

Pendekatan Model Wasp Pada Pengendalian Pencemaran Sungai Dengan Parameter Uji Cod

*Randhi Saily¹, Manyuk Fauzi², Imam Suprayogi³

¹Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

^{2,3}Teknik Sipil Universitas Riau

^{*}randhi.saily@yahoo.com, graperia@gmail.com, drisuprayogi@yahoo.com

Abstract

The rapid development requires enormous natural resources. So it appears that in development there is an overuse of natural resources, which results in disruption of the water system balance. Various impacts will occur as a result of unbalanced use of natural resources, the use of unbalanced natural resources around the Siak river area, causing an increase in pollution entering the river. Regulation of the Minister of PUPR Number 4 of 2015 concerning Criteria and Designation of River Areas, Siak River is one of the major rivers that receive national attention and is also included in the national strategic river category. Control of river pollution is done by analyzing the WASP modeling and the existing condition of the Siak river, the effect of the levels on the parameters of the mainstay discharge and the mainstay discharge and the percentage of pollution load reduction carried out to meet the class II quality standards. The results showed that the overall condition of the Siak river was polluted. The average excess capacity of the COD pollution load at the time of the dependable discharge is -454,516 kg/day. Then at the time of the dependable discharge is valued at -181,087 kg/day. The control effort taken is to reduce the COD contamination load so that the capacity of the pollution load is +177,742 kg/day when the dependable discharge is maximum and +72,536 kg/day when the dependable discharge is minimum. Percentage reduction of COD contamination load at the minimum and maximum dependable discharge to meet the class II quality standard of 50%.

Key words: COD, WASP, pollution load capacity

Abstract

Pesatnya pembangunan membutuhkan sumber daya alam yang sangat besar. Sehingga terlihat bahwa dalam pembangunan terjadi pemanfaatan terhadap sumber daya alam yang berlebihan, hal tersebut mengakibatkan terganggunya keseimbangan tata air. Berbagai dampak akan terjadi sebagai akibat pemanfaatan sumber daya alam yang kurang seimbang, adanya pemanfaatan sumber daya alam yang kurang seimbang di sekitar wilayah sungai Siak, menyebabkan peningkatan cemaran yang masuk ke sungai. Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai, Sungai Siak merupakan salah satu sungai besar yang mendapatkan perhatian secara nasional dan juga masuk dalam kategori sungai strategis nasional. Pengendalian pencemaran sungai dilakukan dengan menganalisa pemodelan WASP dan kondisi eksisting sungai Siak, pengaruh kadar pada parameter terhadap debit andalan maksimum dan debit andalan minimum serta persentase reduksi beban pencemaran yang dilakukan untuk memenuhi baku mutu kelas II. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi eksisting sungai Siak secara keseluruhan dalam keadaan tercemar. Kelebihan rata-rata daya tampung beban pencemaran COD pada saat debit andalan maksimum bernilai -454.516 kg/hari. Kemudian pada saat debit andalan minimum bernilai sebesar -181.087 kg/hari. Upaya pengendalian yang dilakukan adalah melakukan reduksi beban cemaran COD sehingga daya tampung beban pencemaran menjadi +177.742 kg/hari pada saat debit andalan maksimum dan +72.536 kg/hari pada saat debit andalan minimum. Persentase reduksi beban cemaran COD pada debit andalan maksimum dan minimum agar memenuhi baku mutu kelas II sebesar 50%.

Kata Kunci : COD, WASP, daya tampung beban pencemaran

Pendahuluan

Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai, sungai Siak memiliki fungsi dan peranan yang sangat besar dalam perkembangan wilayah dan ekonomi baik secara lokal, regional maupun nasional. Sungai Siak adalah salah satu sungai yang secara keseluruhan dari hulu hingga hilirnya berada di wilayah Provinsi Riau yang melewati beberapa Kabupaten/ Kota, yaitu Kab. Rokan Hulu, Kab. Kampar, Kota Pekanbaru, Kab. Bengkalis dan Kab. Siak. Berdasarkan kondisi fisik Sungai Siak memiliki manfaat yang sangat besar bagi semua pihak yaitu sumber air domestik bagi masyarakat di sepanjang Sungai Siak, sumber air baku (intake) bagi PDAM Kota Pekanbaru, sumber air baku untuk industri, sumber mata pencaharian bagi nelayan di sepanjang Sungai Siak dan sarana transportasi sungai (Sudiana, N. dan Soewandhita, 2007).

