

ANALISIS PENGELOLAAN KUALITAS AIR DI PERAIRAN DANAU TONDANO

Johan Peter Rares¹, Moh. Sholichin², Emma Yuliani².

¹BWS Sulawesi I Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum.

²Dosen Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email : tikx_99@yahoo.com

ABSTRAK: Penelitian ini mengkaji tentang pengelolaan kualitas air Danau Tondano berdasarkan hasil pengambilan sampel parameter-parameter kualitas air dan pemodelan AVSWAT 2000, WASP. Wilayah lahan DAS Danau Tondano memiliki potensi tinggi penghasil bahan pencemar masuk ke perairan danau. Lahan DAS hulu, Das Kanan, DAS kiri secara berurut memiliki rerata potensi pencemaran: kadar organik N sebesar 0,038 kg/Ha/hari, 0,025 kg/Ha/hari, 0,057 kg/Ha/hari, nilai organik P sebesar 0,005 kg/Ha/hari, 0,003 kg/Ha/hari, 0,004 kg/Ha/hari, nilai NO₃ sebesar 0,002 kg/Ha/hari, 0,001 kg/Ha/hari, 0,051 kg/Ha/hari. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa kondisi kesuburan Danau Tondano berada pada level eutrofik, dimana inflow polutan tertampung di perairan danau Tondano khususnya untuk parameter Total N dan Total P adalah sebesar 0,03 kg/m²/tahun dan 0,003 kg/m²/tahun dimana telah mencapai level eutrofik berturut-turut untuk Total N dan Total P yaitu sebesar 0,0625 kg/m²/tahun dan 0,0033 kg/m²/tahun. Penyimpangan hasil simulasi AVSWAT 2000, terhadap debit pemodelan dan lapangan, nilai R² = 0.9303, level signifikan ≤ 10. Hasil penelitian ini mengusulkan upaya penanganan, yaitu penanganan di DAS: Penataan kawasan DAS dan menghambat laju transpor polutan sungai menuju Danau Tondano dengan menempatkan cek dam di sungai-sungai bagian hulu Danau Tondano, perlindungan lereng dengan membuat talud-talud untuk lahan-lahan yang memiliki kelereng yang besar, bertujuan untuk menghambat laju erosi lahan, dan pembangunan *wetland* sebagai bangunan pemurnian air sebelum masuk ke Danau Tondano. Sedangkan untuk penanganan di perairan terdiri dari penertiban KJA, pengadaan pipa apung sebagai pembatas penyebaran eceng gondok pada Danau Tondano, serta pengadaan tanaman air sepanjang pinggir Danau Tondano.

Kata Kunci: Daya tampung beban pencemar, mesotrofik, eutrofik, kesuburan danau, debit pemodelan

ABSTRACT: *This study reviews the Tondano lake water quality management based on the results of sampling of water quality parameters and modeling AVSWAT 2000, WASP. Lake Tondano watershed has a high potential for producing pollutants enter the lake. Upstream, right, and left watershed average sequentially potential contamination of: the organic N content of from 0,038 kg/ha /day, 0,025 kg/ ha/ day, 0,057 kg/ha/day, organic P value of 0,005 kg/ha/day, 0,003 kg/ha/day, 0,004 kg/ha /day, NO₃ value of from 0,002 kg/ha/day, 0,001 kg/ha/day, 0,051 kg/ha/day. The results of this study show that the fertility conditions Tondano lake level eutrophic, where the inflow of pollutants from land upstream accomodated in aquatic of Lake Tondano, especially in Total N and Total P parameters is 0,03 kg/m²/year and 0,003 kg/m²/year, where have reach the eutrophic level of both Total N and Total P respectively at values of 0,0625 kg/m²/year and 0,0033 kg/m²/year. Deviations simulation results of AVSWAT 2000 discharge model due to field discharge, the value of R² = 0.9303, a significant level ≤10. The results of this study suggest treatment effort; Structuring the watershed and and inhibits the rate of transport of pollutants rivers toward Lake Tondano by placing checkdams in the rivers upstream side of the lake, slope protection by making retaining walls for lands that have a large slope, aiming to inhibit the rate of soil erosion, and wetland construction as the building water purification before entering into Lake Tondano. As for handling in the waters, consist of curbing KJA (Floating Fish Cage), building floating pipes as for limiting the spread of water hyacinth on the lake, as well as the provision of water plants along the edge of Lake Tondano.*

Keywords: *Pollutant load capacity, mesotrophic, eutrophic, fertility, discharge modelling*

Sesuai dengan UU. No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, pengelolaan danau /situ terdiri atas tiga komponen utama yaitu konservasi, pemanfaatan, dan pengendalian daya rusak air. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 menyatakan bahwa upaya pengelolaan kualitas air pada sungai dan danau antara lain dengan menetapkan daya tampung sungai/danau, menetapkan peruntukan sungai/danau yang disertai dengan penerapan baku mutu perairan.

Dari waktu ke waktu Danau Tondano terasa semakin dangkal dan beberapa wilayahnya ditumbuhi oleh enceng gondok. Di beberapa area juga terdapat semacam Karamba Jaring Apung (KJA) dan Danau Tondano dijadikan sebagai pembuangan akhir dari limbah-limbah yang terangkut dari sungai-sungai yang mengalir ke danau.



Gambar 1. Kegiatan Pengambilan Sampel Kualitas Air

Sumber : Dokumentasi Lapangan

Mengingat arti pentingnya Danau Tondano bagi masyarakat sekitar, maka perlu ditempuh langkah-langkah penyelamatan terhadap

