

STUDI PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR KUALITAS AIR SUNGAI MAHAKAM DENGAN MENGUNAKAN METODE *QUAL2KW*

^{1*}Yana Jumiati, ¹Dr. Mislan, M.Si, ¹Kadek Subagiada, M.Si
¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman
*corresponding Author: yanajmansur@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengambil sungai Mahakam sebagai objek. Kasus memburuknya air sungai Mahakam diduga dipengaruhi oleh kegiatan bukaan permukaan alam di sekitar DAS yang tidak terkendali dan sangat massif oleh kegiatan tambang, perkebunan dan kehutanan. Penelitian ini menggunakan bantuan program *QUAL2Kw* versi 5.1 untuk menghitung beban pencemaran yang masuk ke sungai. Pada awal pembangunan model dilakukan *trial and error* hingga diperoleh model yang mendekati (sesuai) kondisi yang sebenarnya, setelah model tervalidasi, maka model dapat digunakan menghitung macam skenario. Pada penelitian ini menggunakan data kualitas air pada musim kemarau tahun 2018 penghujan dengan parameter kunci kualitas air yang digunakan adalah TSS, BOD dan COD dengan 3 skenario. Pada metode *QUAL2Kw* menggunakan skenario 1 menjelaskan tentang pencemar kosong, skenario 2 untuk menjelaskan Reduksi 30% dari beban pencemaran pada *point source* dan pada skenario 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik pada *point source*. Hasil dari perhitungan daya tampung beban pencemaran sungai Mahakam pada musim kemarau untuk parameter TSS adalah 1,972Kg/Hari, BOD adalah 1,728Kg/Hari dan COD adalah sebesar 2,592Kg/Hari.

Kata kunci: Sungai Mahakam, *QUAL2Kw*, Kualitas Air, Daya tampung Beban Pencemar

1. PENDAHULUAN

Sungai Mahakam ini memiliki panjang 920 km dan secara kuantitas air, potensi sumber daya air yang berasal dari sungai di Provinsi Kalimantan Timur diperkirakan sebesar 325.380 juta m³ per tahun, dengan arah aliran sungai dari arah Barat ke arah Timur yang keseluruhan bermuara di Pantai Timur (Anonim, 2016).

Menurut (Tribun Kaltim, 2015) Sungai Mahakam misalnya, merupakan sumber daya alam yang memenuhi hajat hidup 50 % lebih orang di Provinsi Kaltim (Kab. Mahulu, Kab. Kubar, Kab. Kukar dan Kota Samarinda) Tercemarnya sungai ini dapat dilihat dari dua cara, antara lain pertama, dengan kasat mata dan pengujian kualitas air di laboratorium. Dari hasil pengujian tersebut beberapa parameter air telah melewati Nilai Ambang Batas (NAB). Dalam rangka pengelolaan kualitas air Sungai Mahakam, penerapan

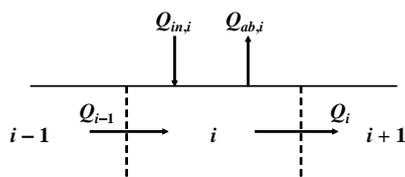
model kualitas air *QUAL2Kw* versi 5.1 akan sangat membantu dalam memprediksi kualitas air sungai.

Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan sumber pencemar, beban pencemar dan daya tampung beban pencemaran sungai Mahakam. Beban pencemar ditentukan dengan mengalikan konsentrasi kualitas air dan debit aliran, sedangkan daya tampung beban pencemaran ditentukan dengan bantuan program *QUAL2Kw* ver 5.1 sebagai alat untuk menghitung daya tampung beban pencemaran dengan parameter kunci seperti TSS, BOD, dan COD yang masuk di tiap segmen sungai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode *Qual2Kw* adalah kerangka pemodelan kualitas air sungai modern. Pengguna dari pemodelan ini bebas memilih

parameter kualitas air sesuai dengan kebutuhan analisis dalam penelitian (Pelletier, dkk.,2006). Model *QUAL2Kw* versi 5.1 adalah metode pemodelan kualitas air oleh USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) yang dapat simulasikan dan menyederhanakan kondisi kualitas air pada suatu sungai yang disajikan dalam bentuk grafik (Pelletier dan Chapra, 2008)



Gambar 1. Kestimbangan Aliran Pada Suatu Segmen Sungai (Sumber: Pelletier dan Chapra, 2008).