Semakin meningkatnya kondisi pembangunan membutuhkan sumber daya alam yang semakin besar. Sehingga terlihat bahwa dalam pembangunan terjadi pemanfaatan terhadap sumber daya alam yang berlebihan, sehingga mengakibatkan terganggunya keseimbangan tata air. Berbagai dampak akan terjadi sebagai akibat pemanfaatan sumber daya alam yang kurang seimbang. Adanya pemanfaatan sumber daya alam yang kurang seimbang di sekitar wilayah sungai Siak, menyebabkan peningkatan cemaran yang masuk ke sungai. Secara alamiah air sungai mempunyai kemampuan self purifikasi yang terbatas. Sungai Siak merupakan salah satu sumber daya air di Provinsi Riau yang harus dilindungi keberlanjutan pemanfaatannya. Hal ini yang menjadi fokus penulis dalam menulis penelitian daya tampung sungai Siak dengan pendekatan pemodelan *Water Quality Analysis Simulation Program (WASP)*.

Pada saat ini model *water quality program* telah berkembang dengan memiliki berbagai macam aplikasi untuk mengatasi masalah pengelolaan sumber daya air, contohnya *water quality analysis simulation program (WASP)*. Model ini mampu mensimulasikan atau memprediksi perubahan kualitas sungai jika aliran limbah dikurangi atau ditambah. Simulasi seperti ini dapat dimanfaatkan untuk mengetahui daya tampung beban pencemaran suatu sungai dengan kriteria mutu air yang telah ditetapkan. Secara teknis, perhitungan daya tampung beban pencemaran sungai dengan metode WASP dapat membantu pemerintah dalam pengendalian pencemaran air, dimana metode ini memungkinkannya dilakukan simulasi terkait berapa beban pencemaran yang harus dikurangi dan dari sumber mana saja dan berapa beban limbah yang masih diperkenankan dibuang

kelingkungan sungai agar kualitas sungai masih memenuhi baku mutunya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa reduksi beban cemaran parameter COD pada debit andalan maksimum dan debit andalan minimum agar daya tampung beban pencemaran sungai Siak memenuhi klasifikasi baku mutu kelas II.

Self Purifikasi

Self purifikasi adalah kemampuan sungai dalam memperbaiki dirinya dari unsur pencemar. Menurunnya kandungan pencemar membuktikan bahwa self purifikasi sungai memang benar-benar terjadi di sungai. Hal yang perlu diperhatikan adalah sesuai kaidah alam ada keterbatasan self purifikasi di dalam sungai sehingga apabila masuk sejumlah bahan pencemar dalam jumlah banyak maka kemampuan tersebut menjadi tidak terlalu berarti mengembalikan sungai dalam kondisi yang lebih baik. Kemampuan alamiah sungai inilah yang membatasi daya tampung sungai terhadap pencemar.

Baku Mutu Limbah Cair

Baku mutu limbah cair adalah batas atau kadar makhluk hidup zat, energi atau komponen lain yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air pada sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya. Baku mutu ini ditetapkan untuk air pada badan air dengan mengingat peruntukan badan air dan kemampuan self purifikasi.

Merujuk pada penelitian (Wiwoho, 2005) berdasarkan (Peraturan Pemerintah No. 82, 2001) tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, dinyatakan :

- Kelas I, air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
- Kelas II, air yang dapat digunakan sebagai sumber air baku.
- Kelas III, air yang dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut seperti PLTA.

Beban Cemaran

Beban cemaran adalah jumlah suatu parameter pencemaran yang terkandung dalam jumlah air atau limbah, dimana beban cemaran perhari dapat dirumuskan :

$$BPA = (CA)j \times Da \times f \dots\dots\dots(1)$$

- Keterangan :
- BPA : beban pencemaran sebenarnya (kg/hari)
 - (CA)_j : kadar terukur sebenarnya unsur pencemar-j, dinyatakan dalam (mg/l)
 - Da : debit limbah cair sebenarnya (m³/detik)
 - f : faktor konversi (86.4)

Daya Tampung Beban Cemar

Daya tampung pencemaran adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Pencemaran air dapat terjadi adanya unsur/ zat lain yang masuk kedalam air, sehingga menyebabkan kualitas air menjadi turun. Unsur tersebut dapat berasal dari unsur non konservatif (tergradasi) dan konservatif (tidak tergradasi). Daya tampung beban pencemaran dapat dihitung dengan cara sederhana yaitu dengan persamaan neraca massa sebagai berikut :

$$DTBP = BPA_{bm} - BPA_a \dots\dots\dots (2)$$

- Keterangan :
- DTBP : Daya tampung beban pencemaran (kg/hari)
 - BPA_{bm} : Beban cemar sesuai baku mutu (kg/hari)
 - BPA_a : Beban cemar terukur (kg/hari)

Parameter Beban Cemar COD (Chemical Oxygen Demand)

Parameter-parameter untuk menentukan kualitas air terdiri dari 2 klasifikasi, yaitu parameter fisika dan parameter kimia. Parameter-parameter fisika yang biasa digunakan untuk menentukan kualitas air meliputi cahaya, suhu, kecerahan dan kekeruhan, warna, konduktivitas, padatan total, padatan terlarut, padatan tersuspensi dan salinitas. Sedangkan parameter kimia adalah senyawa-senyawa kimia yang menentukan kualitas air akibat dari proses kimia itu sendiri seperti pH, oksigen terlarut, bahan organik. Contoh parameter terukur yang dapat diambil nilai besarnya saat melakukan pengambilan sampel dan uji laboratorium adalah nilai COD, BOD, COD dan beberapa parameter lainnya. Pada penelitian ini penulis menganalisa salah satu parameter terukur yaitu COD atau (*Chemical Oxygen Demand*).