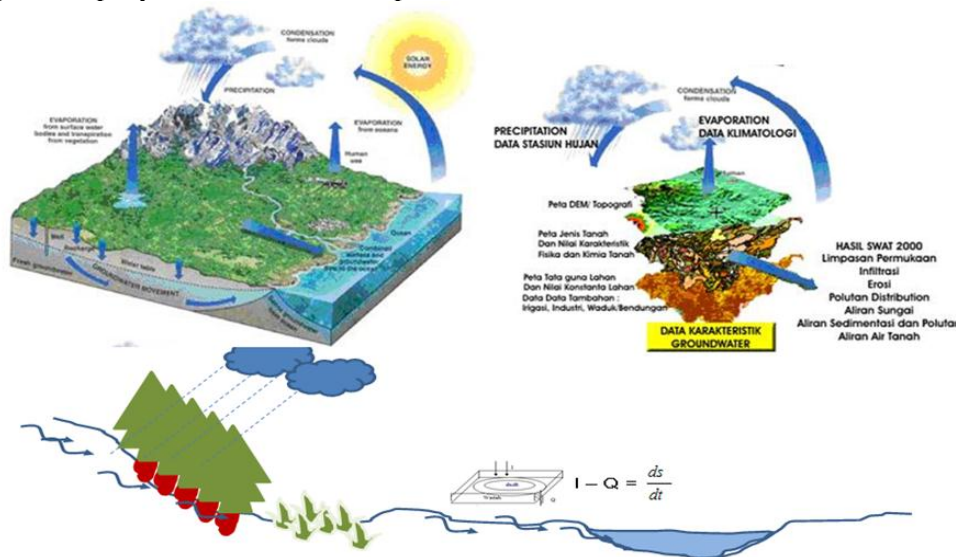
kualitas air Danau Tondano. Buruknya kualitas air di sungai-sungai yang masuk ke dalam danau dapat menyebabkan menurunnya kualitas air, dan akan menjadi perairan eutrofik, sehingga dikhawatirkan danau tercemar berat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola penyebaran, besaran serta klasifikasi resiko terhadap bahaya eutrofikasi Danau Tondano; Mengetahui daya dukung danau terhadap beban pencemar yang menyebabkan resiko terjadinya eutrofikasi danau; Melakukan perhitungan dan pemetaan wilayah lahan DAS yang berpotensi sebagai sumber inflow bahan pencemar terbesar masuk ke Danau Tondano berdasar berbagai aspek seperti luasan dan kepadatan pemukiman, sawah, perkebunan dan tegalan, kegiatan industri dan peternakan perikanan dan; Membuat suatu sistem dan kebijakan pengelolaan dan penanganan limbah yang tepat pada kondisi perairan Danau Tondano dan lahan DAS yang berpengaruh.

BAHAN DAN METODE

MODEL AVSWAT

AVSWAT 2000 dirancang untuk memprediksi pengaruh manajemen lahan pada aliran air, sedimen, dan lahan pertanian dalam suatu hubungan yang kompleks pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) termasuk di dalamnya jenis tanah, penggunaan lahan dan manajemen kondisi lahan secara periodik.



Gambar 2. Siklus Hidrologi Pemodelan AVSWAT
Sumber : AVSWAT 2000

Pada daur siklus hidrologi, mekanisme transpor polutan terjadi, sehingga mekanisme polutan dapat dibagi menjadi 2 fase yaitu:

1. Siklus hidrologi pada fase/tahap terjadi di satu luasan lahan, sebagai kontrol jumlah air, sedimen, nutrisi dan pestisida yang akan masuk ke sistem jaringan sungai.
2. Siklus hidrologi pada fase/tahap pada aliran sungai yang dapat didefinisikan sebagai pergerakan air, sedimen, nutrisi dan pestisida melalui aliran sungai menuju ke outlet Sub DAS.

Fase Pada Lahan

Siklus hidrologi yang menjadi dasar persamaan adalah *Water Ballance* (Neitsch, S.L, Arnold, J.G, Kiniry, J.R, Williams, J.R, and King, K.W.2002):

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - W_{gw})$$

Dengan :

SW_t = kandungan air dalam tanah (mm H₂O)

SW_0 = kandungan air dalam tanah pada awal periode (mm H₂O)

t = waktu (hari)

R_{hari} = besaran hujan yang terjadi pada hari ke-i (mm H₂O)

Q_{surf} = tinggi limpasan permukaan pada periode waktu ke-i ((mm H₂O)

E_a = besar evapotranspirasi pada periode waktu ke-i (mm H₂O)

W_{seep} = jumlah air yang masuk zona lapisan tanah keras pada periode waktu ke-i (mm H₂O)

W_{gw} = jumlah air pada aliran air tanah pada periode waktu ke-i (mm H₂O)

Fase Pada Sungai

Penelusuran/*routing* pada sungai-sungai utama dapat dibagi menjadi 4 komponen:

1. Penelusuran Banjir.
2. Penelusuran Sedimen.
3. Penelusuran Nutrien.
4. Penelusuran Pestisida

Mekanisme Transpor Polutan

Dalam studi ini terbagi menjadi 2 bagian pokok bahasan yang harus di selesaikan secara berurutan dan sistematis, yaitu :

1. Pola potensi penyebaran polutan dilahan DAS Danau Tondano

2. Pola penyebaran polutan di sungai dan anak sungai yang bermuara di Danau Tondano

WASP 7.1

WASP 7.1 melacak konstituen dari setiap kualitas air mulai dari titik awal masukan spasial dan temporal hingga titik akhir pengeluaran, konservasi massa dalam ruang dan waktu.

Persamaan intergral dan diferensial kesetimbangan massa untuk volume fluida adalah (Ambrose, R.B. et al. 1988):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(U_x C) - \frac{\partial}{\partial y}(U_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(U_z C) + \frac{\partial}{\partial x}\left(E_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(E_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(E_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) + S_L + S_x + S_b$$

dimana :

C = konsentrasi parameter kualitas air (mg/L atau g/m³)

T = waktu (hari)

U_x,U_y,U_z = kecepatan longitudinal, lateral, dan vertikal (m/hari)

E_x,E_y,E_z = koefisien penyebaran secara longitudinal, vertikal, dan transversal (m²/hari)

SL = jumlah tingkat muatan tersebar maupun langsung (gr/m³-hari)

S_b = jumlah tingkatan muatan batas yaitu aliran hulu, hilir, tanaman air, dan atmosfer (gr/m³-hari)

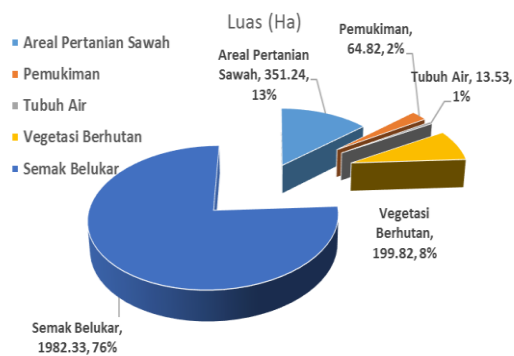
SK = jumlah tingkatan transformasi kinetik (gr/m³-hari)

