

**KAJIAN BEBAN PENCEMARAN HARIAN DI SUNGAI CITARUM
MENGUNAKAN PEMODELAN QUAL2K STUDI KASUS:
SUNGAI CITARUM SEGMENT KOTA KARAWANG**

**STUDY OF LOAD CAPACITY OF CITARUM RIVER USING
QUAL2K CASE STUDY: CITARUM RIVER SEGMENT
KARAWANG**

^{1*}Adi Mustika dan ²Asep Sofyan

^{1,2} Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

e-mail: ^{*}1adimust@gmail.com, ²asepsofyan@gmail.com

Abstrak: Sungai Citarum merupakan sungai terpanjang dan terbesar di Jawa Barat. Potensi pemanfaatan Sungai Citarum cukup besar meliputi antara lain: sumber air baku air PDAM, air baku industri, pertanian, perikanan, PLTA, dan sarana rekreasi. Hasil pemantauan kualitas air menunjukkan bahwa sampai saat ini kondisi kualitas air Sungai Citarum belum dapat memenuhi baku mutu air yang telah ditetapkan di sepanjang tahun, terutama pada musim kemarau (SK. Gubernur Jabar No. 39/2000). Berdasarkan hasil penelitian Pusat Litbang Sumber Daya Air (PUSAIR) dan Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Prov. Jawa Barat Th. 2011, terjadinya penurunan kualitas air tersebut disebabkan oleh peningkatan beban pencemaran dari berbagai sumber pencemar yang berasal dari populasi penduduk, perkembangan industri, ekstensifikasi dan intensifikasi lahan pertanian, pengembangan perikanan, dan populasi ternak. Studi ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air serta menghitung beban pencemar di Sungai Citarum Segmen Kota Karawang. Sebanyak 6 sampel dikumpulkan dari 6 titik pengamatan, yang selanjutnya dianalisis di Laboratorium Perum Jasa Tirta II. Metode pendekatan yang digunakan adalah dengan simulasi pemodelan QUAL2K serta perhitungan beban pencemaran harian maksimum. Berdasar hasil studi, diketahui bahwa kandungan pencemar BOD melebihi Baku Mutu Air Kelas II PP No.82/2001. Dari hasil pemodelan QUAL2K dapat diketahui sebaran pencemar di setiap ruas. Hasil perhitungan beban pencemaran harian maksimum pencemar BOD pada kondisi eksisting adalah 4416,6 kg/hari, pada kondisi debit minimum adalah 545,3 kg/hari, dan pada kondisi debit maksimum adalah 3867,7 kg/hari.

Kata kunci: beban pencemaran, BOD, kualitas air, model Qual2K, pengelolaan sungai.

Abstract : Citarum River is the longest and largest river in West Java. The potential use of Citarum river large enough, including the following: raw water source of PDAM, raw water industry, agriculture, fisheries, hydropower, and recreation facilities. The results of water quality monitoring to the current condition of Citarum River showed that the water quality can not meet the water quality standard that has been set in throughout the year, especially during the dry season (SK, West Java Governor No. 39/2000). Based on the research and Development Centre for Water Resources (Pusair) and the Environmental Management Agency (BPLHD) Province of West Java (2011), the decline in water quality caused by increasing of pollution load from various sources of pollution that comes from the population, industrial, agriculture, fisheries and livestock. This study was conducted to determine the water quality and load capacity pollutant in the Citarum River Segment Karawang. A total of 6 (six) samples were collected from 6 (six) observation point, which is then analyzed in the laboratory of PJT II. The method used in this study is QUAL2K modeling simulation and calculation of the maximum daily load. Based on the

study results, it is known that the pollutant (BOD) exceeds the Quality Standard (PP No.82 / 2001, Class II). Based on QUAL2K modeling, it can be seen that the pollutant sources were not evenly distributed in every segment from the 1st until the 5th segment. The maximum daily load of pollutants BOD on the existing condition was 4416.6 kg / day, on the minimum discharge conditions was 545.3 kg / day, and on the maximum discharge conditions was 3867.7 kg / day.

Key words: BOD, load capacity of pollutant, model *Qual2K*, river management, water quality.

PENDAHULUAN

Sungai Citarum mengalir dari hulu yang berada di daerah Gunung Wayang, di sebelah Selatan Kota Bandung, menuju ke Utara dan bermuara di Laut Jawa. Dengan panjang sekitar 297 km, Citarum merupakan sungai terpanjang dan terbesar di Provinsi Jawa Barat. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu 6.614 km². Populasi yang dilayani sebesar 25 Juta (15 Juta Jawa Barat, 10 Juta DKI). Populasi Penduduk di sepanjang sungai 15.303.758 (50% Urban) (BBWS, 2012). Potensi pemanfaatan Ssungai Citarum berikut 3 (tiga) waduk besar di dalamnya yaitu waduk Saguling, Cirata, dan Jatiluhur, meliputi antara lain : sumber air baku PDAM (25 m³/det), air baku industri (240.000 Ha), peternakan, perikanan (36.325 unit Jala Terapung), PLTA (1.387,5 MW) penggelontoran dan sarana rekreasi (Bukit, N.T., dan Yusuf, I.A., 2002).