Kebutuhan oksigen kimia (KOK) atau disebut juga *chemical oxygen demand* (COD) adalah besar oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik yang terkandung dalam 1 liter air. COD merupakan parameter indikator

pencemaran di dalam air yang disebabkan oleh limbah organik, baik yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri (*industrial waste*). Berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, kriteria kelas mutu air atau baku mutu air untuk parameter COD adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Kriteria mutu air berdasarkan kelas dari COD

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
COD	mg/L	10	25	50	100

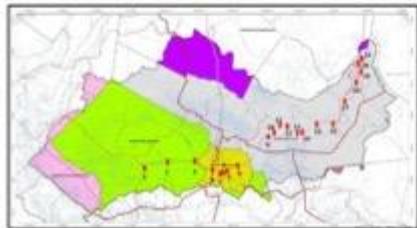
Metode

Penentuan Segmentasi

Sungai Siak memiliki panjang ±300 km dari hulu ke hilir. Penentuan segmentasi dibagi menjadi 21 segmen (Gambar 1) yang dilakukan pengambilan sampel pada masing-masing titik segmen yang dapat mewakili kualitas air sungai.

Tabel 2. Koordinat titik sampel pada 21 segmen

No	Segment	Koordinat	
1	Pantai Cermin	N:00°35'26,85"	E:101°11'06,93"
2	Bencah Kelubi	N:00°35'48,61"	E:101°16'52,71"
3	Muara Tapung Kiri	N:00°35'52,85"	E:101°18'43,08"
4	Jembatan Siak 2	N:00°33'04,38"	E:101°23'57,16"
5	Jembatan Siak 1	N:00°32'27,77"	E:101°26'13,36"
6	Pelita Pantai	N:00°32'19,88"	E:101°26'47,93"
7	Hilir Muara Sail	N:00°34'22,31"	E:101°28'36,69"
8	Malebur	N:00°34'26,09"	E:101°31'29,88"
9	Up Muara Gasib	N:00°43'36,12"	E:101°40'37,84"
10	Down Muara Gasib	N:00°43'36,12"	E:101°40'37,84"
11	Teluk Rimbo	N:00°47'02,82"	E:101°44'32,92"
12	Down Muara Mandau	N:00°46'44,70"	E:101°46'16,39"
13	Koto Gasib	N:00°44'46,50"	E:101°49'02,74"
14	Down Muara Buatn	N:00°44'54,12"	E:101°49'58,58"
15	Teluk Ketari	N:00°46'54,12"	E:101°54'25,70"
16	Rimbo Panjang	N:00°47'38,28"	E:101°59'27,13"
17	Kota Ringin	N:00°53'32,40"	E:102°02'47,90"
18	Dusun Pusako	N:01°00'09,78"	E:102°06'25,84"
19	Desa Teluk Mesjid	N:01°32'21,25"	E:102°07'23,68"
20	Up Kanal S, Siak Kecil	N:01°06'37,31"	E:102°07'10,26"
21	Sungai Apil Siliau	N:01°07'31,29"	E:102°07'53,79"



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini merupakan data yang mendukung pada hasil simulasi pemodelan WASP yaitu data hidrologi seperti data debit sungai, kedalaman rata-rata, kecepatan sungai, dan lain-lain. Selain itu data klimatologi dan kualitas air juga sangat dibutuhkan pada penelitian ini seperti pH air, dan parameter-parameter kualitas air lainnya.

Debit Andalan

Data debit yang diperoleh adalah data debit harian selama 16 tahun terakhir dari hasil publikasi Instansi Balai Wilayah Sungai Sumatera III, Kementerian PU. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan debit andalan dengan metode *basic month* dimana rata-rata debit dari bulan Januari sampai bulan Desember setiap tahunnya diurutkan dari yang besar ke kecil dan melakukan perhitungan probabilitas 90% atas dasar tujuan peruntukan analisa sebagai fungsi air baku.

Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan metode AME (*absolute mean error*). Metode AME merupakan nilai penyimpangan antara nilai rata-rata simulasi terhadap aktual. Batas penyimpangan yang dapat diterima adalah kurang dari 10%. Persamaan AME adalah sebagai berikut:

$$AME = \frac{|\bar{S}-\bar{A}|}{\bar{A}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- \bar{S} = Nilai rata-rata simulasi
- \bar{A} = Nilai rata-rata actual
- N = Interval segmen

Simulasi Model Daya Tampung Beban Pencemaran

Setelah dilakukan validasi model hingga memenuhi persyaratan validasi menggunakan metode AME dengan nilai kurang dari (<) 10%, maka selanjutnya dilakukan simulasi terhadap debit andalan maksimum dan debit andalan minimum.