Danau Tondano

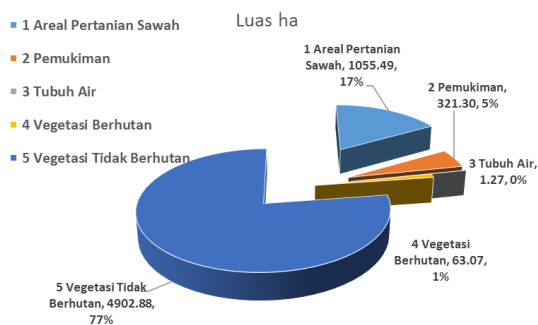
Berdasarkan penggambaran dan analisa data topografi dan bathimetri, yang di dapatkan dari hasil pengukuran pada tahun 2010 adalah sebagai berikut:

- Elevasi Muka Air = +682,47 mdpl
- Elevasi Dasar Rerata = +667,36 mdpl
- Kedalaman Rerata = 15.11 m
- Luasan = 4616 Ha = 46,16 Km²
- Volume Berdasarkan Kontur = 668,57 Juta m³
- Elevasi Terdalam = 32,7 m. Titik ini diprediksi merupakan lubang mata air. Sedangkan untuk dasar danau, elevasi terdalam yang terbaca oleh alat adalah 20 m.

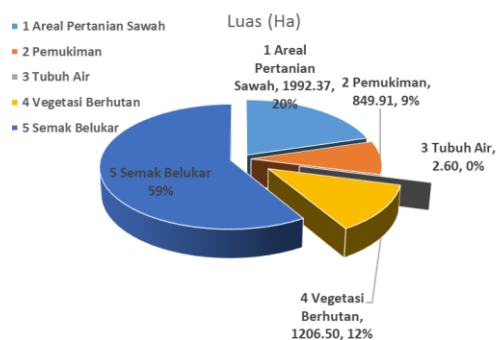
Karakteristik Lahan DAS



Gambar 3. Sebaran Tataguna Lahan DAS Danau Tondano Bagian Hulu
Sumber : Pengolahan Data GIS



Gambar 4. Sebaran Tataguna Lahan Sebelah Kiri DAS Danau Tondano
Sumber : Pengolahan Data GIS



Gambar 5. Sebaran Tataguna Lahan Sebelah Kanan DAS Danau Tondano
Sumber : Pengolahan Data GIS

METODE ANALISA PEMODELAN

Tahapan analisa pada studi ini adalah sebagai berikut:

1. Uji konsistensi dan kualitas data
2. Pengolahan data input model AVSWAT

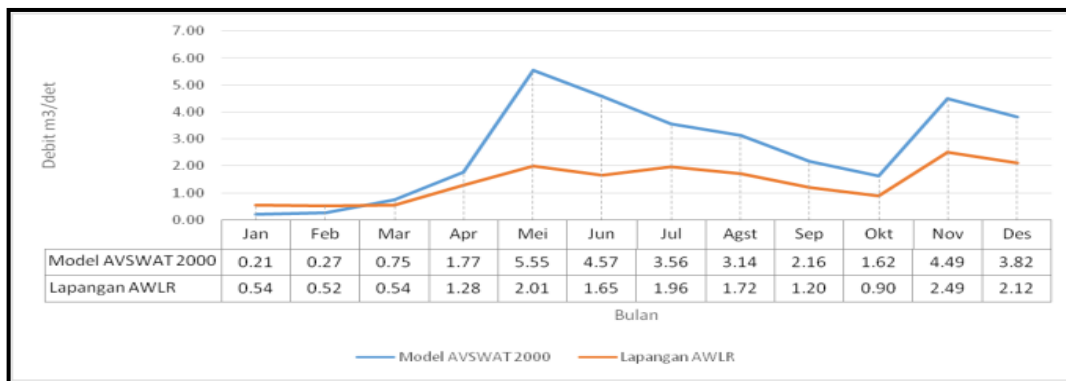
2000

3. Kalibrasi pemodelan
4. Simulasi hasil AVSWAT 2000 terkalibrasi
 - a. Besar limpasan lahan DAS Danau Tondano
 - b. Besar erosi lahan DAS Danau Tondano
 - c. Besar sebaran pencemaran polutan organik N Lahan DAS Danau Tondano
 - d. Besar sebaran pencemaran polutan organik P Lahan DAS Danau Tondano
 - e. Besar sebaran pencemaran polutan NO₃ lahan DAS Danau Tondano
 - f. Besar sebaran Pencemaran Polutan Mineral P lahan DAS Danau Tondano
 - g. Besar sebaran pencemaran polutan fosfor terlarut lahan DAS Danau Tondano
 - h. Besar debit infow DAS Danau Tondano
 - i. Besar sedimen DAS Danau Tondano
 - j. Beban polutan organik N sungai inflow Danau Tondano
 - k. Beban polutan organik P sungai inflow Danau Tondano
 - l. Beban polutan NO₃ sungai inflow Danau Tondano
 - m. Beban polutan NO₂ sungai inflow Danau Tondano
 - n. Beban polutan NH₄ sungai inflow Danau Tondano
 - o. Beban polutan mineral P sungai inflow Danau Tondano
 - p. Beban polutan DO sungai inflow Danau Tondano
 - q. Beban polutan BOD sungai Inflow Danau Tondano
5. Analisa sebaran bahan pencemar perairan Danau Tondano WASP
6. Evaluasi dan pembahasan hasil
7. Rencana upaya penanganan beban pencemar sedimen Danau Tondano