Pemodelan *Qual2Kw* ini memiliki setimbangan aliran dengan pola aliran *steady state* satu dimensi. Kestimbangan aliran pada kondisi *steady state* untuk tiap segmen diilustrasikan pada Gambar 1 dan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{ab,i} \quad (1)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pengambilan Data

Hal yang pertama kali dilakukan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data. Dalam tahap ini dikumpulkan semua data yang akan digunakan dalam penelitian, data sekunder yaitu data kualitas air Sungai Mahakam tahun 2018, data hidrologi meliputi kecepatan arus dan kedalaman aliran sungai, data klimatologi meliputi kelembaban udara, tutupan awan, tutupan tajuk pada sungai.

3.2 Metode Indeks Pencemaran Air

Menurut KEPMEN LH No 115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Metode Indeks Pencemaran Air digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diijinkan dan dilakukan dengan penganalisaan pada titik sampling tidak dilakukan pada sepanjang segmen (Nemerow dan Sumitomo, 1970).

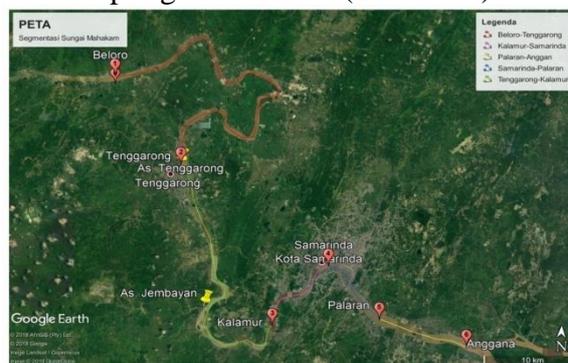
$$IP_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}} \quad (2)$$

Tabel 1. Hubungan Indeks Pencemaran dengan Mutu Perairan

No	Indeks Pencemaran	Mutu Perairan
	$0 \leq IP_j \leq 1$	Memenuhi Baku mutu
	$1 < IP_j \leq 5$	Cemar Ringan
	$5 < IP_j \leq 10$	Cemar Sedang
	$IP_j > 10$	Cemar Berat

3.3 Pembagian Segmentasi

Segmentasi sungai pada pembagian segmentasi yang telah ditetapkan oleh DLH. Pembagian segmen sungai dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal yaitu batas administrasi, penggunaan lahan dan kondisi daerah aliran sungai, lokasi pemantauan atau titik sampling kualitas air. (Gambar 2).



Gambar 2. Segmentasi Sungai Mahakam
Sumber: Google Earth 2018

3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data ini meliputi pengolahan data kualitas air yang didapatkan dari daerah penelitian. Pengolahan data ini dibantu dengan beberapa *Software Microsoft Excel* untuk mendukung kelancaran dalam penelitian ini.

3.4.1 Input Data

3.4.1.1 Kondisi Hidrologi

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. Data Hidrologi Sungai Mahakam pada tanggal 26/6/2018 Musim Kemarau

Lokasi (km)	Debit (m ³ /detik)	Depht (m)	Lebar (m)	Kec. (m/s)
109,96	2750	42	575	0,39
58,74	4286	38	931	0,13
28,07	5277	37	674	0,22
18,37	11467	30	578	0,15
9,8	13824	30	975	0,2
0	8400	30	998	0,26

Sumber DLH Prov. Kalimantan Timur 2018

3.4.1.2 Data Klimatologi

Data klimatologi Air Sungai Mahakam pada musim kemarau dan musim penghujan. Dalam penelitian ini digunakan data klimatologi Sungai Mahakam pada musim kemarau dan musim penghujan untuk mengetahui kondisi klimatologi pada daerah penelitian dengan data klimatologi yang digunakan adalah *temperature (°C)*, *dew point temperature(°C)*, *wind speed (m/s)*, *cloud cover(%)* dan *shade (%)*.