Hasil dan Pembahasan

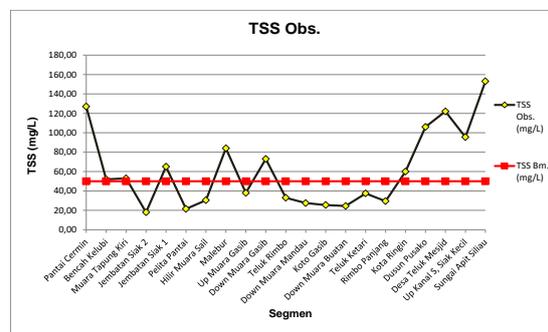
Dari hasil observasi di lapangan maka nilai COD tertinggi terdapat di muara sungai atau bagian hilir

sungai Siak yaitu segment Sungai Apit Siliau sebesar 81.75 mg/l, dengan rata-rata keseluruhan dari 21 segmen 39.58 mg/l.

Tabel 3. Nilai COD dari hasil observasi

No	Segment	COD Obs (mg/L)
1	Pantai Cermin	20.70
2	Bencah Kelubi	18.40
3	Muara Tapung Kiri	18.00
4	Jembatan Siak 2	22.08
5	Jembatan Siak 1	28.30
6	Pelita Pantai	23.52
7	Hilir Muara Sail	22.60
8	Malebur	23.90
9	Up Muara Gasib	38.00
10	Down Muara Gasib	37.50
11	Teluk Rimbo	45.50
12	Down Muara Mandau	47.00
13	Koto Gasib	49.70
14	Down Muara Buatan	53.80
15	Teluk Ketari	50.30
16	Rimbo Panjang	53.10
17	Kota Ringin	53.00
18	Dusun Pusako	51.40
19	Desa Teluk Masjid	47.28
20	Up Kanal S, Siak Kec	45.29
21	Sungai Apit Siliau	81.75
Jumlah		831.12
Rata-rata		39.58

Perbandingan nilai rata-rata COD terukur sepanjang sungai Siak pada 21 segmentasi dengan kriteria mutu air kelas II (25 mg/l) pada (Peraturan Pemerintah No. 82, 2001) menunjukkan bahwa kondisi eksisting sungai Siak dalam kondisi kelebihan kadar berdasarkan yang telah ditetapkan.



Gambar 2. Grafik nilai COD hasil observasi

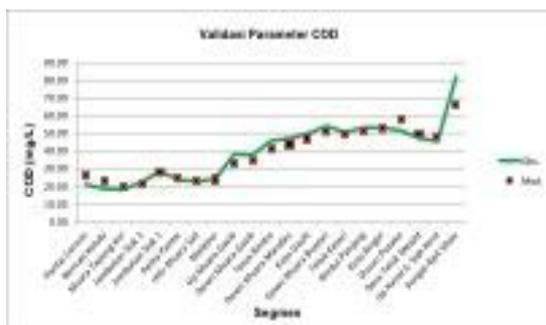
Tabel 4. mendeskripsikan bahwa nilai total daya tampung beban cemaran COD eksisting bernilai negatif, dengan rata-rata -1.504.853 kg/hari. Artinya sungai telah melebihi batas daya tampung beban pencemaran jika dikorelasikan dengan klasifikasi beban cemaran baku mutu kelas II.

Tabel 4. Daya Tampung Beban Pencemaran COD Sungai Siak

No	Segment	Beban Cemar COD (kg/hr)	Beban Cemar Diizinkan (kg/hr)	Daya Tampung COD (kg/hr)
1	Pantai Cermin	150.232	181.440	31.208
2	Bencah Kelubi	41.525	56.419	14.895
3	Muara Tapung Kiri	31.524	43.783	12.259
4	Jembatan Siak 2	298.919	338.450	39.531
5	Jembatan Siak 1	411.367	363.398	-47.969
6	Pelita Pantai	82.924	88.150	5.226
7	Hilir Muara Sail	105.208	116.381	11.173
8	Malebur	488.570	511.056	22.486
9	Up Muara Gasib	92.127	60.610	-31.517
10	Down Muara Gasib	81.538	54.389	-27.149
11	Teluk Rimbo	902.210	495.720	-406.490
12	Down Muara Mandau	988.642	525.874	-462.769
13	Koto Gasib	2.425.597	1.220.119	-1.205.478
14	Down Muara Buatan	3.782.803	1.757.808	-2.024.995
15	Teluk Ketari	2.892.818	1.437.782	-1.455.036
16	Rimbo Panjang	7.485.153	3.524.083	-3.961.070
17	Kota Ringin	4.611.850	2.175.401	-2.436.449
18	Dusun Pusako	5.501.062	2.675.614	2.825.448
19	Desa Teluk Mesjid	5.383.039	2.846.362	-2.536.677
20	Up Kanal S, Siak Kec	6.809.226	3.758.681	-3.050.545
21	Sungai Apil Siliau	16.230.527	4.963.464	-11.267.063
	Jumlah	58.796	27.194.983	-31.601.923
	Rata-rata	2.799.853	1.294.999	-1.504.853

