

**PREDIKSI PENYEBARAN POLUTAN DARI LAHAN
PERTANIAN DI DAS WADUK WONOREJO
KABUPATEN TULUNGAGUNG**

SKRIPSI



Disusun Oleh:
DIAN KUSUMAWARDHANI S.
(0310640016)

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
JURUSAN PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2007**

**PREDIKSI PENYEBARAN POLUTAN DARI LAHAN
PERTANIAN DI DAS WADUK WONOREJO
KABUPATEN TULUNGAGUNG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)



Disusun Oleh:
DIAN KUSUMAWARDHANI S.
(0310640016)

Menyetujui :

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

DR.Ir.Widandi Soetopo, M.Eng
NIP. 131 475 835

Ir. Ussy Andawayanti, MS
NIP. 131 645 151

**PREDIKSI PENYEBARAN POLUTAN DARI LAHAN
PERTANIAN DI DAS WADUK WONOREJO
KABUPATEN TULUNGAGUNG**

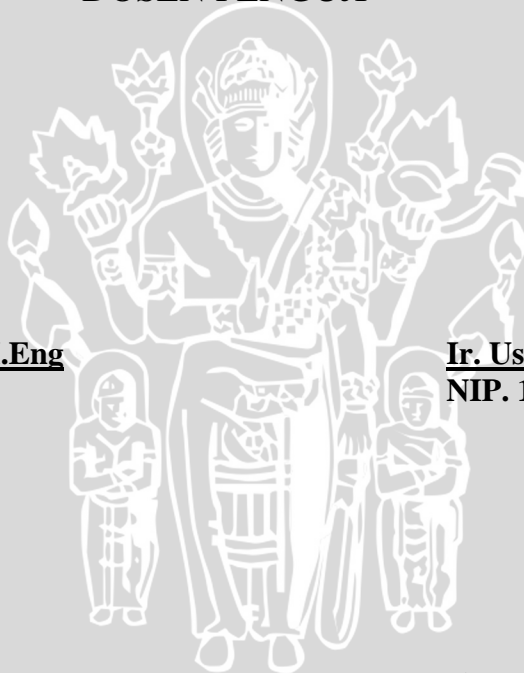
Disusun Oleh:

DIAN KUSUMAWARDHANI SURYA.

(0310640016)

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal 5 September 2007

DOSEN PENGUJI



DR.Ir.Widandi Soetopo, M.Eng
NIP. 131 475 835

Ir. Ussy Andawayanti, MS
NIP. 131 645 151

Ir.M. Janu Ismojo, MT
NIP. 131 574 853

Riyanto Haribowo, ST. MT
NIP. 132 304 300

Mengetahui,
Ketua Jurusan Pengairan

Ir.Rini Wahyu Sayekti, MS
NIP. 131 629 862



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan dan Kegunaan Studi.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum	5
2.2 Pencemaran Air.....	5
2.2.1 Sumber-Sumber Pencemaran Air	5
2.2.1.1 Limbah Domestik	6
2.2.1.2 Air Limbah Industri	6
2.2.1.3 Air Limbah Resapan	7
2.2.1.4 Air Limbah Pertanian.....	7
2.2.2 Proses Pencemaran Air	8
2.3 Hidrologi dan Ekosistem DAS	8
2.3.1 Siklus Hidrologi.....	9
2.3.2 Ekosistem DAS.....	10
2.4 Nitrogen dan Phospor	11
2.4.1 Nitrogen dan Phospor dalam tanah.....	12
2.5 Program AVSWAT 2000	14
2.5.1 Deskripsi AVSWAT 2000	15
2.5.1.1 Fase Penelusuran Siklus Hidrologi di Darat.....	16
2.5.1.2 Fase Penelusuran Siklus Hidrologi Aliran.....	17
2.5.2 Input Data AVSWAT 2000	17
2.6 Analisa dan Pengolahan Input Data Hidrologi AVSWAT 2000	17
2.6.1 Analisa Hidrologi.....	17
2.6.2 Pengolahan Input Data Hidrologi AVSWAT 2000	21

2.6.3	Pembangkit Cuaca (<i>Weather Generation</i>).....	21
2.6.4	Presipitasi.....	21
2.7	Teori Dasar AVSWAT 2000	26
2.7.1	Pengelompokan Nitrogen dan Phospor Menurut AVSWAT.....	26
2.7.2	Pengangkutan Nutrisi (<i>Nutrient Transport</i>).....	27
2.7.2.1	Pergerakan Nitrat	27
2.7.2.2	N Organik Pada Aliran Limpasan Permukaan.....	29
2.7.2.3	Rasio Penambahan N Organik Terhadap Sedimen.....	29
2.7.2.4	Pergerakan Phospor Terlarut	30
2.7.2.5	P Organik dan P Mineral yang Menyertai Sedimen dalam Limpasan	31
2.7.2.6	Rasio Penambahan Phospor Terhadap Sedimen	32
2.7.2.7	Laju Nutrisi Pada Aliran Limpasan dan Aliran Lateral	32
2.7.3	Parameter Kualitas Air.....	33
2.7.3.1	Carbonaceous Biological Oxygen Demand (CBOD)	33
2.7.3.2	Dissolved Oxygen (DO)	34
2.8	Fase Penyebaran Polutan AVSWAT 2000	34
2.8.1	Limpasan Permukaan (<i>Surface Runoff</i>)	34
2.8.1.1	Volume Limpasan Permukaan	35
2.8.1.2	<i>SCS Curve Number</i>	37
2.8.1.3	<i>Soil Hydrology Groups</i>	38
2.8.2	Debit Puncak Limpasan (<i>Peak Runoff Rate</i>)	39
2.8.2.1	Waktu Kosentrasi (<i>Time of Concentration</i>).....	40
2.8.2.2	Koefisien Aliran	43
2.8.2.3	Intensitas Hujan	43
2.8.2.4	Modifikasi Rumus Rasional	44
2.8.3	Beberapa <i>Tools</i> Penting Dalam AVSWAT 2000	45
2.8.3.1	<i>Automatic Deliniation</i>	45
2.8.3.2	<i>Land use & Soil Definition</i>	46
2.8.3.3	<i>HRU Distribution</i>	46
2.8.4	Hasil Simulasi Program AVSWAT 2000	46
2.9	Standart dan Kriteria Kualitas Air	47

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Gambaran Umum Lokasi Studi	50
3.2	Lokasi Studi	50
3.3	Sistematika Pengerjaan Studi	51
3.3.1	Pengumpulan Data	51
3.3.2	Tahapan Penyelesaian Masalah Studi	52