Sungai Citarum telah mengalami polusi parah akibat air limbah. Ada telaah menunjukkan bahwa hanya 1,4% dari sampel yang diperiksa (2001) dari 146 titik sampling di Citarum Hulu memenuhi standar kualitas air baku (SK. Gub. 39/2000). Demikian pula, penelitian sebelumnya juga menunjukkan kualitas di sebagian besar lokasi penelitian selama musim kemarau telah melampaui baku mutu (Suharyanto dan J.Matsushita, 2011).

Terjadinya penurunan kualitas air tersebut yang disebabkan oleh peningkatan beban pencemaran dari berbagai sumber pencemar yang berasal dari populasi penduduk, perkembangan industri, ekstensifikasi dan intensifikasi lahan pertanian, pengembangan perikanan, populasi ternak serta eksplorasi bahan tambang /galian C (Bukit dan Yusuf, 2002).

Sumber pencemar potensial di Sungai Citarum adalah: domestik, pertanian, jasa dan industri. Permasalahan limbah Sungai Citarum sudah dimulai dari daerah hulu. Menurut Studi yang dilakukan di hulu DAS Citarum menggunakan data historikal tahun 2002 s.d. 2010, hasil penelitian tersebut menunjukkan telah terjadi diferensiasi polutan dari sumber domestik saja menjadi domestik dan non domestik setelah tahun 2005 (Marganingrum, D. dkk., 2013).

Status mutu sungai Citarum (2012) di bagian hulu sampai waduk Jatiluhur tercemar berat (Juni-Oktober), sedangkan di bagian hilir pada periode yang sama tercemar ringan di outlet Jatiluhur sampai tercemar berat sesudah bendung Walahar (BPLHD Jawa Barat, 2012).

Model kualitas air dapat menjadi alat yang berguna untuk mensimulasikan dan memprediksi tingkat, distribusi, dan risiko dari polutan kimia dalam badan air. Ada berbagai macam model kualitas air yang tersedia, tetapi ada banyak keuntungan menggunakan QUAL2K untuk pemodelan. QUAL2K adalah *open source*, yang hemat biaya, tetapi keuntungan utama adalah bahwa model ini dikemas sebagai *Excel Workbook* yang membuat model menjadi sederhana dan cepat karena tidak ada software khusus yang perlu dibeli dan tidak ada instalasi yang diperlukan (Wang, dkk., 2013).

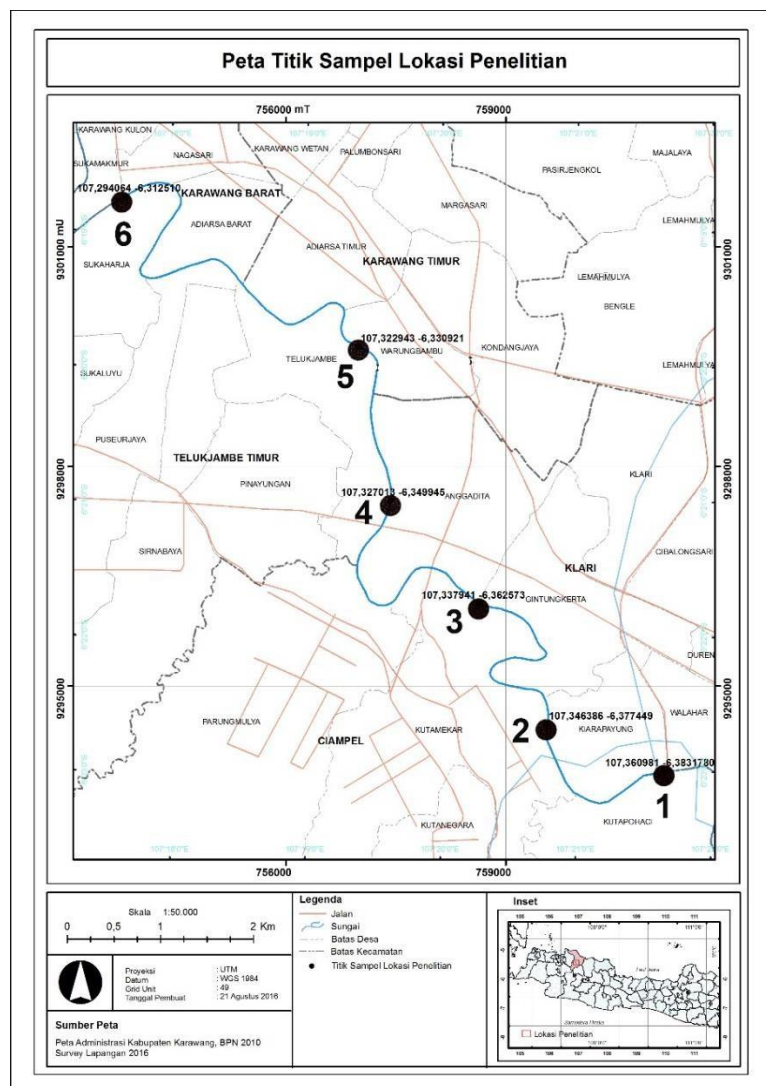
Penelitian ini bertujuan mengetahui beban pencemaran harian dengan simulasi pemodelan QUAL2K. Lokasi penelitian ini adalah Sungai Citarum hilir pada segmen kota Karawang, Jawa Barat.