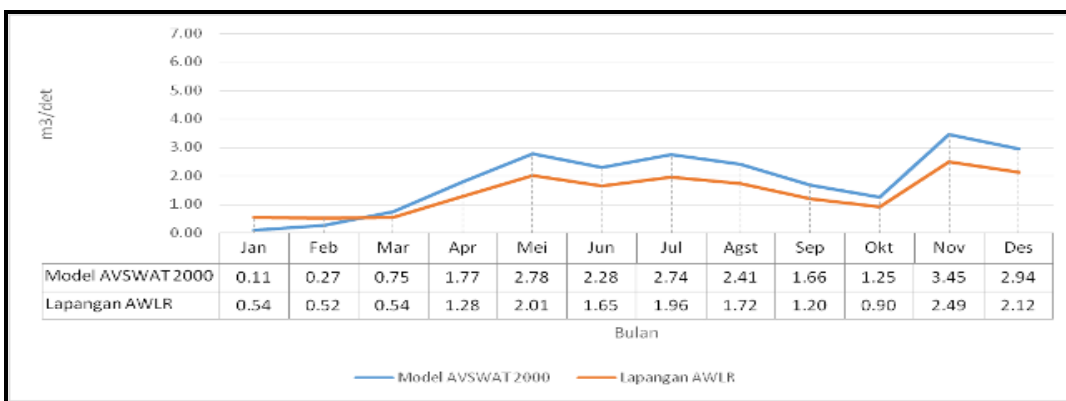
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Pemodelan

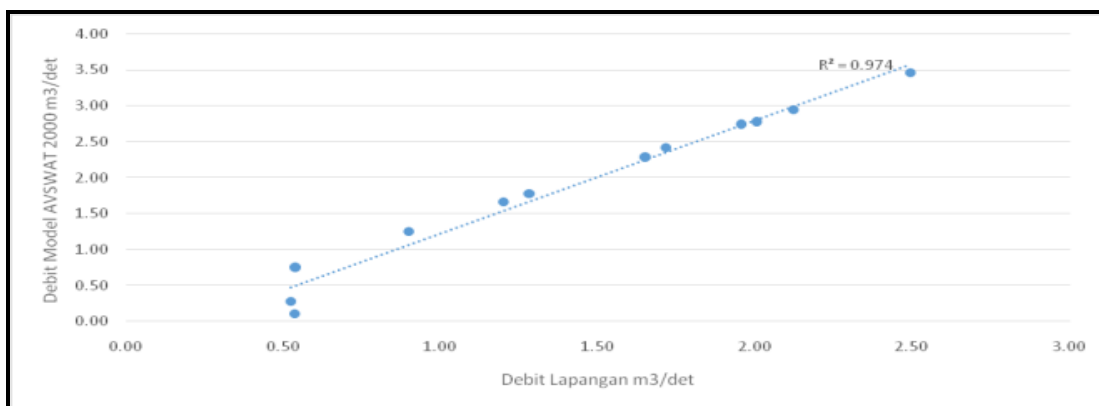
Analisa regresi didapatkan nilai R = 0,974 yakni memiliki arti bahwa data pemodelan dan data lapangan memiliki hubungan langsung positif baik atau diartikan bahwa data debit model mempunyai perbedaan 3% dimana hasil tersebut masih dibawah 10%.



Gambar 6. Perbandingan Hasil Model dan Debit AWLR S Panasen Sebelum Kalibrasi Tahun 2008



Gambar 7. Perbandingan Hasil Model dan Debit AWLR S Panasen Sesudah Kalibrasi Tahun 2008



Gambar 8. Perbandingan Dan Nilai Kepencengan Hasil Model dan Debit AWLR S Panasen Sesudah Kalibrasi Tahun 2008

Tabel 1. Uji T Dua Sampel

	Variable 1	Variable 2
Mean	1.87	1.41
Variance	1.19	0.467
Observations	12.00	12.00
Pooled Variance	0.83	
Hypothesized Mean Difference	0.00	
df	22.00	
t Stat	1.23	
P(T<=t) one-tail	0.16	
t Critical one-tail	1.72	
P(T<=t) two-tail	0.23	
t Critical two-tail	2.07	

Sumber Hasil Perhitungan

Nilai T tabel Kritis Uji T > dari T hitung 1,72 > 1,23, maka hasil pemodelan dan hasil pengukuran lapangan dalam populasi yang sama.

Simulasi Hasil AVSWAT 2000

Hasil simulasi AVSWAT 2000 terbagi menjadi 2 fase yaitu fase di lahan dan fase di sungai inflow danau dengan hasil sebagai berikut dibawah ini :

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Fase di Lahan DAS Danau Tondano

No	Parameter	Lokasi Inflow	Besaran	Satuan
1	Limpasan	Hulu	0,91	mm/hari
		Kanan	0,63	mm/hari
		Kiri	0,82	mm/hari
2	Erosi	Hulu	0,049	ton/ha/hari
		Kanan	0,018	ton/ha/hari
		Kiri	0,046	ton/ha/hari
3	Organik N	Hulu	0,038	kg N/ha/hari
		Kanan	0,025	kg N/ha/hari
		Kiri	0,057	kg N/ha/hari
4	Organik P	Hulu	0,005	kg P/ha/hari
		Kanan	0,003	kg P/ha/hari
		Kiri	0,004	kg P/ha/hari
5	NO ₃	Hulu	0,002	kg N/ha/hari
		Kanan	0,001	kg N/ha/hari
		Kiri	0,051	kg N/ha/hari
6	Mineral P	Hulu	0,002	kg P/ha/hari
		Kanan	0,001	kg P/ha/hari
		Kiri	0,001	kg P/ha/hari
7	P Terlarut	Hulu	0,00013	kg P/ha/hari
		Kanan	0,0001	kg P/ha/hari
		Kiri	0,025	kg P/ha/hari

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 3. Hasil Pemodelan AVSWAT 2000 Fase di Sungai