BAB IV ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1	Umum	57
4.2	Penentuan Batas DAS Waduk Selorejo	59
4.2.1	Pembuatan DTM <i>Digital Terrain Model</i> / DEM <i>Digital elevation Model</i>	60
4.2.2	Arah Aliran (<i>flow direction</i>)	60
4.2.3	Akumulasi Aliran (<i>flow accumulation</i>)	61
4.2.4	Delinasi DAS Waduk Selorejo	62
4.3	Pengolahan Data	70
4.3.1	Pengolahan Data Hujan	70
4.3.1.1	Uji Konsistensi.....	71
4.3.1.2	Pengolahan Data Hujan Untuk Input Data AVSWAT 2000	74
4.3.2	Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah.....	81
4.3.2.1	Kondisi Sebaran Tata Guna Lahan	81
4.3.2.2	Kondisi Sebaran Jenis Tanah	84
4.4	Tahapan Pemodelan AVSWAT 2000.....	86
4.4.1	Parameterisasi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah	86
4.4.2	Pengolahan HRU (<i>Hydrologi Respons Unit</i>).....	88
4.4.3	Input Data	90
4.4.4	Edit Input	91
4.4.5	Edit Input Manajemen Pengolahan Lahan Pertanian Lokasi Studi	93
4.5	Simulasi Pemodelan.....	97
4.5.1	Simulasi Awal dan Kalibrasi Aliran	97
4.5.1.1	Skenario I.....	101
4.5.1.2	Skenario II.....	103
4.5.1.3	Skenario III	104



4.5.1.4 Skenario IV	110
4.5.2 Simulasi Pasca Kalibrasi.....	115
4.5.3.1 Data Input Sumber Polutan.....	116
4.5.3.2 Kalibrasi Nutrisi.....	118
4.5.3.3 Simulasi Hasil Pemodelan	121
4.5.3.4 Fase Di Lahan	112
4.5.3.4.1 Limpasan Permukaan.....	122
4.5.3.4.2 Erosi	122
4.5.3.4.3 Nutrients/Pesticides	134
4.5.3.4.4 Organik N Pada Limpasan Permukaan.....	139
4.5.3.4.5 Organik P dan Mineral P yang Menyertai Sedimen Pada Lahan DAS Waduk Wonorejo	142
4.5.3.5 Fase di Sungai	148
4.5.3.5.1 Pola Penyebaran Polutan di Sungai	148
4.5.3.5.2 Penelusuran Debit Sungai	148
4.5.3.5.3 <i>In-Stream Nutrient Processes/Proses</i> Nutrien Pada Aliran	151
4.5.3.6 Fase di Waduk	174
4.5.3.6.1 Kandungan Polutan Waduk Selorejo Akibat Akumulasi Inflow Jaringan Sungainya.....	174
4.5.3.6.2 Analisa Hasil Simulasi Penyebaran Polutan di Waduk Wonorejo.....	176
4.5.4 Simulasi tahun 1 Januari 2006 – 31 Desember 2008.....	182
4.5.5 Simulasi tahun 1 Januari 2014 – 31 Desember 2014.....	190

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kajian Sebaran Polutan Fase di Lahan DAS Waduk Wonorejo.....	200
5.2 Kajian Sebaran Polutan Fase di Sungai DAS Waduk Wonorejo.....	205
5.2.1 Kriteria Mutu Air Sungai DAS Waduk Wonorejo	205
5.3 Analisa Besarnya Polutan di Lahan dan di Sungai Pada Das Waduk Wonorejo.....	210

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan212
6.2 Saran214

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bilangan Kurva Air Larian (CN) untuk Kondisi Hujan II pada Tanah Pertanian yang lain (SCS Engineering Division, 1986)	37
Tabel 2.2 Bilangan Kurva Air Larian (CN) untuk Kondisi Hujan II pada Tanah Pertanian yang Ditanami (SCS Engineering Division, 1986).....	37
Tabel 2.3 Bilangan Kurva Air Larian (CN) untuk Kondisi Hujan Awal II pada Daerah Pemukiman (SCS Engineering Division, 1986)	38
Tabel 2.4 Angka Kekasaran Manning (n) untuk Aliran di Lahan (Engman, 1983)	41
Tabel 2.5 Angka Kekasaran Manning (n) untuk Aliran di Saluran (Chow, 1959).....	43
Tabel 4.1 Karakteristik DAS	62
Tabel 4.2 Lokasi dan daerah pengaruh stasiun hujan di DAS Waduk Wonorejo	70
Tabel 4.3 Uji konsistensi data stasiun hujan Kampak	71
Tabel 4.4 Uji konsistensi data stasiun hujan Tugu	72
Tabel 4.5 Uji konsistensi data stasiun hujan Pagerwojo.....	73
Tabel 4.6 Contoh format data lokasi stasiun hujan harian.....	75
Tabel 4.7 Contoh format data hujan harian stasiun Kampak (KMPK)	75
Tabel 4.8 Contoh perhitungan susunan data hujan bulanan stasiun Kampak.....	76
Tabel 4.9 Input Data Hujan.....	80
Tabel 4.10 Sebaran tata guna lahan DAS Waduk Wonorejo.....	81
Tabel 4.11 Contoh data (*.dbf) peta tata guna lahan	82
Tabel 4.12 Sebaran Jenis Tanah DAS Waduk Wonorejo	84
Tabel 4.13 Contoh data (*.dbf) peta jenis tanah	84
Tabel 4.14 Teknik Budidaya Padi di Lahan Pertanian	94
Tabel 4.15 Teknik Budidaya Palawija (jagung, kacang tanah, kedelai, ubi kayu, dan ubi jalar)	96
Tabel 4.16 Data Debit Rata-rata Bulanan Inflow Waduk Wonorejo.....	97
Tabel 4.17 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Sebelum Kalibrasi (Default)	98
Tabel 4.18 Koefisien Sebelum Kalibrasi	99
Tabel 4.19 Parameter Parameter DAS Edit	101
Tabel 4.20 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario I.....	102

Tabel 4.22 Perbandingan Pengukuran Lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario II.....	103
Tabel 4.24 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario III A	105
Tabel 4.25 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario III B.....	106
Tabel 4.26 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario III C.....	108
Tabel 4.27 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario III D	109
Tabel 4.28 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario IV A	111
Tabel 4.29 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario IV B	112
Tabel 4.19 Koefisien Sesudah Kalibrasi.....	113
Tabel 4.30 Hasil Kalibrasi Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan	113
Tabel 4.37 Hasil Awal Sebelum Kalibrasi Nitrit (NO ₂)	119
Tabel 4.38 Hasil Sesudah Kalibrasi Nitrit (NO ₂)	119
Tabel 4.39 Hasil Awal Sebelum Kalibrasi NH ₃	120
Tabel 4.40 Hasil Sesudah Kalibrasi NH ₃	121
Tabel 4.45 Hujan Rerata Maksimum (mm) DAS Waduk Wonorejo	124
Tabel 4.46 Analisa Hasil Besar Hujan Berlebih (mm) Tahun 2003 – 2005	128
Tabel 4.47 Analisa Hasil Besar Debit Limpasan Permukaan.....	129
Tabel 4.48 Jumlah Rerata Sedimen Yield di Lahan Sub DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006	131
Tabel 4.49 Nilai Kandungan Polutan NO ₃ Pada Lahan Sub DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006	136
Tabel 4.50 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Organik N Kg_N/Ha Di Lahan DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006.....	140
Tabel 4.51 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Organik P Kg P/Ha Di Lahan DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006.....	144
Tabel 4.52 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Mineral P Kg_P/Ha Di Lahan DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006.....	145