METODOLOGI

Pemilihan sungai Citarum Hilir segmen Kota Karawang sebagai obyek penelitian didasarkan pada: a). Permasalahan pencemaran Sungai Citarum Hilir telah menjadi isu nasional. b). Aktivitas industri di area tersebut terus meningkat disertai peningkatan beban pencemaran akibat limbah industri yang dihasilkan.

Data primer yang dikumpulkan adalah hasil analisis parameter fisik dan kimia yang diukur di lapangan maupun analisis di laboratorium. Data sekunder yang dikumpulkan meliputi: a). Peta dasar sebagai rujukan pemetaan lokasi sumber pencemar baik *point sources* maupun *non-point sources*. b). Topografi, hidrologi, klimatologi, dan pemanfaatan lahan, untuk mengetahui penggunaan lahan dan sumber pencemar. c). Data demografi. d). Lokasi dan jenis kegiatan, untuk memetakan distribusi kegiatan yang menghasilkan pencemaran (industri, domestik, pertanian dan peternakan).

Pendekatan penelitian ini adalah kuantitatif. Perhitungan estimasi beban pencemaran menggunakan metode Streeter Phelps (Program QUAL2Kw), data kualitas air sungai, data demografi (BPS), data hidrologi sungai dan data meteorologi. Penelitian ini dilakukan di sungai Citarum segmen kota Karawang, mulai dari Bendung Walahar – Telukjambe Timur (Jl. Galuh Mas) dan dibagi menjadi 5 ruas dengan 6 titik pengukuran.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan dengan *grab sample* dengan jumlah 6 (enam) titik sampling sehingga seluruhnya berjumlah 6 (enam) sampel. Sampel diambil pada satu titik di

tengah sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan. Selanjutnya sampel dianalisis di laboratorium PJT II.

Pemodelan Qual2K

QUAL2Kw dapat digunakan untuk membuat estimasi beban pencemaran pada tiap ruas sungai. Pemodelan ini terlebih dahulu dilakukan pembagian ruas (*reach*), jarak dan batas sungai. Lokasi penelitian dan pembagian ruas dapat dilihat pada Gambar 1. Sungai Citarum di lokasi kajian dibagi menjadi 5 ruas (*reach*) dengan 6 titik sampling seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian ruas sungai Citarum di lokasi kajian

No. Ruas	Dari (km)	Ke (km)
1	0	2,5
2	2,5	5,8
3	5,8	9,23
4	9,24	11,54
5	11,54	17,54

Dalam penelitian ini, aliran sungai Citarum yang akan dihitung beban pencemarannya adalah mulai dari Bendung Walahar yang diasumsikan sebagai hulu, sampai dengan Telukjambe Timur (Jl. Galuh Mas) sebagai hilir. Kemudian diidentifikasi sumber pencemar *point source* dan *non point source* yang berpotensi memasukkan beban di tiap ruas sungai.

Sumber pencemaran *point source* adalah sumber titik yang menunjukkan buangan limbah yang ditimbulkan oleh sumber spesifik. Dalam penelitian ini sumber *point source* adalah dari kegiatan industri. Data industri yang membuang limbah ke sungai Citarum di lokasi kajian diperoleh dari BPLHD Kabupaten Karawang dan Kemen LH. Sumber pencemar *non point source* adalah dari kegiatan domestik, pertanian, dan peternakan. Data demografi untuk menghitung potensi beban pencemaran dari sumber *non point source* diperoleh dari BPS Kabupaten Karawang. Dalam pemodelan menggunakan QUAL2Kw dimasukkan pula data kualitas air Sungai. Parameter kualitas air yang diinput ke dalam *worksheet* meliputi temperatur, pH, BOD, dan DO.

Model QUAL2Kw mengaplikasikan proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) oleh aktivitas bakteri dalam mendegradasi bahan organik yang ada dalam air dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi), (Chapra, 1997). Model ini menyesuaikan kedalaman dan kecepatan aliran sungai menggunakan persamaan O'Connor-Dobbins.

Reaeration Coefficient (K₂):

$$3,93 U^{0,5} / W^{1,5} \dots\dots\dots(1)$$

dimana

H = ketinggian air (m);

U* = Kecepatan rata-rata (m/dtk), dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$U^* = \sqrt{gHS} \dots\dots\dots(2)$$

Debit aliran (Q) dipertoleh dengan mengalikan kecepatan aliran (V) dengan luas penampang melintang (A):

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

Q = debit (m³/dt);

A = luas penampang basah (m²);

V = kecepatan aliran (m/dt).