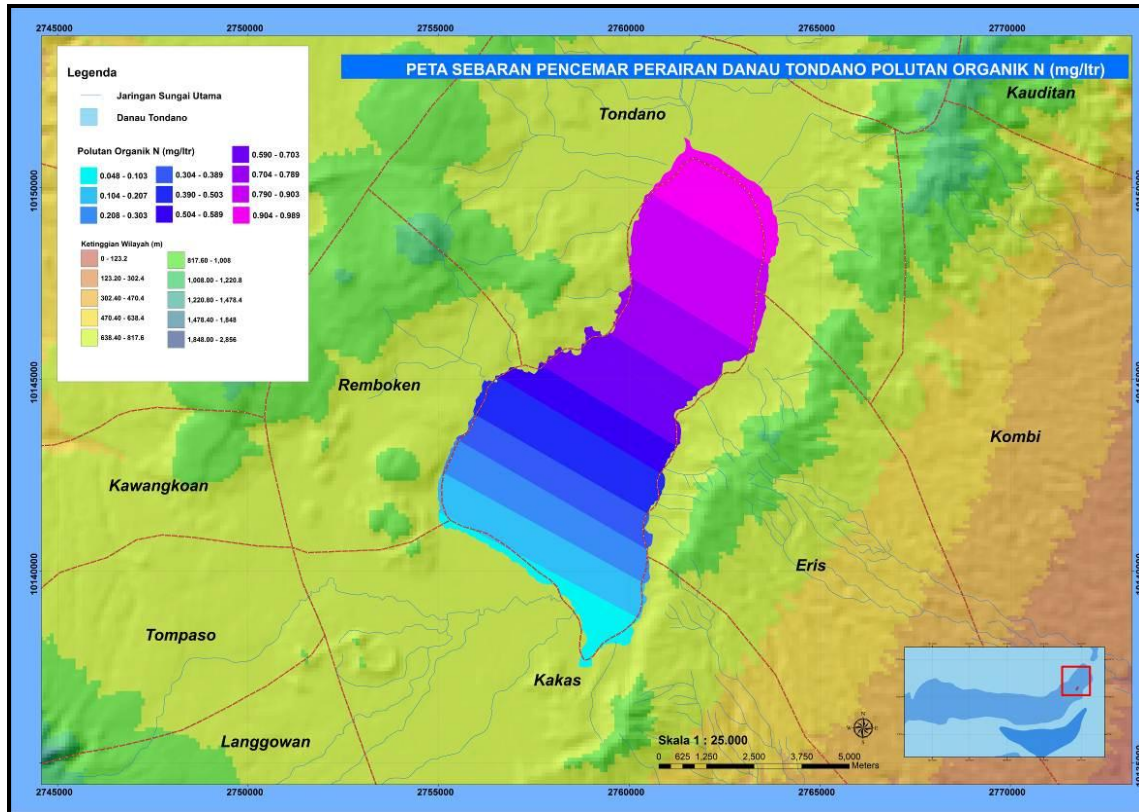
Parameter	Standard kriteria mutu air				Lokasi Inflow	Rerata Hasil Pemodelan	Keterangan
	I	II	III	IV			
NO ₃	10	10	20	20	Hulu	0.614	kelas I & II
					kanan	0.166	kelas I & II
					Kiri	0.359	kelas I & II
NO ₂	0.06	0.06	0.06	-	Hulu	0.145	kelas IV
					kanan	0.030	kelas III
					Kiri	0.089	kelasIV
BOD	2	3	6	12	Hulu	43.736	kelas IV
					kanan	87.105	kelas IV
					Kiri	86.972	kelas IV
DO	6	4	3	0	Hulu	82.925	kelas I
					kanan	30.364	kelas I
					Kiri	70.840	kelas I
Total P	0.2	0.2	1	5	Hulu	0.320	kelas III
					kanan	0.357	kelas III
					Kiri	2.056	Kelas IV