Tabel 4.53 Penelusuran Rerata Debit Inflow Sungai DAS Waduk Wonorejo (m ³ /dt)	149
Tabel 4.54 Jumlah Rerata Sedimen di Sungai DAS Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	150
Tabel 4.55 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Organik N di Sungai DAS	154
Tabel 4.56 Jumlah Rerata Kandungan Polutan NH ₄ di Sungai	
DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006.....	158
Tabel 4.57 Jumlah Rerata Kandungan Nitrit (NO ₂) di Sungai	
DAS Waduk Wonorejo Tahun 2003 -2005	161
Tabel 4.58 Jumlah Rerata Kandungan Nitrat (NO ₃) di Sungai	
DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006.....	163
Tabel 4.60 Jumlah Rerata Kandungan Organik P di Sungai	
DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006.....	167
Tabel 4.61 Jumlah Rerata Kandungan Mineral_P di Sungai	
DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006.....	168
Tabel 4.62 Jumlah Kandungan Polutan Organik N di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	176
Tabel 4.63 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	177
Tabel 4.64 Jumlah Kandungan Polutan NO ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	178
Tabel 4.65 Jumlah Kandungan Polutan NO ₂ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	179
Tabel 4.66 Jumlah Kandungan Polutan NH ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	180
Tabel 4.67 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	181
Tabel 4.68 Jumlah Kandungan Polutan Organik N di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	182
Tabel 4.69 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	184
Tabel 4.70 Jumlah Kandungan Polutan NO ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	185
Tabel 4.71 Jumlah Kandungan Polutan NO ₂ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	186

Tabel 4.72 Jumlah Kandungan Polutan NH ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	188
Tabel 4.73 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	189
Tabel 4.74 Prosentase Tataguna Lahan Tahun 2005 dan 2014	191
Tabel 4.75 Jumlah Kandungan Polutan Organik N di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 dan 2014	193
Tabel 4.76 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 dan 2014	194
Tabel 4.77 Jumlah Kandungan Polutan NO ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 dan 2014	195
Tabel 4.78 Jumlah Kandungan Polutan NO ₂ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 dan 2014	196
Tabel 4.79 Jumlah Kandungan Polutan NH ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 dan 2014	197
Tabel 4.80 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 dan 2014	198
Tabel 5.1 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas	202
Tabel 5.2 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Pada Tahun 2014	205
Tabel 5.3 Rerata Prosentase Besarnya Organik_N yang Masuk ke Sungai	207
Tabel 5.4 Rerata Prosentase Besarnya Organik_P yang Masuk ke Sungai	208
Tabel 6.1 Jumlah Kandungan Polutan NO ² di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	212
Tabel 6.2 Jumlah Kandungan Polutan NH ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	213
Tabel 6.3 Nilai Kandungan BOD dan DO di Sungai-Sungai DAS Waduk Wonorejo	213

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daur Hidrologi	10
Gambar 2.2 Komponen-komponen ekosistem DAS Hulu.....	11
Gambar 2.3 Fungsi Ekosistem DAS	11
Gambar 2.4 Siklus Nitrogen dalam tanah.....	13
Gambar 2.5 Siklus Phospor dalam tanah.....	14
Gambar 2.6 Fase penelusuran siklus hidrologi di darat.....	17
Gambar 2.7 Kelompok Nitrogen dalam tanah.....	26
Gambar 2.8 Kelompok Phospor dalam tanah	27
Gambar 2.9 Grafik hubungan limpasan permukaan dengan curah hujan pada Metode SCS Curve Number	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Permasalahan	55
Gambar 3.2 Tata Letak Waduk Selorejo	56
Gambar 4.1 Konvensi penomoran grid arah aliran (<i>flow direction</i>).....	60
Gambar 4.2 Tahapan Pengolahan DEM/DTM	62
Gambar 4.3 Peta DEM (<i>Digital Elevation Model</i>)	64
Gambar 4.4 Peta Arah Aliran (<i>Flow Direction</i>)	65
Gambar 4.5 Peta Hasil Deliniasi Akumulasi Aliran Waduk Wonorejo	66
Gambar 4.6 Peta Hasil Deliniasi Sungai Sintetik Waduk Wonorejo.....	67
Gambar 4.7 Peta Bentuk Deliniasi DAS/Sub DAS Waduk Wonorejo	68
Gambar 4.8 Peta Lokasi Stasiun Hujan Waduk Wonorejo.....	69
Gambar 4.9 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Kampak.....	72
Gambar 4.10 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Tugu	73
Gambar 4.11 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Pagerwojo	74
Gambar 4.12 Contoh pengelompokan data hujan.....	74
Gambar 4.13 Contoh susunan analogi probabilitas 1	78
Gambar 4.14 Contoh susunan analogi probabilitas 2	79
Gambar 4.15 Peta Tataguna Lahan DAS Waduk Wonorejo	83
Gambar 4.16 Peta Jenis Tanah DAS Waduk Wonorejo	85
Gambar 4.17 Jendela dialog Definisi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah	87
Gambar 4.18 Report Hasil Definisi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah.....	88
Gambar 4.17 <i>HRU Distribution (dominant)</i>	89
Gambar 4.18 Input Data AVSWAT 2000	90

Gambar 4.19	Jendela dialog <i>Weather Data Definition</i>	91
Gambar 4.20	<i>Tools</i> Edit Input AVSWAT 2000	91
Gambar 4.21	Edit Input Manajemen Pengolahan Lahan	92
Gambar 4.22	Input Manajemen Data Pengolahan Lahan Pertanian.....	93
Gambar 4.23	Debit Inflow Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006.....	98
Gambar 4.24	Grafik Awal Sebelum Kalibrasi Debit (<i>Default</i>)	99
Gambar 4.25	Posisi dari Parameter HRU Data, GW Data, dan Sol Data.....	102
Gambar 4.26	Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario I.....	102
Gambar 4.27	Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario II.....	104
Gambar 4.28	Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario III A	106
Gambar 4.29	Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario III B.....	107
Gambar 4.30	Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario III C.....	108
Gambar 4.31	Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario III D	110
Gambar 4.32	Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario IV A	111
Gambar 4.33	Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario IV B	112
Gambar 4.34	Hasil Analisa Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Sesudah Kalibrasi Tahun 2005 – 2006.....	114
Gambar 4.35	Hasil Analisa Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan AVSWAT 2000 Sesudah Kalibrasi Tahun 2005	114
Gambar 4.36	Hasil Analisa Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan AVSWAT 2000 Sesudah Kalibrasi Tahun 2006	115
Gambar 4.37	Input Data Pertanian dan Pupuk	118
Gambar 4.38	Grafik Analisa Running Awal Nutrisi Nitrit (NO ₂) Sebelum Kalibrasi.....	119
Gambar 4.39	Grafik Hasil Analisa Nitrit (NO ₂) Sesudah Kalibrasi	120
Gambar 4.40	Grafik Analisa Running Awal Sebelum Kalibrasi NH ₃	120