Hasil Validasi Model

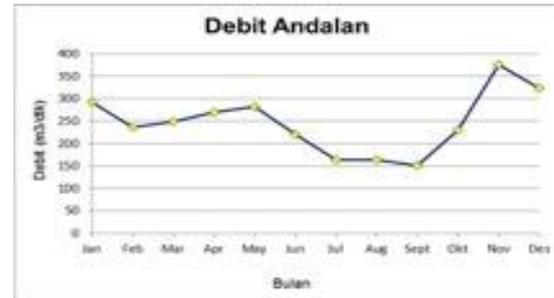
Menurut (Wiwoho, 2005), teknik untuk memeriksa konsistensi *output* model terhadap aktual dapat dilakukan dengan uji statistik. Hasil uji pendekatan program WASP dengan parameter COD terhadap nilai hasil observasi di lapangan menunjukkan trend yang signifikan atau mendekati. Hal ini diperkuat dengan hasil uji statistik AME (*absolute means error*) yang dapat dibuktikan bahwa hasil uji statistik dari parameter COD bernilai kurang dari 10% yaitu 2,18%



Gambar 3. Hasil validasi parameter COD

Debit Andalan

Data debit sungai Siak selama 16 tahun diolah menjadi data debit andalan dengan probabilitas 90%. Hasilnya nilai debit andalan maksimum terjadi pada bulan November sebesar 375 m³/detik dan debit andalan minimum terjadi pada bulan September sebesar 151 m³/detik. Selanjutnya debit andalan ini akan digunakan untuk simulasi daya tampung beban cemaran. Berikut ini merupakan grafik debit andalan sungai Siak setiap bulan dari tahun selama 16 tahun :



Gambar 4. Debit andalan sungai Siak

Simulasi Parameter COD Pada Saat Debit Andalan Maksimum dan Minimum

Simulasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) sungai Siak diasumsikan bahwa besaran debit sepanjang sungai Siak dari hulu ke hilir bernilai sama terhadap nilai debit andalan maksimum dan minimum. Kemudian kadar COD yang dihasilkan diasumsikan sudah termasuk dari sumber pencemar *point source* maupun *non point source* yang masuk ke induk sungai Siak.

Hasil simulasi rata-rata kadar COD pada saat debit andalan maksimum dari keseluruhan segmen terjadi penurunan jumlah kadar sebesar 15% jika dibandingkan dengan hasil simulasi pada saat debit andalan minimum. Kadar rata-rata COD pada saat disimulasikan dengan debit andalan maksimum senilai 39,03 mg/l, kemudian pada saat disimulasikan dengan debit andalan minimum senilai 38,88 mg/l. Hal ini memberikan informasi bahwa semakin kecil debit sungai maka kadar COD semakin menurun. Berikut ini merupakan tabel hasil simulasi kadar COD terhadap debit andalan maksimum dan minimum:

Tabel 5. Hasil simulasi nilai COD terhadap debit andalan maks. dan min.

No	Segment	COD Da Maks (mg/L)	COD Da Min (mg/L)
1	Pantai Cermin	25.91	25.59
2	Bencah Kelubi	22.91	22.79
3	Muara Tapung Kiri	20.37	20.25
4	Jembatan Siak 2	21.70	21.61
5	Jembatan Siak 1	27.53	27.42
6	Pelita Pantai	24.98	24.80
7	Hilir Muara Sail	23.61	23.52
8	Malebur	23.74	23.76
9	Up Muara Gasib	33.13	33.07
10	Down Muara Gasib	34.91	34.70
11	Teluk Rimbo	41.09	40.94
12	Down Muara Mandau	43.96	43.75
13	Koto Gasib	47.34	47.29
14	Down Muara Buatan	50.91	50.29
15	Teluk Ketari	50.06	49.80
16	Rimbo Panjang	51.77	51.58
17	Kota Ringin	52.60	52.52
18	Dusun Pusako	57.29	58.05
19	Desa Teluk Mesjid	49.76	49.20
20	Up Kanal S, Siak Kec	48.58	48.35
21	Sungai Apil Siliau	67.49	66.92
	Jumlah	819.59	816.49
	Rata-rata	39.03	38.88

Simulasi Daya Tampung Beban Pencemaran COD Pada Saat Debit Andalan Maksimum dan Minimum