Sumber: Hasil Perhitungan

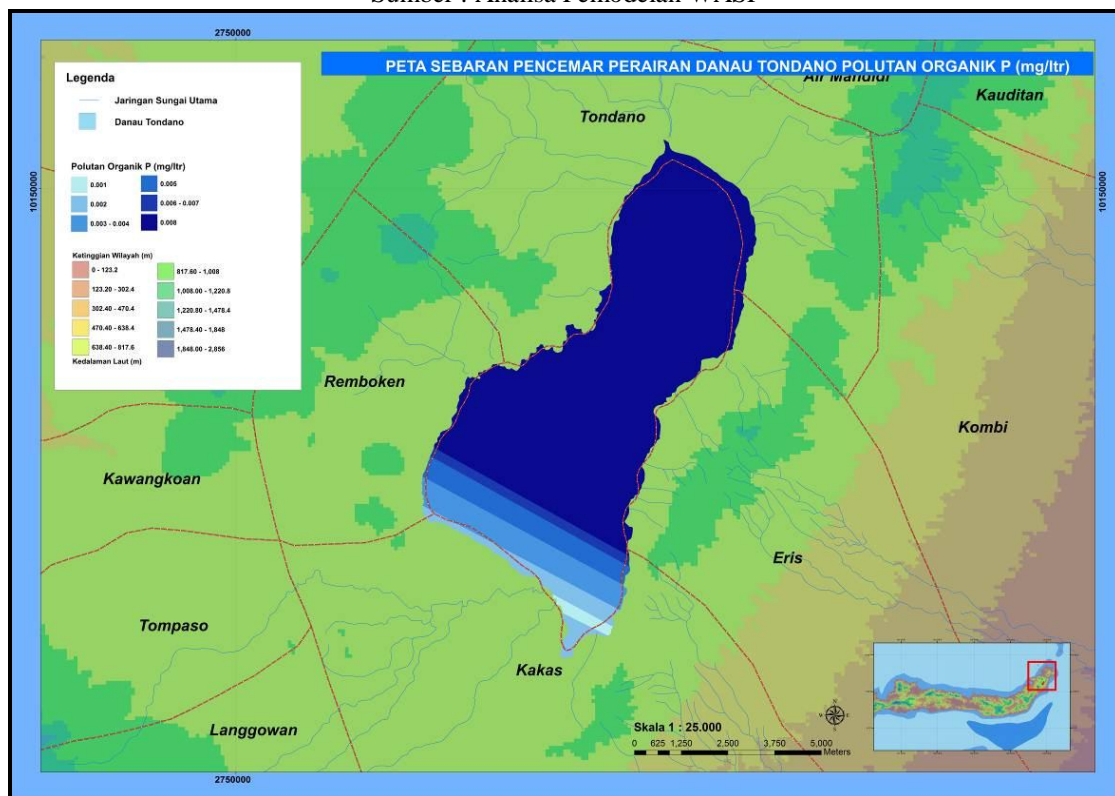
Distribusi Pencemaran Danau Tondano

Berikut adalah pola sebaran polutan di Danau Tondano, dimana hasil dari pemetaan

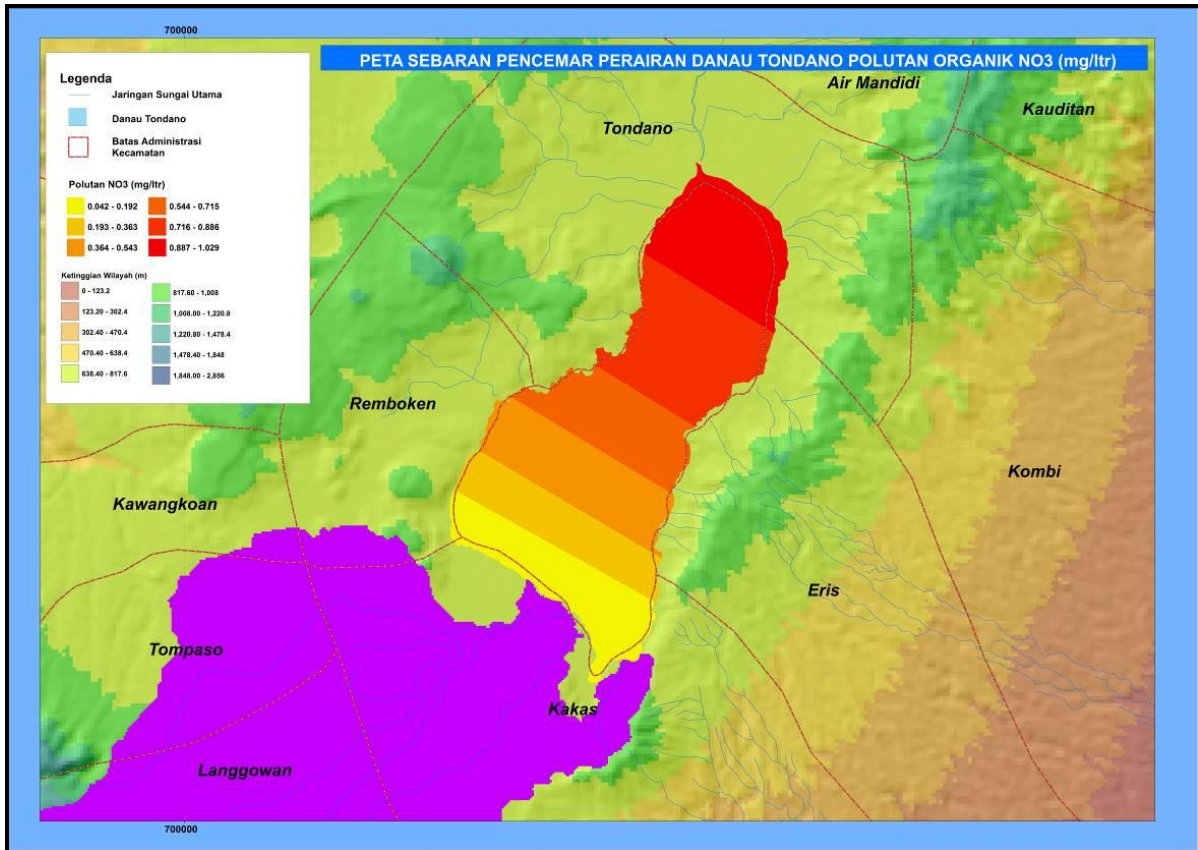
routing polutan adalah berdasarkan simulasi pemodelan WASP 7.0, yaitu sebagai berikut:



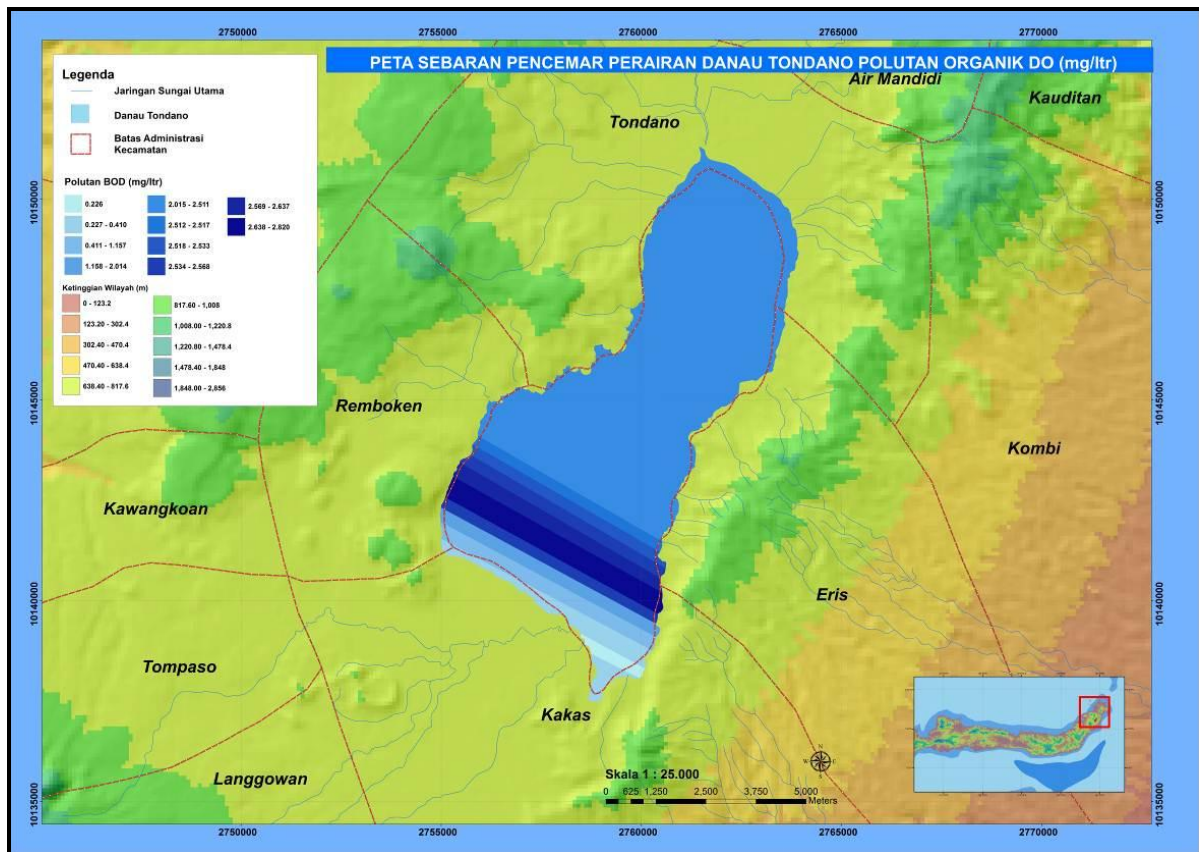
Gambar 9. Pola Sebaran Polutan Organik N Perairan Danau Tondano
Sumber : Analisa Pemodelan WASP