Gambar 4.41 Grafik Hasil Running Awal NH ₃ Sesudah Kalibrasi	121
Gambar 4.42 Siklus Hidrologi	122
Gambar 4.43 Grafik Hujan Rerata Maksimum DAS Waduk Wonorejo	125
Gambar 4.44 Peta Kemiringan Lahan DAS Waduk Wonorejo	126
Gambar 4.45 Grafik Rerata Hujan Berlebih dan Hujan Rerata Maksimum DAS Waduk Wonorejo di Lahan Tahun 2005 – 2006.....	126
Gambar 4.46 Jumlah Kandungan Sedimen Yield di Lahan Sub DAS Waduk Wonorejo tahun 2005 – 2006	132
Gambar 4.47 Peta Rerata Sedimen Yield di Lahan DAS Waduk Wonorejo.....	133
Gambar 4.48 Siklus Nitrogen	134
Gambar 4.49 Jumlah Polutan NO ₃ di Lahan Tahun 2005 – 2006.....	137
Gambar 4.50 Peta Rerata Kandungan NO ₃ di Lahan DAS Waduk Wonorejo	138
Gambar 4.51 Jumlah Rerata Kandungan Organik N di Lahan Tahun 2005 – 2006.....	140
Gambar 4.52 Peta Rerata Organik_N di Lahan DAS Waduk Wonorejo.....	141
Gambar 4.53 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Organik P di Lahan Tahun 2005	144
Gambar 4.54 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Mineral P di Lahan Tahun 2005.....	145
Gambar 4.55 Peta Rerata Kandungan Organik_P di Lahan DAS Waduk Wonorejo...	146
Gambar 4.56 Peta Rerata Kandungan Mineral_P di Lahan DAS Waduk Wonorejo ...	147
Gambar 4.57 Rerata Debit Sungai DAS Waduk Wonorejo.....	149
Gambar 4.58 Jumlah Rerata Sedimen di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006	151
Gambar 4.59 Rerata Jumlah Kandungan Polutan Organik N di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006	155
Gambar 4.60 Jumlah Rerata Kandungan NH ₄ di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006	159
Gambar 4.61 Jumlah Rerata Kandungan Nitrit (NO ₂) di DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006	162
Gambar 4.62 Peta Rerata Kandungan Nitrit di Sungai DAS Waduk Wonorejo	
Gambar 4.63 Jumlah Rerata Kandungan Nitrat (NO ₃) di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006	164
Gambar 4.64 Peta Rerata Kandungan Nitrat di Sungai DAS Waduk Wonorejo	
Gambar 4.65 Jumlah Rerata Kandungan Organik P di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006	169

Gambar 4.66 Jumlah Rerata Kandungan Mineral P di Sungai DAS Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	169
Gambar 4.67 Jumlah Rerata Kandungan BOD di Sungai DAS Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	172
Gambar 4.68 Jumlah Rerata Kandungan DO di Sungai DAS Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	174
Gambar 4.69 Jumlah Kandungan Organik N di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	177
Gambar 4.70 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	178
Gambar 4.71 Jumlah Kandungan Polutan NO ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	179
Gambar 4.72 Jumlah Kandungan Polutan NO ₂ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	180
Gambar 4.73 Jumlah Kandungan Polutan NH ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	181
Gambar 4.74 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 – 2006	182
Gambar 4.75 Jumlah Kandungan Organik N di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	183
Gambar 4.76 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	185
Gambar 4.77 Jumlah Kandungan Polutan NO ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	186
Gambar 4.78 Jumlah Kandungan Polutan NO ₂ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	187
Gambar 4.79 Jumlah Kandungan Polutan NH ₃ di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	189
Gambar 4.80 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo	
Tahun 2006 – 2008	190
Gambar 4.81 Peta Tataguna Lahan 2014 DAS Waduk Selorejo	192
Gambar 4.82 Jumlah Kandungan Organik N di Waduk Wonorejo	
Tahun 2005 dan 2014	194

Gambar 4.83 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014	195
Gambar 4.84 Jumlah Kandungan Polutan NO ₃ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014	196
Gambar 4.85 Jumlah Kandungan Polutan NO ₂ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014	197
Gambar 4.86 Jumlah Kandungan Polutan NH ₃ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014	198
Gambar 4.87 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014	199
Gambar 5.1 Perbandingan Rerata Kandungan Sedimen Yield di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo.....	200
Gambar 5.2 Perbandingan Rerata Kandungan Organik_N di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo.....	200
Gambar 5.3 Perbandingan Rerata Kandungan Organik_P di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo.....	201
Gambar 5.4 Perbandingan Kandungan Nitrat (NO ₃) di Lahan DAS Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo.....	201
Gambar 5.5 Perbandingan Kandungan Mineral P di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo.....	202
Gambar 5.6 Perbandingan Kandungan Organik P Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo.....	202
Gambar 5.7 Perbandingan Kandungan Organik N Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo.....	203
Gambar 5.8 Perbandingan Kandungan Nitrat (NO ₃) Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo.....	203
Gambar 5.9 Perbandingan Kandungan Nitrit (NO ₂) Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo.....	204
Gambar 5.10 Perbandingan Kandungan Amonium (NH ₃) Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo.....	204
Gambar 5.11 Perbandingan Kandungan Mineral P Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo.....	205
Gambar 5.12 Grafik Konsentrasi NO ₃ Terhadap Baku Mutu Limbah Cair	206
Gambar 5.13 Grafik Konsentrasi NO ₂ Terhadap Baku Mutu Limbah Cair	207

Gambar 5.14 Grafik Konsentrasi BOD Terhadap Baku Mutu Limbah Cair207

Gambar 5.15 Grafik Konsentrasi DO Terhadap Baku Mutu Limbah Cair208

Gambar 5.16 Grafik Konsentrasi NO₃ Terhadap Baku Mutu Limbah Cair209

Gambar 5.17 Grafik Konsentrasi NO₂ Terhadap Baku Mutu Limbah Cair209

Gambar 5.18 Grafik Konsentrasi BOD Terhadap Baku Mutu Limbah Cair210

Gambar 5.19 Grafik Konsentrasi DO Terhadap Baku Mutu Limbah Cair210



ABSTRAKSI

Dian Kusumawardhani Surya, 0210640016, Prediksi Penyebaran Polutan Dara Lahan Pertanian Di DAS Waduk Wonorejo Kabupaten Tulungagung. Tugas akhir Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur. Dosen Pembimbing : DR.Ir. Widandi Soetopo, M.Eng dan Ir. Ussy Andawayanti, MS

Lahan Pertanian yang di beri pupuk dan mendapatkan air irigasi dari sungai, merupakan salah satu lahan yang berpotensi terhadap pencemaran di badan sungai saluran utama tempat membuang air drainasinya. Penanganan sejak dini sebaiknya dilakukan untuk mencegah terjadinya kondisi daya dukung sungai tak terpenuhi karena kadar polutan-polutan terlalu tinggi.

Software AVSWAT 2000 adalah program yang berbasis SIG yang bekerja sebagai ekstensi (Graphical User Interface) dalam software Arc View. Program AVSWAT 2000 dirancang khusus dan dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam suatu DAS. Salah satu di antaranya adalah memprediksi kandungan nutrisi dari lahan, sungai da waduk di suatu DAS.

