungai bengawan Solo sehingga memenuhi baku mutu kelas II, pada kondisi debit minimum atau musim kemarau.

4. KESIMPULAN

- Pada semua segmen, daya tampung beban cemar BOD dan COD di sungai untuk baku mutu kelas II, sudah terlampaui. Agar sungai Bengawan Solo dapat memenuhi baku mutu kelas II, harus dilakukan penurunan beban cemar BOD dan COD.
- Untuk Parameter BOD, pada segmen 1 perlu dilakukan penurunan beban cemar sebesar 15.559,69 Kg/hari. Pada segmen 2 diturunkan sebesar 16.186,48 Kg/hari. Pada segmen 3 diturunkan sebesar 24.075,23 Kg/hari. Dan pada segmen 4 diturunkan sebesar 81.871,91 Kg/hari
- Untuk parameter COD, pada segmen 1,3 dan 4 telah melampaui daya tampung beban cemar baku mutu kelas II. Sementara, pada segmen 2 masih mempunyai daya tampung

- beban cemar sebesar 486,56 Kg/hari, Pada segmen 1, perlu diturunkan sebesar 30,207,81 Kg/hr. Pada segmen 3, diturunkan sebesar 8.305,21 Kg/hari. Pada segmen 4, diturunkan sebesar 31.338,07 Kg/hr.
- Dari hasil skenario simulasi penurunan beban cemar BOD dan COD, maka strategi I dan III dinilai cukup signifikan untuk memperbaiki kualitas air sungai bengawan Solo sehingga memenuhi baku mutu kelas II, pada kondisi debit minimum atau musim kemarau.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningih, D. 2012. *Kajian Kualitas air sungai Blukar Kabupaten Kendal dalam Upaya Pengendalian Pencemaran air sungai*, Thesis Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ardhani, D.C. 2014. *Pengelolaan Sungai Batanghari Kabupaten Dharmasraya Berdasarkan Daya Tampung Beban Pencemaran Dengan Metode Qual2Kw* Thesis. Program Pascasarjana Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta, Penerbit KANISIUS.
- KLH. 2003. *Keputusan Menteri negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung beban Pencemaran Air Pada Sumber Air*.
- KLH. 2010. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*.
- Pelletier, G. dan Chapra, S. 2008. *QUAL2Kw Theory and Documentation*. Washington. Environmental Assessment Program Olympia.
- Wiwoho. 2005. *Model Identifikasi Daya Tampung Beban Cemar Sungai Dengan QUAL2E*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.

Yuliasuti, E. 2011. *Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran*

Air: Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.