3.4.1.3 Data Kualitas Air

Data Kualitas Air Sungai Mahakam pada musim kemarau dan musim penghujan. Berikut adalah hasil pengujian kualitas air Sungai Mahakam pada parameter pH, DHL, TSS DO, BOD dan COD.

Tabel 3. Data Kualitas Air Segmen Utama pada tanggal 26/6/2018 Musim Kemarau

Lokasi Sampling	Debit (m ³ /s)	Temp (°C)	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
Beloro	942	32	85	1,21	2,44
Tenggarong	5104	32	20	1,21	2,44
Kalamur	1315	31	13	1,21	2,44
Samarinda	1068	33	64	1,21	3,03
Palaran	1813	26	33	1,21	3,03
Anggana	3492	27	17	0,81	1,86

Sumber Data DLH Prov. KALTIM 2018

Tabel 4. Data Kualitas Air Anak Sungai pada tanggal 26/6/2018 Musim Kemarau

Lokasi Sampling	Debit (m ³ /s)	Temp (°C)	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
AS. Tenggarong	9	26,7	34	1,21	3,62
As. Jembayan	31,6	27,3	27	1,21	4,79
As. Karang Mumus	8,19	27,1	27	1,61	4,79

*As: Anak sungai

Sumber Data DLH Prov. KALTIM 2018

3.4.2 Kalibrasi dan Validasi Model

Kalibrasi pembentukan model dilakukan dengan cara *trial and error* secara berulang-ulang sehingga hasil model mendekati kondisi sebenarnya. Validasi model digunakan menggunakan metode RMSPE dengan rumus sebagai berikut:

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\sum_{n=1}^n \left(\frac{St-At}{At} \right)^2 \right]} \times 100\% \quad (3)$$

Hasil uji validasi dibandingkan dengan ketentuan yaitu apabila hasilnya < 50% maka model diterima atau terverifikasi. (Schnoor,1997 dalam Marlina 2011).

Tabel 5. Hasil Perhitungan RMSPE TSS pada Musim Kemarau

N O	Lokasi Sampling	TTS obs (mg/L)	TSS mod (mg/L)	Hasil	RMSP E
1	Beloro	85	85	0	3,10%
2	Tenggarong	20	84,58	10,42	
3	Kalamur	17	83,62	15,35	
4	Samarinda	13	83,6	29,5	
5	Palaran	64	83,89	0,097	
6	Anggana	33	83,88	2,377	
				57,758	

Dari hasil data perhitungan RMSPE pada masing-masing parameter diperoleh hasil RMSPE untuk TSS yaitu 3,10% parameter BOD yaitu 0,21% dan parameter COD

mencapai nilai 0,42%. Menurut (Schnoor, 1997 dalam Marlina 2011) hasil uji validasi model yaitu apabila < 50% maka model diterima atau sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Sehingga model dapat dikatakan sudah diterima atau sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Metode Indeks Pencemaran

Metode Indeks Pencemaran Air merupakan ukuran relatif tingkat pencemaran terhadap parameter kualitas air yang diijinkan. Indeks pencemaran ini ditentukan untuk suatu peruntukan kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian atau sebagian dari badan sungai.