Kecepatan aliran (V) yang diperoleh biasanya bukan kecepatan aliran rata-rata, tetapi kecepatan aliran maksimum dalam sungai, maka untuk mendapatkan kecepatan yang mendekati keadaan

sesungguhnya, kecepatan dikalikan dengan angka tetapan (konstanta), yaitu 0,75 untuk keadaan dasar sungai yang kasar atau 0,85 untuk keadaan dasar sungai yang lebih halus. Persamaan Manning (Asdak, 2004) untuk memperoleh angka kecepatan pada saluran terbuka adalah sebagai berikut:

$$V = 1/n \cdot r^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- V = kecepatan aliran (m/dt),
- r = jari-jari hidrolik (m);
- s = kemiringan permukaan air,
- n = koefisien kekasaran Manning.

Beban Pencemaran

Beban pencemaran atau load (L) adalah konsentrasi bahan pencemar (C) dikalikan debit air (Q) yang mengandung bahan pencemar.

$$L = C \cdot Q \dots\dots\dots(5)$$

Menurut KEPMENLH No.110 Tahun 2003, tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air, perhitungan BOD adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot Q_i}{\sum Q_i} = \frac{\sum M_i}{\sum Q_i} \dots\dots\dots(6)$$

Dengan

- CR = konsentrasi rata-rata konstituen untuk aliran gabung;
- Ci = konsentrasi konstituen pada aliran ke-i;
- Qi = laju alir aliran ke-i;
- Mi = massa konstituen pada aliran ke-i.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi awal daerah sekitar lokasi kajian banyak dipengaruhi oleh aktivitas domestik dan industri. Secara teori sungai mempunyai kemampuan untuk memperbaiki dirinya sendiri (*self purification*). Namun karena tingginya aktivitas industri dan populasi penduduk menyebabkan proses *self purification* tidak berjalan optimal. Hasil analisis pengukuran lapangan dan pengujian di laboratorium PJT II dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter kualitas air

	Suhu	Zat Padat Terlarut (TDS)	Kekeruhan	pH	DO	BOD5
	°C	mg/l	Skala NTU		mg/l	mg/l
BM Kelas II (PP No.82/2001)	Normal	1000	-	6 - 9	4	3
Stasiun 1	33	235	52	7	6.0	3.0
Stasiun 2	33	195	39	7	5.0	3.0
Stasiun 3	33	110	48	7.1	5.0	4.0
Stasiun 4	33	578	106	7.8	4.0	9.0
Stasiun 5	33	200	79	7.1	4.0	6.4
Stasiun 6	32	205	157	7.1	4.0	4.0

Secara garis besar dapat diamati dari Tabel 2 bahwa parameter BOD di stasiun 3 sampai 6 melebihi baku mutu. Kondisi ini didukung dengan terkonsentrasinya kawasan industri di sekitar stasiun 3, 4, dan 5.

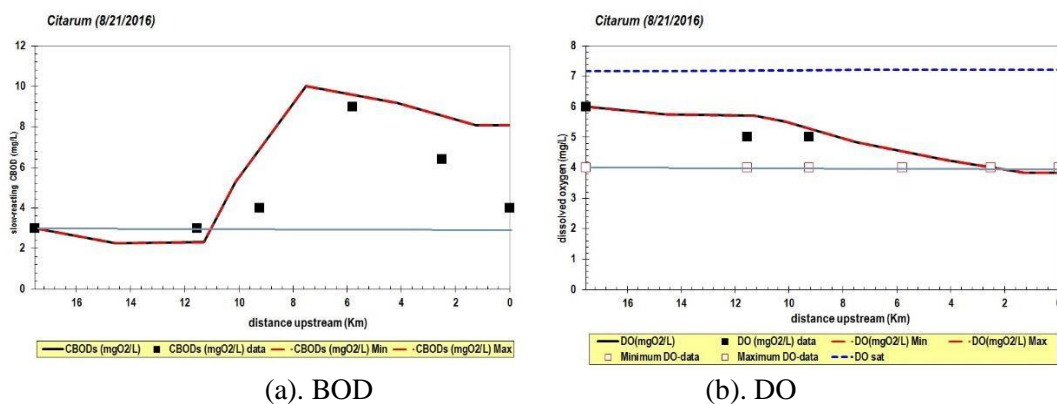
Model

Setelah data point source dan nonpoint source selesai diisikan kemudian QUAL2Kw dijalankan (running). Hasil (output) perhitungan ditampilkan dalam lembar kerja (worksheet) WQOutput, dan grafik ditampilkan dalam output terpisah.

Kalibrasi

Kalibrasi data hidrolik digunakan untuk pembentukan model data hidrolik berupa debit, kecepatan aliran dan kedalaman. Selanjutnya kalibrasi kualitas air, kalibrasi ini ditentukan oleh koefisien dari masing-masing parameter dengan cara *trial and error* pada lembar kerja *reach rates*. Selanjutnya *running* model.

Hasil *running* tersebut adalah kualitas air sungai berdasarkan pendekatan model untuk parameter BOD. Profil BOD dan DO dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Permodelan ini untuk mensimulasikan kadar BOD mulai dari ruas ke-1 hingga ruas ke-5, sehingga dapat diketahui beban pencemaran di tiap ruas.