Permukaan bumi di DAS Waduk Wonorejo direpresentasikan ke dalam bentuk *Digital Elevasion Model* (DEM) untuk mendapatkan karakteristik DAS yang lebih detail. Untuk mendapatkan nilai-nilai prediksi kualitas air, program membutuhkan *overlay* peta tata guna lahan dan peta tanah. Data hidrologi butuhkan dalam program untuk memperhitungkan kandungan air dalam DAS.

Suatu wilayah DAS dibagi menjadi sub DAS untuk mendapatkan informasi dan hasil running yang lebih terperinci. Dalam studi ini DAS Waduk Wonorejo di bagi menjadi 21 sub DAS dengan luas total 37615 Km² meliputi : Hutan sebesar 37.08%, belukar 5,03%, kebun 18.31%, sawah irigasi 5,10%, sawah tadah hujan 7.52%, ladang 16.72%. dalam studi ini terdapat 3 simulasi yaitu simulasi I (1 Januari 2005 – 31 Desember 2006) dilakukan untuk kalibrasi hasil simulasi dengan data debit dan kualitas air PJT tahun 2005 – 2006, simulasi II (1 Januari 2006 – 31 Desember 2008) dengan tata guna lahan yang sama dan simulasi III (1 Januari 2014 – 31 Desember 2014) dengan tata guna lahan yang berbeda.

Berdasarkan kriteria baku mutu air, bahwa hasil simulasi tahun 2005 – 2006 kondisi kualitas airnya terhadap daya dukung beban pencemar masih memenuhi standar baku. Hasil simulasi dengan perubahan tataguna lahan untuk nilai polutan N dan P terjadi kenaikan konsentrasi yang cukup fluktuatif. Secara keseluruhan hasil yang didapat menunjukkan bahwa kondisi kualitas air di sungai dan di waduk masih dalam ambang baku mutu standart kualitas air.

Kata Kunci : *Digital Elevasion Model*, *overlay* , Tataguna Lahan, Polutan

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air mempunyai fungsi utama serta mutlak diperlukan bagi kehidupan di bumi, namun jumlah air yang tersedia tetap, tersebar tidak merata dalam ruang dan waktu, sedangkan kebutuhan air terus meningkat, selain itu kualitas air semakin menurun karena limbah. Sungai adalah salah satu sumber air yang paling banyak digunakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Air sungai diambil untuk dimanfaatkan tetapi air sungai pula yang dibebani pembuangan limbah.

Pencemaran air adalah suatu peristiwa masuknya zat kedalam air yang mengakibatkan kualitas air menurun, sehingga dapat mengganggu atau membahayakan masyarakat. Sampai saat ini pencemaran air, terutama sungai di Indonesia sudah menjadi masalah yang serius. Dalam perkembangan suatu daerah, menyebabkan semakin menurunnya kualitas air sungai.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan yang kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama. Dimana wilayah daerah tersebut disebut Daerah Tangkapan Air (*Cathment Area*) yang merupakan ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumber daya alam (tanah, air dan vegetasi) dan sumber daya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam (Chay Asdak, 2002:4).

Pengelolaan suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) kian menjadi perhatian khusus berkenaan dengan semakin meningkatnya kesadaran manusia untuk memelihara fungsi-fungsi sungai. Suatu DAS hendaknya dikelola dengan baik, terencana dan terpadu agar menimbulkan dampak-dampak yang menguntungkan bagi kelangsungan keberadaan sungai itu sendiri maupun untuk memelihara manfaatnya untuk manusia. Pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat manipulasi sumberdaya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumberdaya air dan tanah. Pengelolaan DAS mempunyai arti sebagai pengelolaan dan alokasi sumberdaya alam di daerah aliran sungai termasuk pencegahan banjir dan erosi, serta perlindungan nilai keindahan yang berkaitan dengan sumberdaya alam (Chay Asdak, 2002:5).

1.2. Identifikasi Masalah

Sungai Bodeng merupakan input dari waduk Wonorejo. Seperti pada umumnya sungai difungsikan sebagai penyediaan air baku PDAM, pertanian, industri, tenaga listrik dan pariwisata, dan juga merupakan tempat pembuangan limbah cair, baik industri, pertanian maupun rumah tangga. Sungai juga dimanfaatkan sebagai pengendalian banjir. Sebagian besar sungai dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi lahan-lahan pertanian yang berada disekitar aliran sepanjang sungai utama.

Kualitas air sungai sebelum mengairi sawah dan setelah keluar sawah tentu terdapat perbedaan. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas air sungai yang keluar dari lahan pertanian adalah faktor pemberian pupuk pada lahan. Fungsi pupuk sendiri adalah untuk menyuburkan tanaman, namun perlu diingat bahwa bahan-bahan pupuk adalah zat-zat kimia. Kandungan pupuk yang berlebihan akan dapat menyebabkan terkontaminasinya air yang menggenang di dalam sawah.

Pupuk pada umumnya banyak mengandung unsur Nitrogen (N) dan Phosphor (P), karena kedua unsur ini sangat berperan dalam pertumbuhan tanaman pada lahan pertanian itu sendiri. Suatu tanaman memerlukan unsur Nitrogen (N) lebih besar daripada unsur yang lain selain Oksigen, Hidrogen, dan Karbon. Unsur N di diperoleh tanaman lewat proses pemupukan, karena pupuk kaya akan unsur N. Unsur N merupakan elemen yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Siklus nitrogen merupakan suatu sistim yang kompleks dan dinamis karena adanya kandungan unsur lain yaitu air, udara, dan tanah. Selain unsur N, unsur terbesar kedua yang dibutuhkan oleh tanaman adalah unsur P atau Fosfor. Meskipun tidak sebanyak nitrogen, unsur P dibutuhkan untuk berbagai fungsi esensial suatu tanaman. Yang paling penting dari unsur P adalah perannya dalam penyimpanan dan transfer energi tanaman. Energi yang dihasilkan dari proses fotosintesis dan metabolisme karbohidrat disimpan dalam komponen fosfor yang nantinya digunakan untuk proses pertumbuhan dan reproduksi.

Fungsi sungai salah satunya adalah tempat kembalinya air yang dibuang dari dalam sawah (drainasi). Pada gilirannya apabila kandungan pupuk dalam sawah berlebihan, hal ini akan mengganggu kualitas air sungai. Jika kondisi tersebut berlangsung terus menerus untuk mengantisipasinya diperlukan suatu metode kontrol secara cepat dan cermat. Hal itu dapat dilakukan dengan permodelan kualitas air sungai.

1.3. Batasan Masalah

Untuk mendekati sasaran yang diharapkan maka perlu diadakan pembatasan permasalahan. Batasan masalah pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam studi adalah DAS Waduk Wonorejo yang terletak pada bagian tengah DAS Brantas.
2. Kandungan polutan yang diteliti adalah unsur Nitrogen (N) dan unsur Phosphor (P) yang dihasilkan dari lahan pertanian.
3. Lahan pertanian yang dimaksud adalah lahan yang diberi pupuk dan menerima air irigasi dari air hujan.
4. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan adalah AVSWAT 2000.
5. Tidak membahas tentang penyusunan dasar program AVSWAT 2000, namun teori dan aplikasinya akan dijelaskan.
6. Tidak membahas analisa ekonomi.
7. Digunakan data sekunder dan tidak dilakukan verifikasi lapangan atas hasil intrepetasi karena terbatasnya biaya, alat dan waktu.
8. Rumus-rumus yang dipakai dalam perhitungan ini dianggap sudah memenuhi (*universal*) dan teruji kebenarannya berdasarkan metode ilmiah.