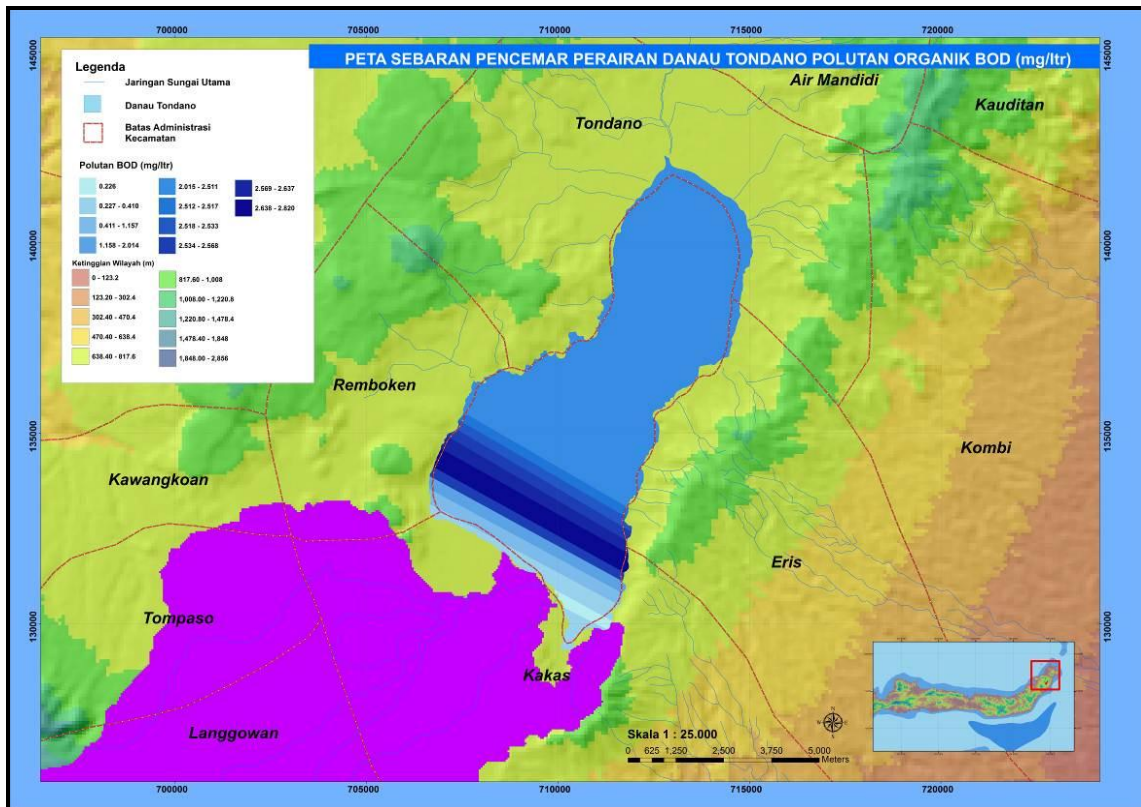
Gambar 10. Pola Sebaran Polutan Organik P Perairan Danau Tondano
Sumber : Analisa Pemodelan WASP



Gambar 11. Pola Sebaran Polutan Organik NO₃ Perairan Danau Tondano
Sumber : Analisa Pemodelan WASP



Gambar 12. Pola Sebaran Polutan Organik DO Perairan Danau Tondano
Sumber : Analisa Pemodelan WASP



Gambar 13. Pola Sebaran Polutan Organik BOD Perairan Danau Tondano
 Sumber : Analisa Pemodelan WASP

Berdasarkan data teknis Danau Tondano :

- Volume danau : 671,34 juta m³
- Kedalaman rerata : 14,54 m
- Luas perairan : 46,16 km²

➤ Debit inflow: 539481.60 m³/hari
 Dimana daya tampung Danau Tondano adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Daya Tampung Tiap Standar Kualitas Kesuburan Perairan Danau/Waduk Total N

Total N	Oligotrofik							
	Z (Kedalaman Rerata)	ρ	P std (mg/m ³)	R'	x	R	L (mg/m ² tahun)	L (kg/m ² tahun)
	14.54	0.29	650.000	0.72	0.55	0.872	21368.55	0.0214
	Mesotrofik							
	14.54	0.29	750.000	0.72	0.55	0.872	24656.02	0.0247
	Eutrofik							
	14.54	0.29	1900.000	0.72	0.55	0.872	62461.93	0.0625

Keterangan P std = Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau, KLH, 2009

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5. Daya Tampung Tiap Standar Kualitas Kesuburan Perairan Danau/Waduk Total P

Total P	Oligotrofik							
	Z (Kedalaman Rerata)	ρ	P std (mg/m ³)	R'	x	R	L (mg/m ² tahun)	L (kg/m ² tahun)
	14.54	0.29	10.00	0.71	0.55	0.872	328.75	0.0003
	Mesotrofik							
	14.54	0.29	30.00	0.71	0.55	0.872	986.24	0.0010
	Eutrofik							
	14.54	0.29	100.00	0.71	0.55	0.872	3287.47	0.0033

Keterangan P std = Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau, KLH, 2009

Sumber : Hasil Perhitungan

Sedangkan berdasarkan sebaran polutan berdasarkan hasil WASP, maka kondisi danau

Tondano adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Polutan Tertampung di Perairan Danau Tondano

Parameter	mg/l/hari	mg/m ³ hari	Debit Inflow (m ³ /hari)	kg	kg/tahun	kg/m ² Tahun
Total N	7.64	7636.44	539481.60	4119.72	1503697.44	0.03
Total P	0.74	735.52	539481.60	396.80	144831.36	0.003

Sumber : Hasil Perhitungan

Maka disimpulkan bahwa pada perairan danau Tondano, untuk beban pencemar total N dan P adalah pada status kewaspadaan eutrofik sehingga Danau Tondano sudah tidak mampu lagi menampung beban pencemar yang masuk ke dalam danau.