Gambar 2. (a) Profil BOD dan (b) DO pada kondisi eksisting

Gambar 2.(a) mendeskripsikan profil BOD di lokasi kajian, peningkatan BOD terjadi di ruas ke-2 dan ruas ke-3, serta menurun lagi di ruas ke 4 dan 5. Berdasarkan BM Kelas II PP 82/2001 konsentrasi BOD di perairan maksimal adalah 3 mg/l, maka dapat diketahui bahwa hanya ruas ke-1 yang memenuhi baku mutu.

Gambar 2.(b) menunjukkan profil oksigen terlarut (DO) dimana terjadi penurunan konsentrasi oksigen mulai ruas ke-1 sampai 5. Konsentrasi DO saturasi menunjukkan korelasi DO dengan temperatur. Konsentrasi DO di perairan berpengaruh terhadap beban pencemar. Jika angka DO tinggi akan dapat mendukung proses *self purification*. Keberadaan oksigen terlarut diperlukan oleh bakteri di perairan untuk melakukan proses dekomposisi bahan organik. Peningkatan BOD terjadi seiring dengan penurunan DO. Berdasarkan baku mutu kelas II (PP No.82/2001) yang mempersyaratkan konsentrasi DO minimal 4 mg/l, terlihat bahwa konsentrasi DO di semua ruas memenuhi baku mutu.

Tabel 3. Klasifikasi peruntukan air menurut PP 82/2001

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9
BOD	mg/l	2	3	6	12
DO	mg/l	6	4	3	0

Estimasi Beban Pencemaran

Estimasi beban pencemaran harian dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$BP = \text{Debit (L/detik)} \times \text{Konsentrasi (mg/L)}$$

$$= (\text{Beban Pencemaran (mg/detik)} \times 86400) : 1000.000$$

Berikut adalah contoh perhitungan beban pencemaran (pada ruas ke-5):

Debit = 0,2894 m³/detik = 289,4 l/detik
 Konsentrasi BOD = 47 mg/l
 Beban Pencemar BOD = Debit x Konsentrasi
 = 289,4 l/detik x 47 mg/l
 = 13601,8 mg/detik = 1175 kg/hari

Hasil perhitungan beban pencemaran pada setiap ruas dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Estimasi beban pencemaran

Ruas	BOD (kg/hari)				Total
	Industri	Domestik	Pertanian	Peternakan	
1	0	129,33	0,65	0,46	130,44
2	8216,34	84,69	0,13	2,76	8303,92
3	3232,51	182,91	5,98	2,61	3424,01
4	4835,72	192,53	10,24	1,82	5040,31
5	1175	835,92	124,78	38,38	2174,08
	17459,57	1425,38	141,78	46,03	19072,76

Berdasarkan tabel 4 di atas dapat diketahui beban pencemaran terendah sebesar 130,44 kg/hari pada ruas ke-1, dan tertinggi 8303,92 Kg/hari pada ruas ke-2. Total keseluruhan beban pencemaran BOD dari kelima ruas adalah 19072,76 kg/hari.

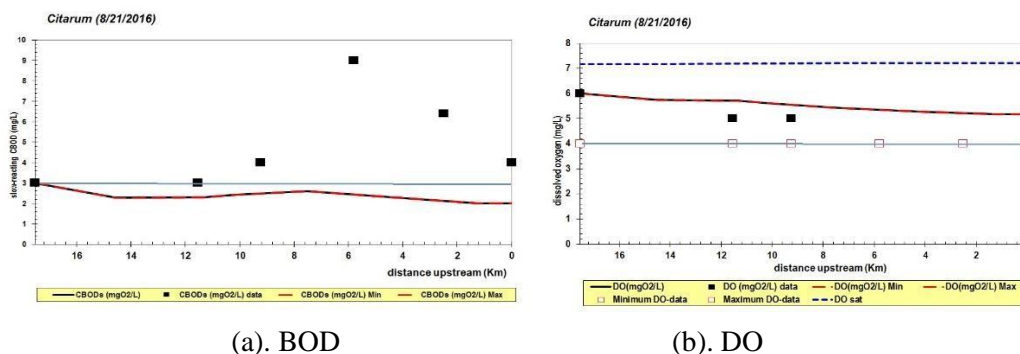
Pengurangan beban pencemaran

Menurut hasil perhitungan beban pencemaran dan kondisi eksisting dapat diketahui kondisi kualitas air sungai pada ruas ke-3, ruas ke-4 dan ruas ke-5 melebihi baku mutu.

Agar ruas 3, 4, dan 5 dapat memenuhi baku mutu maka perlu dilakukan pengurangan beban pencemaran. Selanjutnya dilakukan simulasi Qual2K dengan pengurangan beban pencemaran BOD pada sumber secara trial and error, hingga diperoleh grafik dimana beban pencemaran BOD pada semua ruas memenuhi baku mutu, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Perhitungan Beban Pencemaran Harian Maksimum

Hasil perhitungan beban pencemaran harian maksimum didasarkan pada simulasi Qual2K, dimana pengurangan beban pencemaran BOD dilakukan di ruas 2- 4, dapat dilihat pada Tabel 5. Dari hasil simulasi tersebut dapat dicapai kondisi perairan yang memenuhi baku mutu kelas II di semua ruas pada lokasi kajian.