Tabel 6. Hasil Metode Indeks Pencemaran Sungai Mahakam pada Musim Kemarau

Status	Peruntukkan	26 Juni 2018	
	Kelas	IP	Status
MHU Beloro	I	1,612	Ringan
Tenggarong	I	0,513	Memenuhi
Kalamur	I	0,627	Memenuhi
Samarinda	I	0,551	Memenuhi
Palaran	I	1,191	Ringan
Anggana	I	0,731	Memenuhi

Hasil Analisis 2018

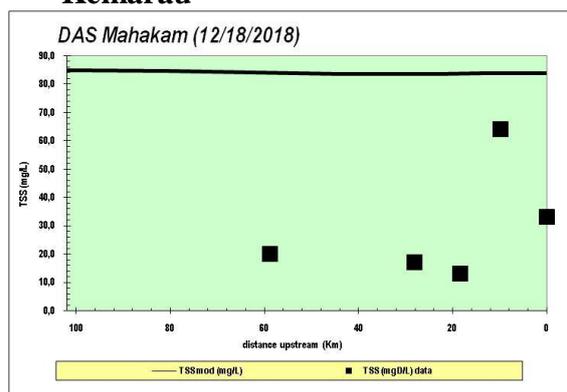
4.2 Pemodelan Kualitas Air dengan Qual2Kw pada Musim Kemarau

Tabel 7. Simulasi Skenario Musim Kemarau Sungai Mahakam

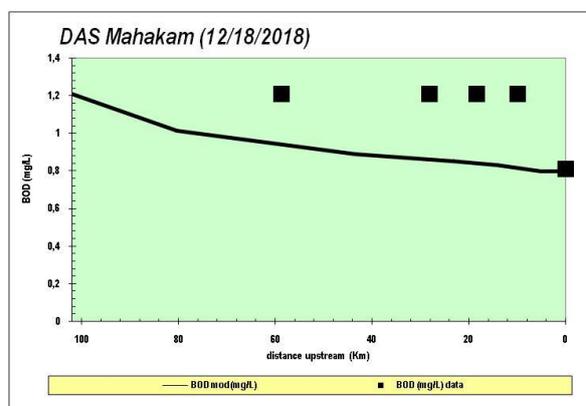
Skenario	Hulu	Sumber Pencemar
1	Kondisi existing	Point source
2	Kondisi existing	Reduksi 30% dari beban pencemaran pada point source
3	Kondisi existing	Baku Mutu Air Limbah Domestik pada point source

* Baku Mutu Air Limbah Domestik Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011

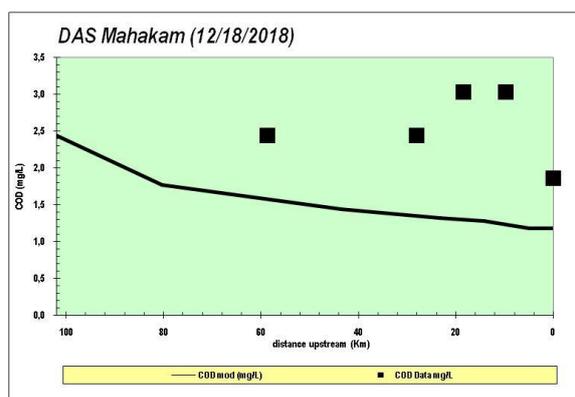
1) Simulasi Skenario I pada Musim Kemarau