1.4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam studi ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa besar kandungan unsur Nitrogen (N) dari lahan pertanian di Waduk Wonorejo berdasarkan hasil simulasi dari AVSWAT 2000? Berapa besar penyimpangan hasil simulasi AVSWAT dengan data lapangan?
2. Bagaimanakah besarnya nilai BOD dan DO di sungai-sungai DAS Waduk Wonorejo berdasarkan hasil simulasi?
3. Bagaimana tingkat pola penyebaran polutan Nitrogen (N) dan Phospor (P) untuk simulasi tahun yang akan datang, yaitu Tahun 2014?
4. Bagaimanakah penilaian kondisi parameter kualitas air (Nitrogen, Phospor, BOD dan DO) di DAS Waduk Wonorejo berdasarkan standar baku mutu limbah cair yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 ?

1.5. Tujuan dan Kegunaan Studi

Tujuan dari studi ini adalah :

1. Untuk memprediksi besarnya nilai parameter kualitas air unsur Nitrogen dan Phosphor dari lahan pertanian di DAS Waduk Wonorejo.
2. Untuk memanfaatkan teknologi SIG (Sistem Informasi Geografis) dalam menyelesaikan suatu masalah sumber daya air.

Adapun kegunaan dari studi ini adalah :

1. Dengan diperolehnya informasi hasil studi ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan dan pertimbangan dalam pengelolaan suatu DAS.
2. Memperkenalkan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan perangkat lunak (*software*) AVSWAT 2000 untuk menyelesaikan masalah pengelolaan sumberdaya air pada suatu DAS.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Umum

Sungai merupakan tempat dan wadah serta jaringan pengaliran mulai dari mata air sampai muara yang dibatasi kanan kirinya sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan. Dalam pengelolaannya, sungai harus disesuaikan dengan peruntukannya. Apabila peruntukannya sebagai pengendali banjir, maka harus dibuat model pengaliran sungai bagai pengendali banjir. Tetapi apabila sungai difungsikan sebagai sumber air baku, baik untuk kebutuhan domestik, industri dan pertanian, maka kualitas air yang harus dijaga. Kualitas air sangat dipengaruhi oleh kegiatan-kegiatan di sekitar sungai.

2.2. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah berubahnya kualitas air akibat masuknya bahan pencemar ke badan air. Pencemaran air dapat terjadi diakibatkan oleh alam dan manusia. Pemantauan pencemaran oleh alam sulit dilakukan, yang lebih mudah untuk dipantau adalah pencemaran yang diakibatkan oleh manusia. Pencemaran oleh manusia dapat timbul dari berbagai macam kegiatan, baik disengaja maupun tidak dan pada umumnya jauh lebih besar pengaruhnya daripada pencemaran oleh alam.

Pencemaran air dapat diidentifikasi dengan beberapa cara antara lain dengan pengamatan tidak langsung dan langsung. Pengamatan tidak langsung adalah melalui keluhan penduduk sekitar pemakai air yang bebau bahan kimia. Sedangkan pengamatan langsung adalah melalui indera untuk mengidentifikasi bau busuk, kekeruhan dan kematian ikan. Selain itu pencemaran air dapat diidentifikasi melalui penelitian laboratorium.

2.2.1. Sumber-sumber Pencemaran Air

Pencemaran sungai terjadi karena perubahan kualitas air sungai sebagai akibat dari masuknya limbah secara berlebihan oleh berbagai kegiatan pada daerah pengalirannya. Limbah dapat dibedakan menjadi:

- Air limbah domestik yaitu air limbah dari daerah pemukiman, daerah perdagangan dan daerah kelembagaan.
- Air limbah industri yaitu sisa bahan buangan yang digunakan untuk memproses bahan baku menjadi produk industri.
- Air limbah resapan yaitu air dari luar yang masuk ke dalam sistem pembuangan.

d. Air limbah pertanian.

2.2.1.1. Limbah Domestik

Limbah domestik dapat berwujud gas, cair atau padat. Sekitar 70% air yang digunakan pada pemukiman akan kembali menjadi air buangan. Kondisi limbah cair sisa kegiatan mencuci, mandi, dapur dan kakus dipengaruhi oleh banyak faktor (Cahyani.1987 : 12) :

- Musim / iklim
- Ada tidaknya pengolah sebelum dibuang ke badan sungai
- Kualitas kebiasaan hidup masyarakat

a. Daerah Pemukiman

Daerah pemukiman saat ini merupakan sumber pencemaran terbesar di Indonesia karena usaha-usaha pengolahan limbah penduduk masih sangat terbatas. Pencemaran air akibat limbah penduduk akan terjadi pada sungai yang mengalir pada kota-kota besar. Hal ini disebabkan karena kepadatan penduduk menghasilkan limbah yang melebihi daya dukung sumber-sumber lain. Jenis bahan pencemar yang penting dari limbah penduduk antara lain BOD, nitrogen, fosfor, detergen dan bakteri koli tinja.

b. Daerah Perdagangan

Aliran limbah yang berasal dari daerah perdagangan secara umum dihitung dalam $m^3/ha/hari$ didasarkan pada data perbandingan. Data aliran ini dapat bervariasi dari 4 - 1500 liter/hari.

2.2.1.2. Air Limbah Industri

Untuk meningkatkan taraf hidup serta kesejahteraan masyarakat, berbagai usaha telah dilaksanakan oleh pemerintah. Salah satu yang sedang digalakkan adalah sektor industri, baik industri berat maupun industri ringan. Untuk mengubah bahan baku menjadi bahan produk industri dibutuhkan air dalam proses produksinya. Kebutuhan air industri secara garis besar digunakan untuk :

a. Ketel uap

Sebagian dari uap air yang masuk dikeluarkan kembali karena kandungan garam oksida dari kalsium, natrium, magnesium sudah sangat tinggi.

b. Pendinginan

Umumnya jumlah maupun komposisi air pendingin tidak banyak berubah.

c. Proses produksi

Dalam proses produksi air dapat berfungsi sebagai media maupun ikut dalam reaksi, karena itu air yang keluar dari proses dapat mengalami perubahan yang sangat besar pada komposisi maupun kualitasnya.

- d. Keperluan umum seperti minum, kamar kecil dan lain-lain

Menurut Cahyani (1987) bahan-bahan industri yang menyebabkan pencemaran air antara lain :

- a. Garam organik yang menyebabkan kesadahan.
- b. Asam / alkali yang mengganggu kehidupan air
- c. Bahan organik yang menyebabkan kandungan BOD dan COD tinggi
- d. Padatan tersuspensi yang menyebabkan bau dan oksigen terlarut rendah, serta kekeruhan yang mengganggu penetrasi sinar matahari.
- e. Bahan kimia beracun

2.2.1.3. Air Limbah Resapan

Apabila turun hujan resapan disuatu daerah, maka air yang turun secara cepat akan mengalir masuk kesaluran pembuang. Apabila saluran tidak mampu menampung, maka limpahan air hujan akan bergabung dengan saluran air limbah. Dengan demikian akan terjadi penambahan debit yang cukup besar pada saluran air limbah, maka air hujan yang masuk kedalam saluran air limbah perlu dipertimbangkan.