Usulan Penanganan

Untuk upaya penanganan akan dibagi dua, yaitu:

- Penanganan di DAS: Penataan kawasan DAS dan menghambat laju transpor polutan sungai menuju Danau Tondano dengan menempatkan ceckdam *wetland* di sungai bagian hulu danau Tondano, pengendalian pertambangan bahan galian golongan C di DAS Tondano, dan pengendalian permukiman.
- Penanganan di perairan: pengendalian pupuk kimia dan pestisida serta penertiban KJA, meminimalisasi terjadinya erosi, sedimentasi dan pengaturan tata air di sungai dan danau, pemulihan kualitas air akibat pembuangan limbah domestik, dan pengendalian eutrofikasi dan gulma air (eceng gondok).

KESIMPULAN

Kesimpulan pada hasil studi penelitian ini :

- Pola penyebaran kandungan polutan di perairan danau Tondano dipengaruhi oleh sumber inflow dari sungai-sungai sekitar, yaitu sungai DAS bagian hulu, sungai DAS bagian kanan, dan sungai DAS bagian kiri. Berdasarkan hasil pembahasan, sumber inflow Danau Tondano saat ini telah mengalami status status kewaspadaan eutrofik.
- Berdasarkan kelas trofik, danau saat ini sudah tidak mampu untuk menampung beban pencemar yang masuk, telah melampaui batas kelas mesotrofik.
- Akibat pemanfaatan lahan di DAS Danau Tondano, wilayah lahan DAS Danau Tondano memiliki potensi tinggi penghasil bahan pencemar yang akan masuk

keperairan danau, dimana dominan polutan N bersumber pada wilayah DAS bagian hulu sedangkan polutan P merata berasal dari lahan DAS sebelah kanan dan kiri, yaitu sebagai berikut:

- Untuk DAS dibagian hulu Danau Tondano, nilai rerata polutan organik N sebesar 0,038 kg N/ha/hari, nilai rerata polutan organik P sebesar 0.005 kg P/ha/hari, nilai rerata polutan NO₃ sebesar 0.002 kg N/ha/hari, nilai rerata polutan mineral P sebesar 0.002 kg P/ha/hari, dan nilai rerata polutan lahan fosfor terlarut adalah sebesar 0,00013 kg P/ha/hari.
- Untuk DAS di bagian kanan Danau Tondano, nilai rerata polutan organik N sebesar 0,025 kg N/ha/hari, nilai rerata polutan organik P sebesar 0.003 kg P/ha/hari, nilai rerata polutan NO₃ sebesar 0.001 kg N/ha/hari, nilai rerata polutan mineral P sebesar 0.001 kg P/ha/hari, dan nilai rerata polutan lahan fosfor terlarut adalah sebesar 0,0001 kg P/ha/hari.
- Untuk DAS dibagian kiri Danau Tondano, nilai rerata polutan organik N sebesar 0,057 kg N/ha/hari, nilai rerata polutan organik P sebesar 0.004 kg P/ha/hari, nilai rerata polutan NO₃ sebesar 0.051 kg N/ha/hari, nilai rerata polutan mineral P sebesar 0.001 kg P/ha/hari, dan nilai rerata polutan lahan fosfor terlarut adalah sebesar 0,025 kg P/ha/hari.

SARAN

- Perlu dilakukan secara serius dan terintegrasi oleh seluruh pemangku kepentingan dari Pemerintah Pusat, BP DAS Danau Tondano, BWS Sulawesi I, Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara, dan Pemerintah Kabupaten Minahasa (Dinas Kehutanan, Dinas Pertanian, Dinas Perkebunan, Dinas PU), untuk mengupayakan langkah-langkah kegiatan

rehabilitasi hutan dan lahan di kawasan DAS Danau Tondano.

2. Penelitian ini tidak menjadi kebenaran hasil yang mutlak, banyak hal yang menjadi kelemahan dan memerlukan perbaikan penelitian lanjutan untuk tujuan upaya pelestarian Danau Tondano sebagai aset nasional, karena mengingat keterbatasan waktu dan biaya, maka pada penelitian ini hanya dilakukan pengambilan sampel kualitas air pada lapisan permukaan air danau (epilimnion).
3. Diusulkan pada penelitian-penelitian selanjutnya untuk dilakukan kembali pengambilan sampel kualitas air pada lapisan air danau di bagian tengah (metalimnion) dan bagian yang terdalam dari perairan danau (hipolimnion).

DAFTAR PUSTAKA

- [WHO] World Health Organization. 1993. *Rapid Assesment of Sources of Air, Water, and Land Pollution*. Genewa, Switzerland.
- Ambrose, R.B. *et al.* 1988. WASP4, *A Hydrodynamic and Water Quality Model-Model Theory, User's Manual, and Programmer's Guide*. U.S. Environmental Protection Agency. Athens, GA.
- Djajadiningrat, S.T., Harsono, A.H., (1993), *Penilaian Secara Tepat Sumber Sumber Pencemaran Air, Tanah, dan Udara*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Neitsch, S.L, Arnold, J.G, Kiniry, J.R, Williams, J.R, and King, K.W. 2002. *Soil and Water Assesment Tool, Theoretical Documentation Version 2000*. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas TWRI Report TR-191.
- Neitsch, S.L, Arnold, J.G, Kiniry, J.R, Williams, J.R, and King, K.W. 2002. *Soil and Water Assesment Tool, User Manual Version 2000*. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas TWRI Report TR-191.
- Thomann, R.V. and J.J. Fitzpatrick. 1982. *Calibration and Verification of a Mathematical Model of The Eutrophication of The Potomac Estuary*. Prepared for Departement of Environmental Services, Government of The District of Columbia. Washington DC.