Hasil simulasi daya tampung beban cemaran COD pada debit andalan maksimum ($375 \text{ m}^3/\text{detik}$) menunjukkan bahwa segmen Bencah Kelubi, Muara Tapung Kiri, Jembatan Siak II, Pelita Pantai, Hilir Muara Sail, Melebur beban cemarannya memenuhi klasifikasi beban cemaran baku mutu kelas II. Terdapat 6 segmen yang menghasilkan beban cemaran sesuai klasifikasi atau kriteria, tetapi secara keseluruhan besar rata-rata Daya tampung beban pencemaran COD sungai Siak bernilai negatif, artinya DTBP melebihi dari baku mutu yang telah ditetapkan. Rata-rata daya tampung beban pencemaran COD secara keseluruhan yaitu -454.516 kg/hari . Hal ini dapat disimpulkan bahwa analisa daya tampung beban pencemaran COD sungai Siak secara keseluruhan tercemar dan perlu dilakukan upaya reduksi beban cemaran. Berikut ini gambar grafik dan tabel hasil simulasi DTBP sungai Siak pada saat debit andalan maksimum



Gambar 5. Hasil simulasi DTBP COD pada saat debit andalan maksimum

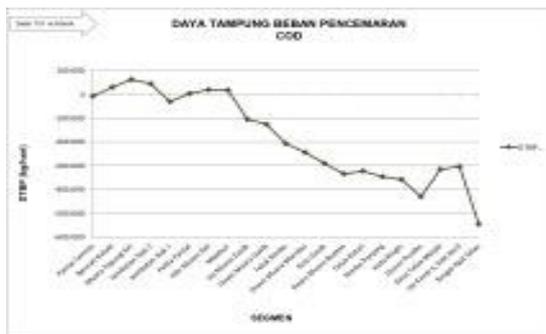
Tabel 6. DTBP COD pada saat debit andalan maksimum

No	Segment	Beban Cemaran COD (kg/hr)	Beban Cemaran Baku Mutu Kelas II (kg/hr)	DTBP COD (kg/hr)
1	Pantai Cermin	839.484	810.000	-29.484
2	Bencah Kelubi	742.122	810.000	67.878
3	Muara Tapung Kiri	659.826	810.000	150.174
4	Jembatan Siak 2	702.918	810.000	107.082
5	Jembatan Siak 1	891.810	810.000	-81.810
6	Pelita Pantai	809.190	810.000	810
7	Hilir Muara Sail	765.094	810.000	44.906
8	Malebur	769.014	810.000	40.986
9	Up Muara Gasib	1.073.412	810.000	-263.412
10	Down Muara Gasib	1.130.922	810.000	-320.922
11	Teluk Rimbo	1.331.316	810.000	-521.316
12	Down Muara Mandau	1.424.304	810.000	-614.304
13	Koto Gasib	1.533.816	810.000	-723.816
14	Down Muara Buatan	1.649.484	810.000	-839.484
15	Teluk Ketari	1.621.782	810.000	-811.782
16	Rimbo Panjang	1.677.186	810.000	-867.186
17	Kota Ringin	1.704.240	810.000	-894.240
18	Dusun Pusako	1.856.034	810.000	-1.046.034
19	Desa Teluk Mesjid	1.612.224	810.000	-802.224
20	Up Kanal S, Siak Kecil	1.573.992	810.000	-763.992
21	Sungai Apil Siliau	2.186.676	810.000	-1.376.676
	Jumlah	26.554.846	17.010.000	-9.544.846
	Rata-rata	1.264.516	810.000	-454.516

Hasil simulasi pada debit andalan minimum ($151 \text{ m}^3/\text{detik}$), rata-rata daya tampung beban pencemarannya sebesar -181.087 kg/hari . Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin kecil debit sungai maka rata-rata daya tampung beban pencemaran COD semakin berkurang. Berikut ini gambar grafik dan tabel hasil simulasi DTBP sungai Siak pada saat debit andalan minimum:..

Tabel 7. DTBP COD pada saat debit andalan minimum

No	Segment	Beban Cemar COD (kg/hr)	Beban Cemar Baku Mutu Kelas II (kg/hr)	DTBP COD (kg/hr)
1	Pantai Cermin	333.857	326.160	-7.697
2	Bencah Kelubi	297.262	326.160	28.898
3	Muara Tapung Kiri	264.190	326.160	61.970
4	Jembatan Siak 2	281.933	326.160	44.227
5	Jembatan Siak 1	357.667	326.160	-31.507
6	Pelita Pantai	323.551	326.160	2.609
7	Hilir Muara Sail	306.786	326.160	19.374
8	Malebur	308.743	326.160	17.417
9	Up Muara Gasib	431.444	326.160	-105.284
10	Down Muara Gasib	452.710	326.160	-126.550
11	Teluk Rimbo	534.120	326.160	-207.960
12	Down Muara Mandau	570.780	326.160	-244.620
13	Koto Gasib	616.899	326.160	-290.739
14	Down Muara Buatan	661.583	326.160	-335.423
15	Teluk Ketari	649.711	326.160	-323.551
16	Rimbo Panjang	672.868	326.160	-346.708
17	Kota Ringin	685.132	326.160	-358.972
18	Dusun Pusako	757.344	326.160	-431.184
19	Desa Teluk Mesjid	641.818	326.160	-315.658
20	Up Kanal S. Siak Kecil	630.728	326.160	-304.568
21	Sungai Apil Siliau	873.065	326.160	-546.905
Jumlah		10.652.190	6.849.360	-3.802.830
Rata-rata		507.247	326.160	-181.087