Selain itu yang masuk melalui limpahan juga terdapat air hujan yang menguap, diserap oleh tumbuhan-tumbuhan dan yang meresap kedalam tanah sebagai air tanah. Apabila air permukaan tanah bertemu dengan saluran limbah, maka dapat terjadi penyusupan air tanah ke dalam saluran melalui sambungan-sambungan pipa atau celah-celah yang ada akibat kerusakan pipa.

2.2.1.4. Air Limbah Pertanian

Kegiatan pertanian yang secara langsung dapat menyebabkan pencemaran adalah adanya penggunaan bermacam pestisida dan pupuk. Sisa pestisida dan pupuk terbawa oleh air hujan dan drainase sawah atau daerah pertanian menuju saluran pengaliran, sungai dan waduk.

Berdasarkan komposisi kimia pestisida terdiri dari organoklorin, organofosfat dan carbamat. Golongan organoklorin lebih berbahaya karena proses pencuciannya lebih lama, sedangkan pupuk mengandung unsur hara nitrogen dan fosfor dapat merangsang pertumbuhan gulma dari waduk, yang menyebabkan proses pembusukkan dan pengendapan.

2.2.2. Proses Pencemaran Air

Bahan pencemar air dapat berupa bahan padat maupun bahan cair baik itu organik maupun anorganik. Pada dasarnya ada 4 proses dalam pencemaran air yaitu:

1. Proses Degradasi

Pada tahap ini terjadi proses dekomposisi atau penguraian. Dalam proses ini dibutuhkan oksigen, sehingga kadar oksigen terlarut dalam air akan cepat berkurang dan menjadi 40% saja. Akibat air menjadi kotor dan keruh, sehingga sinar matahari tidak dapat masuk kedalam air.

2. Proses Dekomposisi

Pada tahap ini oksigen terlarut akan turun menjadi 40%-0%. Apabila pencemaran air tidak berlanjut, maka DO akan naik lagi sampai 40 % jika tetap berlanjut tidak akan ada lagi ikan yang hidup. DO akan meningkat sedikit demi sedikit jika proses dekomposisi kurang. Bila pencemaran terus berlangsung maka proses dekomposisi akan berjalan hebat.

3. Proses Rehabilitasi

DO terlarut akan menjadi lebih besar. Kehidupan air secara mikroskopis mulai kelihatan, air akan terlihat lebih jernih dari tahapan sebelumnya. Jamur-jamur mulai hilang dan algae mulai nampak kembali.

4. Proses Penjernihan

Pada proses ini ditandai dengan meningkatnya oksigen terlarut secara maksimal sampai jenuh. Hal ini terjadi antara lain akibat proses fotosintesa dan proses pernafasan yang membebaskan oksigen dan larutnya oksigen dari atmosfer kedalam air yang selanjutnya keadaan badan air akan pulih kembali.

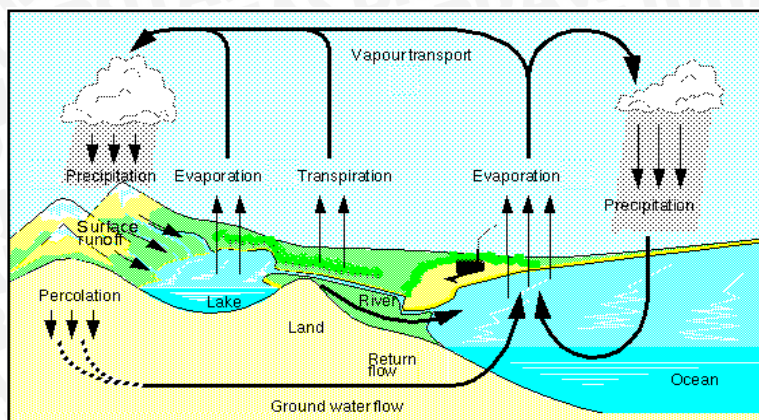
2.3 Hidrologi dan Ekosistem DAS

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam dan diatas permukaan tanah. Termasuk didalamnya adalah penyebaran, daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air sendiri. Sedangkan hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) sendiri adalah cabang dari ilmu hidrologi itu sendiri, yang mempelajari pengaruh pengelolaan vegetasi dan lahan di daerah tangkapan air bagian hulu (*upper cathment*) terhadap daur air, termasuk pengaruhnya terhadap erosi, kualitas air, banjir dan iklim di daerah hulu dan hilir.

2.3.1 Siklus Hidrologi

Secara alamiah daur hidrologi dapat ditunjukkan seperti terlihat pada Gambar 2.1, dimana selama berlangsungnya daur hidrologi tersebut air melakukan perjalanan dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut dan seterusnya tidak pernah berhenti, air tersebut akan tertahan (sementara) disungai, danau (waduk), dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar, dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan.

Sebelum mencapai permukaan tanah air hujan tersebut akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan tersebut akan tersimpan dipermukaan tajuk/daun selama proses pembasahan tajuk dan sebagian lainnya akan jatuh keatas permukaan tanah melalui sela-sela daun (*throughfall*) atau mengalir ke bawah melalui permukaan batang pohon (*stemflow*). Sebagian air hujan tidak akan pernah sampai dipermukaan tanah melainkan terevaporasi kembali ke atmosfer (dari tajuk dan batang) selama dan setelah berlangsungnya hujan (*interception loss*). Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk (terserap) ke dalam tanah (*infiltration*), dan sisanya akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) untuk kemudian mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah (*runoff*), selanjutnya masuk ke sungai. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah, apabila kelembaban tanah sudah cukup jenuh maka air hujan tersebut akan bergerak secara lateral (horisontal) untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah (*subsurface flow*) dan akhirnya akan mengalir ke sungai. Air hujan yang masuk ke dalam tanah tersebut dapat pula bergerak vertikal ke tanah yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*). Air tanah tersebut dalam musim kemarau, akan mengalir pelan-pelan ke sungai, danau atau tempat penampungan alamiah lainnya (*baseflow*). Sebagian air infiltrasi yang tetap tinggal dalam lapisan tanah bagian atas (*top soil*) kemudian diuapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah (*soil evaporation*) dan melalui permukaan tajuk vegetasi (*transpiration*).