Gambar 3. Simulasi Skenario I parameter TSS pada Musim Kemarau



Gambar 4. Simulasi Skenario I parameter BOD pada Musim Kemarau

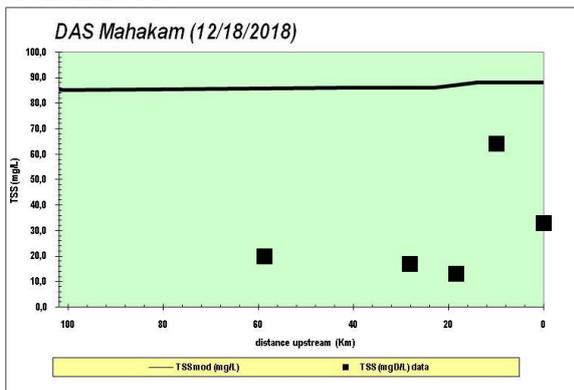


Gambar 5. Simulasi Skenario I parameter COD pada Musim Kemarau

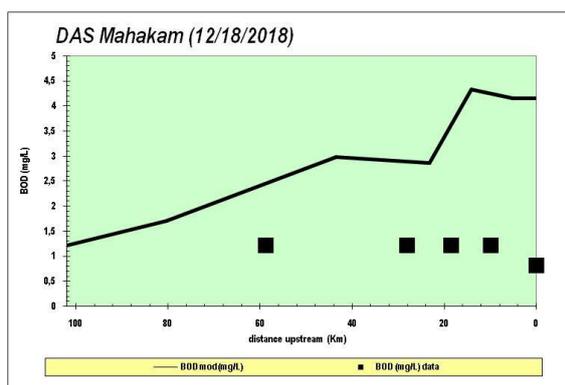
Dari grafi-grafik diatas untuk parameter TSS, BOD dan COD terus mengalami penurunan dari hulu. Penurunan ini berarti telah adanya proses perbaikan kualitas air, karena adanya upaya penurunan beban cemar dari anak-anak sungai dan efisiensi pengolahan pencemaran non point source.

2) Simulasi Skenario III pada Musim Kemarau

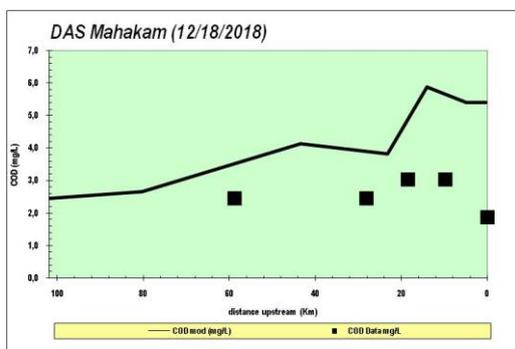
Pada skenario simulasi III pada kondisi hulu menggunakan kondisi existing dan sumber pencemar dari *point source* dari baku mutu air limbah domestik Berdasarkan Peraturan Daerah Gubernur KALTIM No. 2 Tahun 2011.



Gambar 6. Simulasi Skenario III parameter TSS pada Musim Kemarau



Gambar 7. Simulasi Skenario III parameter BOD pada Musim Kemarau



Gambar 8. Simulasi Skenario III parameter COD pada Musim Kemarau

Dari grafi-grafik diatas untuk parameter TSS, BOD dan COD mengalami

peningkatan dan penurunan dari hulu ke hilir. Penurunan dan peningkatan ini dikarenakan adanya masukan limbah domestik pada *point source*, dimana baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan PERDA Provinsi KALTIM dengan nilai parameter TSS 100mg/L, BOD 100mg/L dan COD 150mg/L.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Beban Pencemaran Sungai Mahakam

Pada perhitungan beban pencemaran ini menggunakan data program *Qual2Kw* di *microsoft excel* pada *worksheet Source Summary*. Rumus beban pencemar sebagai berikut:

$$BP = \text{Debit} \left(\frac{L}{\text{detik}} \right) \times \text{Konsentrasi} \left(\frac{mg}{L} \right)$$

$$= (\text{Beban Pencemaran} \left(\frac{mg}{L} \right) \times (86.400))$$

$$:100.000 \quad (4)$$

(Irsanda, 2014)

Tabel 8. Beban Pencemaran Awal (Skenario I) pada Musim Kemarau

Reach	Inflow	TSS	BOD	COD
Label	Liter/detik	Kg/Hari	Kg/Hari	Kg/Hari
S1	0,0100	0,2698	0,0105	0,0313
S2	0,0200	0,2567	0,0140	0,0828
S3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
S4	0,0200	2,4538	0,0278	0,0726
S5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Sumber: Hasil Analisis 2018