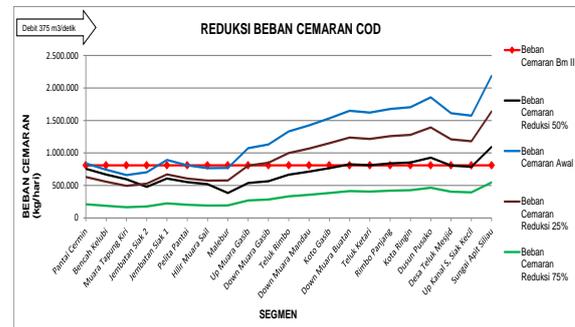
Gambar 6. Hasil simulasi DTBP COD pada saat debit andalan minimum

Simulasi DTBP COD Pada Saat Debit Andalan Maksimum dan Minimum Setelah Beban Cemar di Reduksi

Analisa perhitungan daya tampung beban pencemaran COD pada saat debit andalan maksimum dan debit andalan minimum terdapat 06 segmen yang memenuhi kriteria beban cemar baku mutu kelas II tanpa dilakukan reduksi. Tetapi yang menjadi point inti yaitu besaran nilai dari rata-rata keseluruhan daya tampung beban pencemaran COD sungai Siak. Jika berjumlah negatif maka sungai tersebut dalam keadaan tercemar. Sebaliknya jika bernilai positif maka kemampuan sungai untuk menerima beban pencemaran masih dapat diizinkan sebanyak nilai tersebut. Pada simulasi ini dilakukan skenario reduksi beban

cemaran sebesar 25%, 50% dan 75% pada saat debit andalan maksimum dan debit andalan minimum yang menghasilkan besaran nilai rata-rata yang baik

1. Simulasi pada saat debit andalan maksimum.



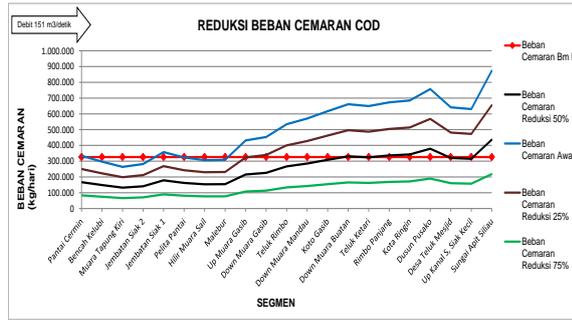
Gambar 7. Hasil simulasi beban cemar COD setelah direduksi 25%, 50% dan 75% pada saat debit andalan maksimum

Berdasarkan hasil simulasi setelah direduksi beban cemar COD sebesar 25%, 50% dan 75% pada saat debit andalan maksimum (gambar 7), maka dapat diambil kesimpulan bahwa reduksi 50% menjadi pilihan dengan dasar pertimbangan bahwa nilai beban cemar setelah direduksi memenuhi kriteria baku mutu kelas II dan nilai rata-rata daya tampung beban pencemaran COD ketika beban cemar direduksi 50%, kemampuan sungai untuk menerima beban cemar sebesar +177.742 kg/hari (tabel 8).

Tabel 8. DTBP COD setelah beban cemar direduksi 50% pada saat debit andalan maksimum

No	Segment	Reduksi Beban Cemar COD (50%) (kg/hr)	Beban Cemar Baku Mutu Kelas II (kg/hr)	DTBP Reduksi (50%) (kg/hr)
1	Pantai Cermin	419.742	810.000	390.258
2	Bencah Kelubi	371.061	810.000	438.939
3	Muara Tapung Kiri	329.913	810.000	480.087
4	Jembatan Siak 2	351.459	810.000	454.541
5	Jembatan Siak 1	445.905	810.000	364.095
6	Pelita Pantai	404.595	810.000	405.405
7	Hilir Muara Sail	382.547	810.000	427.453
8	Malebur	384.507	810.000	425.493
9	Up Muara Gasib	536.706	810.000	273.294
10	Down Muara Gasib	565.461	810.000	244.539
11	Teluk Rimbo	665.658	810.000	144.342
12	Down Muara Mandau	712.152	810.000	97.848
13	Koto Gasib	766.908	810.000	43.092
14	Down Muara Buatan	824.742	810.000	-14.742
15	Teluk Ketari	810.891	810.000	-891
16	Rimbo Panjang	838.593	810.000	-28.593
17	Kota Ringin	852.120	810.000	-42.120
18	Dusun Pusako	928.017	810.000	-118.017
19	Desa Teluk Mesjid	806.112	810.000	3.888
20	Up Kanal S. Siak Kecil	786.996	810.000	23.004
21	Sungai Apil Siliau	1.093.338	810.000	-283.338
Jumlah		13.277.423	17.010.000	3.732.577
Rata-rata		632.258	810.000	177.742