Gambar 3. Grafik (a) BOD dan (b) DO dibandingkan baku mutu, setelah dilakukan pengurangan beban pencemaran

Dalam perhitungan beban pencemaran harian maksimum (Tabel 5), pada simulasi ini tidak dilakukan pengurangan beban pencemaran *non point source*, yang dikurangi adalah beban pencemaran *point source*.

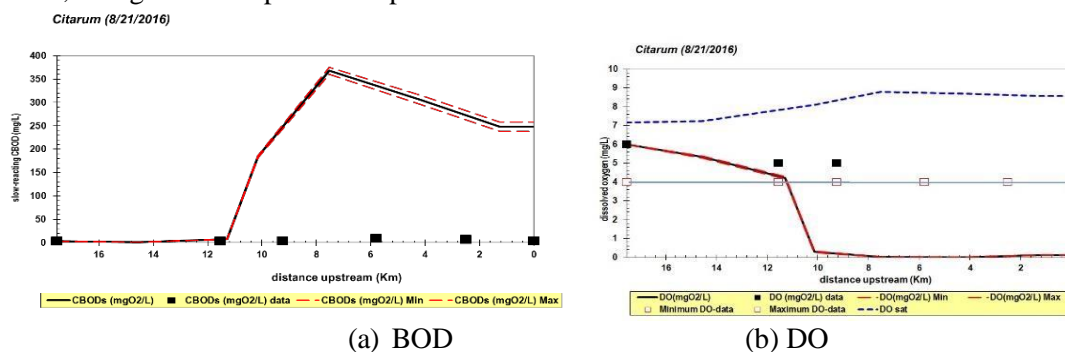
Tabel 5. Perhitungan beban pencemaran harian maksimum

Ruas	Kategori	BOD		
		Estimasi (kg/hari)	Reduksi (%)	
1	Non Point Sources	130.4	-	130.4
2		87.6	-	87.6
3		191.5	-	191.5
4		204.6	-	204.6
5		999.1	-	999.1
	subtotal	1,613.2		1,613.2
1	Point Sources	-	-	-
2		8,216.34	90.0	821.6
3		3,232.51	90.0	323.3
4		4,835.72	90.0	483.6
5		1,175.00	-	1,175.0
	subtotal			2,803.5
	Total			4,416.6

Pada simulasi ini beban pencemaran yang dikurangi pada ruas ke-2, ruas ke-3 dan ruas ke-4 masing-masing sebesar 90%, sehingga diperoleh total beban pencemaran maksimal BOD pada lokasi kajian adalah sebesar 4416,6 kg/hari.

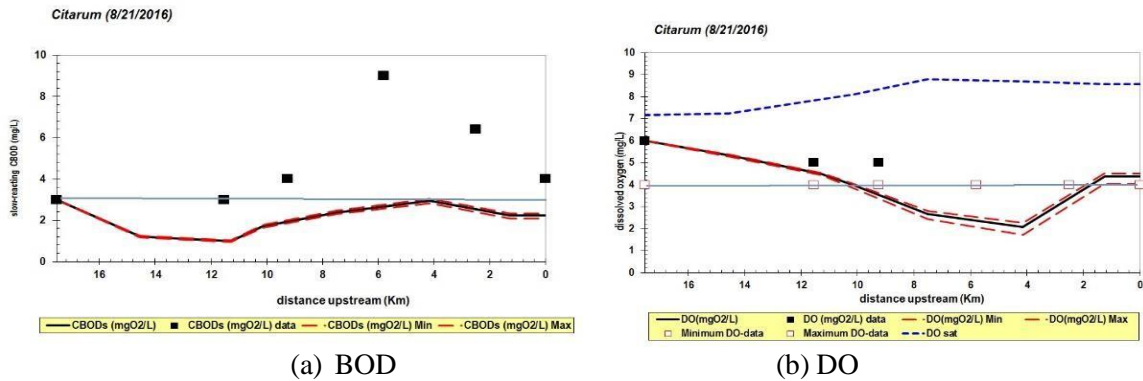
Simulasi pada Kondisi Debit Minimum

Berdasarkan data dari PJT II, debit andalan minimum adalah 1,6 m³/detik (pada bulan Juli), dan hasil simulasi Qual2K pada kondisi ini menunjukkan bahwa konsentrasi BOD pada ruas 1 memenuhi baku mutu. Pada ruas ke 2 sampai ruas ke 5 beban BOD naik drastis melebihi baku mutu, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Profil BOD dan (b) DO pada kondisi debit minimum

Setelah dilakukan pengurangan beban pencemaran agar dapat memenuhi baku mutu, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. (a) Profil BOD dan (b) DO setelah dilakukan pengurangan beban pencemar