Tabel 9. Beban Pencemaran Maksimum (Skenario III) pada Musim Kemarau

Reach	Inflow	TSS	BOD	COD
Label	Liter/detik	Kg/Hari	Kg/Hari	Kg/Hari
S1	0,0100	1,2010	0,8745	1,3273
S2	0,0200	2,2291	1,7420	2,6748
S3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
S4	0,0200	3,4733	1,7558	2,6646
S5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Sumber: Hasil Analisis 2019

Rumus daya tampung pencemaran sebagai berikut:

$$DT = BP \text{ maks} - BP \text{ awal} \quad (5)$$

Tabel 10. Daya Tampung Beban Pencemaran Musim Kemarau

<i>Reach</i>	<i>Inflow</i>	<i>TSS</i>	<i>BOD</i>	<i>COD</i>
<i>Label</i>	<i>Liter/detik</i>	<i>Kg/Hari</i>	<i>Kg/Hari</i>	<i>Kg/Hari</i>
S1	0,0100	0,9312	0,8640	1,2960
S2	0,0200	1,9724	1,7280	2,5920
S3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
S4	0,0200	1,0195	1,7280	2,5920
S5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Sumber: Hasil Analisis 2019

Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran pada musim kemarau dan awal penghujan disetiap segmen diperoleh dari hasil pengurangan beban pencemar pada skenario III dengan beban pencemar pada skenario I.

Dari perhitungan daya tampung beban minimum dan daya tampung maksimum tiap parameter parameter tersebut. Dan dapat dilakukannya strategi Strategi pengelolaan sungai adalah upaya pelestarian sumber daya air permukaan (sungai) yang dilakukan untuk menurunkan beban pencemaran, sehingga dapat meningkatkan kualitas air sungai dan daya tampungnya.

5. KESIMPULAN

Sumber pencemar air sungai di Sungai Mahakam dapat dilihat dari model *Qual2Kw versi 5.1* dengan parameter kunci TSS pada sumber rumah tangga tanpa IPAL, BOD dimana sumber kegiatan pada perternakan dan perikanan dan COD sumber berkontribusi ialah pertanian.

Daya tampung beban pencemaran parameter TSS didapatkan nilai minimum sebesar 1,972Kg/Hari, sedangkan daya tampung maksimum 0,931Kg/Hari. BOD didapatkan nilai minimum sebesar 1,728Kg/Hari, sedangkan daya tampung maksimum 0,86Kg/Hari. COD didapatkan nilai minimum sebesar 2,592Kg/Hari, sedangkan daya tampung maksimum 1,296Kg/Hari.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Cetakan 5. Gadjah Mada University Perss. Yogyakarta.
- Azwir. 2006. *Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Tanggerang*. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fatmawati,R, Masrevaniah, Aniek, dan Solichin. Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo dengan Menggunakan Paket Program QUAL2Kw. *Jurnal Teknik Pengairan*. (Desember 2012) Vol.3. No.2:122–131
- Prakash Raj Kannel, S. Lee, Y. S. Lee, S.R. Kanel , G.J. Pelletier . *Application of Automated Qual2kw For Water Quality Modelling and Management in The Bagmati river, Nepal*. *Journal Ecology Modelling* 202 page 503-517.
- Nelly Marlina. (2011). *Studi Daya Tampung Beban Pencemar Organik Biochemical Oxygen Demand (BOD) dengan Software Qual2K (Studi Kasus: Saluran Tarum Barat)*. Bandung: Teknik Lingkungan ITB
- Watiningsih, Ria. 2009. *Daerah Aliran Sungai*. Geografi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia
- Gregory J. Pelletier, Steven C. Chapra, Hua Tao. 2005. *Qual2kW A framework for modeling water quality in streams and rivers using agenitic algorithm for calibration*. Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.