2. Simulasi pada saat debit andalan minimum.



Gambar 8. Hasil simulasi beban cemaran COD setelah direduksi 25%, 50% dan 75% pada saat debit andalan minimum

Berdasarkan hasil simulasi setelah direduksi beban cemaran COD sebesar 25%, 50% dan 75% pada saat debit andalan minimum (gambar 8), maka dapat diambil kesimpulan bahwa reduksi 50% menjadi pilihan dengan dasar pertimbangan bahwa nilai beban cemaran setelah direduksi memenuhi kriteria baku mutu kelas II dan nilai rata-rata daya tampung beban pencemaran COD ketika beban cemaran direduksi 50%, kemampuan sungai untuk menerima beban cemaran sebesar +72.536 kg/hari (tabel 9).

Tabel 9. DTBP COD setelah beban cemaran direduksi 50% pada saat debit andalan minimum

No	Segment	Reduksi Beban Cemaran COD (50%) (kg/hr)	Beban Cemaran Baku Mutu Kelas II (kg/hr)	DTBP Reduksi (50%) (kg/hr)
1	Pantai Cermin	166.929	326.160	159.231
2	Bencah Kelubi	148.631	326.160	177.529
3	Muara Tapung Kiri	132.095	326.160	194.065
4	Jembatan Siak 2	140.966	326.160	185.194
5	Jembatan Siak 1	178.834	326.160	147.326
6	Pelita Pantai	161.775	326.160	164.385
7	Hilir Muara Sail	153.393	326.160	172.767
8	Malebur	154.372	326.160	171.788
9	Up Muara Gasib	215.722	326.160	110.438
10	Down Muara Gasib	226.355	326.160	99.805
11	Teluk Rimbo	267.060	326.160	59.100
12	Down Muara Mandau	285.390	326.160	40.770
13	Koto Gasib	308.450	326.160	17.710
14	Down Muara Buatan	330.791	326.160	-4.631
15	Teluk Ketari	324.566	326.160	1.305
16	Rimbo Panjang	336.434	326.160	-10.274
17	Kota Ringin	342.556	326.160	-16.406
18	Dusun Pusako	378.672	326.160	-52.512
19	Desa Teluk Mesjid	320.909	326.160	5.251
20	Up Kanal S, Siak Kecil	315.364	326.160	10.796
21	Sungai Apil Siliau	436.533	326.160	-110.373
	Jumlah	5.326.095	6.849.360	1.523.265
	Rata-rata	253.624	326.160	72.536

Kesimpulan

Kesimpulan menggambarkan jawaban dari Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan:

1. Simulasi yang dilakukan tanpa mereduksi beban pencemaran COD memberikan hasil yang melebihi batas baku mutu kelas II. Pada saat debit andalan maksimum besaran rata-rata daya tampung beban pencemaran COD sungai Siak bernilai -454.516 kg/hari. Kemudian pada saat debit andalan minimum masing-masing bernilai sebesar -181.087 kg/hari.
2. Hasil simulasi yang dilakukan dengan mereduksi beban cemaran parameter COD memiliki persentase yang sama terhadap simulasi debit andalan maksimum maupun debit andalan minimum. Besar persentase reduksi beban cemaran COD pada saat debit andalan maksimum dan debit andalan minimum adalah 50%.
3. Kesanggupan sungai menerima rata-rata beban cemaran COD setelah direduksi pada saat debit andalan maksimum sebesar +177.742 kg/hari. Pada saat debit andalan minimum sebesar +72.536 kg/hari.

Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah:

1. Diperlukan data yang lebih lengkap dan signifikan terhadap hasil running dari program WASP ini, contoh data senyawa kimia seperti NH₄ dan lain-lain yang dapat melengkapi hasil dari pemodelan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh pola aliran sungai atau pasang surut yang mempengaruhi nilai parameter COD.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan kebijakan strategi pengendalian pencemaran, misalnya dengan menggunakan metode AHP dan pembahasan tentang biaya pengendalian pencemaran.

Daftar Pustaka

Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.

Peraturan Pemerintah No. 82. (2001). *Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*.

Sudiana, N. dan Soewandhita, H. (2007). *Pola Konservasi Sumber Daya Air DAS Siak. Jurnal Alami, 12, 1.*

Wiwoho. (2005). *Model Identifikasi Daya Tampung Beban Cemaran Sungai dengan Qual2E*. Universitas Diponegoro, Semarang.

Wool, T. a, Ambrose, R. B., Martin, J. L., & Comer, E. A. (2006). Water Quality Analysis Simulation Program (WASP) version 6.0 manual. *DRAFT: user's manual*.