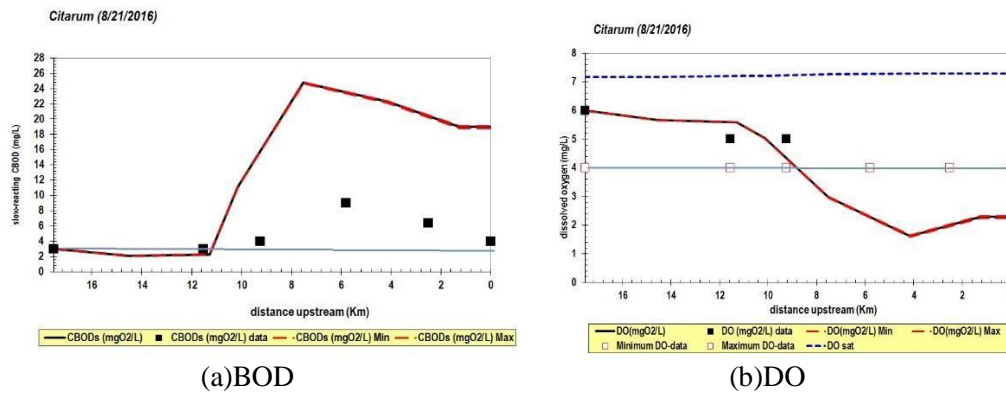
Berdasarkan hasil simulasi Qual2K kemudian dihitung beban pencemaran harian maksimum pada kondisi debit minimum. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6. Pada simulasi ini dilakukan pengurangan beban pencemaran dari sumber *non point source* pada masing-masing ruas sebesar 90%, sedangkan pada sumber *point source* pengurangan berturut-turut dari ruas ke-2 sampai ruas ke-5 adalah 96%, 99,4%, 99,5% dan 99%. Berdasarkan perhitungan ini beban pencemaran harian maksimum pada kondisi debit minimum adalah 545,3 kg/hari.

Tabel 6. Perhitungan beban pencemaran harian maksimum pada debit minimum

Ruas	Kategori	BOD		
		Estimasi (kg/hari)	Reduksi (%)	
1	Non Point Sources	130.4	90.0	13.0
2		87.6	90.0	8.8
3		191.5	90.0	19.2
4		204.6	90.0	20.5
5		999.1	90.0	99.9
	subtotal	1,613.2		161.3
1	Point Sources	-	-	-
2		8,216.34	96.0	328.7
3		3,232.51	99.4	19.4
4		4,835.72	99.5	24.2
5		1,175.00	99.0	11.8
	subtotal			384.0
	Total			545.3

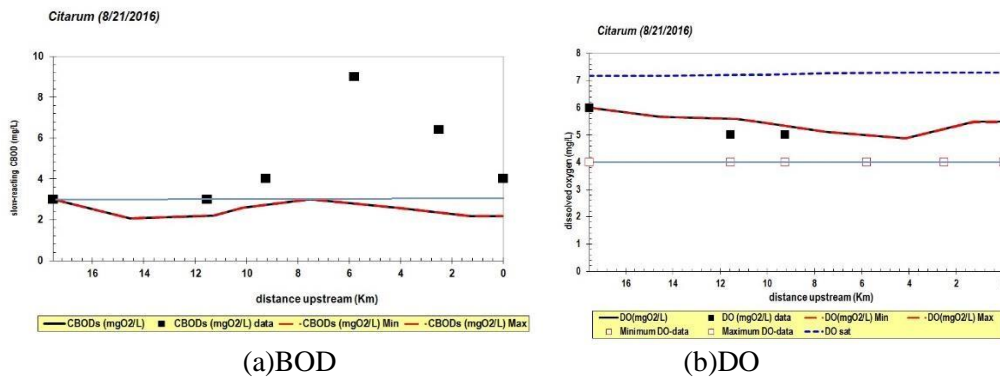
Simulasi pada Kondisi Debit Maksimum

Berdasarkan data dari PJT II, debit andalan maksimum adalah 42,5 m³/detik (pada bulan Januari), dan hasil simulasi Qual2K pada kondisi ini menunjukkan bahwa konsentrasi BOD pada ruas 1 memenuhi baku mutu. Pada ruas ke 2 sampai ruas ke 5 beban BOD naik drastis melebihi baku mutu, sedangkan konsentrasi DO hanya pada ruas ke-1 dan ruas ke-2 memenuhi baku mutu, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. (a) Profil BOD dan (b) DO pada kondisi debit maksimum

Agar beban BOD pada tiap ruas dapat memenuhi baku mutu, dilakukan simulasi pengurangan konsentrasi BOD. Hasil simulasi Qual2K dengan pengurangan konsentrasi BOD di tiap ruas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Profil (a)BOD dan (b)DO setelah dilakukan pengurangan beban pencemaran

Hasil perhitungan beban pencemaran maksimum harian dengan pengurangan beban pencemar point source maupun pencemar non point source sehingga dicapai beban pencemaran BOD memenuhi baku mutu pada kondisi debit maksimum dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan beban pencemaran harian maksimum pada debit maksimum

Ruas	Kategori	BOD		
		Estimasi	Reduksi	
1	Non Point Source	130.4	-	130.4
2		87.6	-	87.6
3		191.5	10.0	172.4
4		204.6	10.0	184.1
5		999.1		999.1
subtotal		1,613.2		1,573.6
1	Point Sources	-		-
2		8,216.34	90.0	821.6
3		3,232.51	94.0	194.0
4		4,835.72	93.0	338.5
5		1,175.00	20.0	940.0
subtotal				2,294.1
Total				3,867.7

Berdasarkan perhitungan ini beban pencemaran harian maksimum pada kondisi debit maksimum adalah 3867,7 kg/hari.

KESIMPULAN

Aplikasi QUAL2K dapat digunakan untuk memprediksi beban pencemar serta penentuan total beban pencemaran harian di lokasi kajian. Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui beban maksimum pencemar di tiap ruas, dan dapat digunakan untuk mengetahui penilaian standar kualitas perairan dari jumlah maksimum pencemar, serta dapat pula digunakan untuk mengetahui sumber pencemar dan memprakirakan pola pengurangan pencemar.

Total beban pencemaran harian maksimum untuk parameter BOD di lokasi kajian pada kondisi eksisting adalah 4416,6 kg/hari, pada kondisi debit minimum adalah 545,3 kg/hari, dan pada kondisi debit maksimum adalah 3867,7 kg/hari. Berdasarkan simulasi variasi debit tersebut, diketahui bahwa makin besar debit makin besar pula beban pencemaran harian yang dapat ditampung.

DAFTAR PUSTAKA

- ADB. (2013). *Downstream Impact of Water Pollution in the Upper Citarum River West Java, Indonesia – Economic Assesment of Interventions to Improve Water Quality*.
- Almy, F. (2008). *Sustainability Assesment on Sanitation System for Low Income Urban Area in Indonesia*. PhD thesis, Hamburg University of Technology.
- Anonim. (2012). *Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Citarum*. Balai Besar Wilayah Sungai Citarum.
- Bukit, N.T., dan Yusuf, I.A. (2002). Beban pencemaran limbah industri dan status kualitas air sungai Citarum. *J Teknol. Lingkungan* 3, 98-106.
- Chapra. (1997). *Surface Water-Quality Modeling*. Waveland Press, Inc. Effendi, H. (2015). *Telaah Kualitas Air. Cet. Ke 7*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kannel, P.R., Lee, S., Lee, Y.S., Kanel, S.R., and Pelletier, G.J. (2007). Application of Automated QUAL2Kw for Water Quality Modelling and Management in The Bagmati River, Nepal. *Ecol. Modell*, 3-4(202), 503-517.
- Lestari, A. S. (2014). Aplikasi Model QUAL2Kw untuk Menentukan Stratedi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Gajahwong yang Disebabkan oleh Bahan Organik. (Lestari, Ed. *J. Mans dan Lingkungan* 20, 284-293.
- Ling, T.Y, M.J. Dana, S. Bostam and L. Nyanti. (2012). Domestic Wastewater Quality and Pollutant Loadings from Urban Housing Areas. *Iranica Journal of Energy & Environment* 3 (2):, 129-133.
- Marganingrum, D. Dwi Roosmini, Pradono dan Arwin Sabar. (2013). Diferensiasi Sumber Pencemar Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Indeks Pencemaran (Studi Kasus DAS Citarum Hulu). *Ris Geo Tam Vol 23 No.1 Juni 2013*.
- Pelletier, G. J., and S. Chapra. (2008). *QUAL2Kw theory and documentation (version 5.1): A modeling framework for simulating river and stream water quality*. Washington State Department of Ecology. Washington State Department of Ecology: Washington State Department of Ecology.
- QinggaiWang, Shibe Li, Peng Jia, Changjun Qi, and Feng Ding. (2013). A Review of Surface Water Quality Models. *The ScientificWorld Journal*.
- Rahmawati, S. M. (2013). *Organochlorine Pesticide Residu in Catfish (Clarias sp.) collected from local fish cultivation at Citarum Watershed West Java, Indonesia*. *Procedia Env. Scie.* (17) 3-10.
- Salmin. (2005). Oksigen Terlarut dan Kebutuhan Oksigen Biologi sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. . *Oseana*. 30 (3).
- Sekiyama M, Tetsuo Shimmura, Mineko Nakazaki, Ieva B Akbar, Budhi Gunawan, Oekan Abdoellah, Sadeli Masria, Linda Dewanti, Ryutaro Ohtsuka and Chiho Watanabe. (2015). Organophosphorus Pesticide Exposure of School Children in Agricultural Villages in Indonesia. *Journal of Pregnancy and Child Health*.

- Sugiharto, E. Setyabudi, CWP., Astuti, E. (2014). Kajian Total Daya Tampung Beban Pencemaran Harian Menggunakan Pemodelan Qual2K untuk Pencemar BOD, TSS, Ammonia, Fosfat dan Nitrat di Sungai Kampung Bugis, Tarakan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* (21), 21-29.
- Suharyanto dan J.Matsushita. (2011). A preliminary assesment towards integrated BBWQM through priority analysis in the UCR Basin, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*4 (2011) 331–335.
- Yang, Y. Y. (2010). Assesment of Point and Non Point Sources Pollution in Songhua River Basin, Northeast China by Using Revised water Quality Model. *Chin Geogra. Sci.* , 20(1).
- Yusuf, I. (2015). Analisis Kebutuhan Aliran Pemeliharaan Lingkungan Keairan di Zona Hulu Sungai Citarum. *Jurnal Sumberdaya Air*.