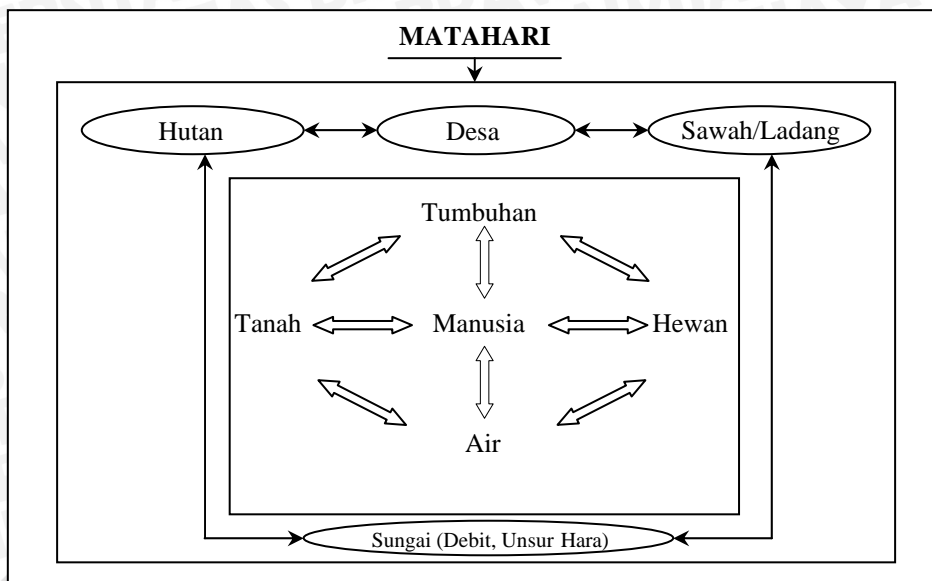


Courtesy Erich Roeckner, Max Planck Institute for Meteorology

Gambar 2.1 Daur Hidrologi

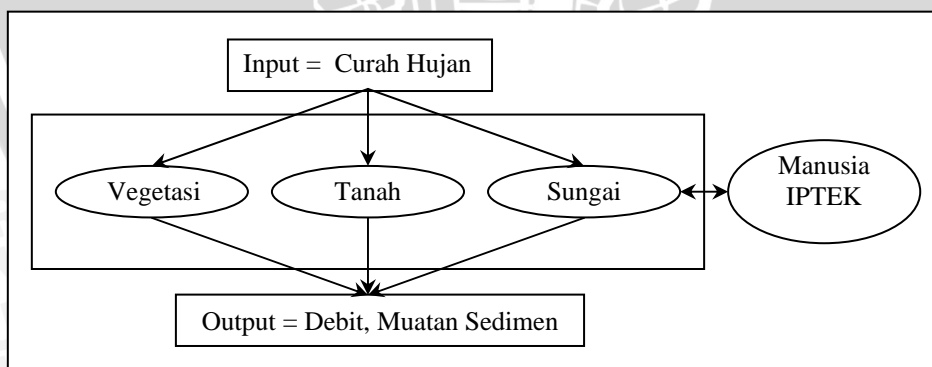
2.3.2 Ekosistem DAS

Daerah Aliran Sungai dapat dianggap sebagai suatu ekosistem, karena ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Ekosistem terdiri atas komponen biotis dan abiotis yang saling berinteraksi membentuk satu kesatuan yang teratur. Aktivitas suatu komponen ekosistem selalu memberi pengaruh pada komponen sistem ekonomi yang lain. Manusia adalah salah satu komponen yang penting. Sebagai komponen yang dinamis, manusia dalam menjalankan aktivitasnya seringkali mengakibatkan dampak pada salah satu komponen lingkungan, dan demikian akan mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Pada gambar 2.2 menunjukkan bahwa adanya hubungan timbal balik antar komponen ekosistem DAS, maka apabila terjadi perubahan salah satu komponen lingkungan, ia akan mempengaruhi komponen-komponen yang lain. Perubahan komponen-komponen tersebut akan mempengaruhi keutuhan sistem ekologi di daerah tersebut (Chay Asdak, 2002:15).



Gambar 2.2 Komponen-komponen ekosistem DAS hulu
 Sumber : Chay Asdak, 2002:16

Ekosistem DAS hilir merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Perlindungan ini, antara lain dari segi fungsi tata air. Sehingga DAS hilir seharusnya menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS mengingat bahwa dalam suatu DAS, daerah hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Pada gambar 2.3 menunjukkan proses yang berlangsung dalam suatu ekosistem DAS, dimana input berupa curah hujan sedangkan output debit aliran atau muatan sedimen. Curah hujan, jenis tanah kemiringan lereng, vegetasi dan aktivitas manusia mempunyai peranan penting dalam berlangsungnya proses erosi dan sedimentasi.



Gambar 2.3 Fungsi ekosistem DAS
 Sumber : Chay Asdak, 2002

2.4 Nitrogen dan Fosfor

Nitrogen dan Fosfor dalam aliran sungai berasal dari lahan yang masuk ke sungai melalui limpasan permukaan, air tanah dan aliran air tanah lateral berdasarkan siklus hidrologi. Unsur Nitrogen dan Fosfor yang ada dalam tanah merupakan unsur-

unsur dalam bentuk senyawa. Semua bentuk N-organik akan dirombak menjadi NH_4 , selanjutnya dalam kondisi aerobik, amonium (NH_4) akan dirombak menjadi Nitrat (NO_3). Amonium dapat diserap oleh koloid tanah, sehingga terhindar dari pencucian, sedangkan Nitrat yang melarut sempurna dalam air akan mudah sekali diangkut oleh air ke lapisan tanah yang lebih dalam. Dalam keadaan tergenang Nitrat akan dirombak oleh bakteri denitrifikasi menjadi Nitrit (NO_2).

Air minum yang tercemar NO_3 apabila dikonsumsi manusia ataupun hewan ternak maka darah tidak dapat mensuplai oksigen untuk sel, untuk ternak dapat mengalami keguguran, diare, mengurangi nafsu makan dan mengurangi kemampuan ternak untuk mengerjakan sesuatu.

Masalah kedua yang berkaitan dengan perkayaan air dengan NO_3 bersama-sama dengan Fosfat (P) adalah perkayaan berlebihan air danau atau sungai-sungai yang umumnya disebut eutrofikasi. Kondisi eutrofik sangat memungkinkan alga, tumbuhan air berukuran mikro, untuk tumbuh berkembang biak dengan pesat (bloom) akibat ketersediaan fosfat yang berlebihan serta kondisi lain yang memadai. Hal ini bisa dikenali dengan warna air yang menjadi kehijauan, berbau tak sedap, dan kekeruhannya yang menjadi semakin meningkat. Banyaknya eceng gondok yang bertebaran di rawa-rawa dan danau-danau juga disebabkan fosfat yang sangat berlebihan ini. Akibatnya, kualitas air di banyak ekosistem air menjadi sangat menurun. Rendahnya konsentrasi oksigen terlarut, bahkan sampai batas nol, menyebabkan makhluk hidup air seperti ikan dan spesies lainnya tidak bisa tumbuh dengan baik sehingga akhirnya mati. Hilangnya ikan dan hewan lainnya dalam mata rantai ekosistem air menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem air. Permasalahan lainnya, *cyanobacteria* (*blue-green algae*) diketahui mengandung toksin sehingga membawa risiko kesehatan bagi manusia dan hewan. *Algal bloom* juga menyebabkan hilangnya nilai konservasi, estetika, rekreasi, dan pariwisata sehingga dibutuhkan biaya sosial dan ekonomi yang tidak sedikit untuk mengatasinya.

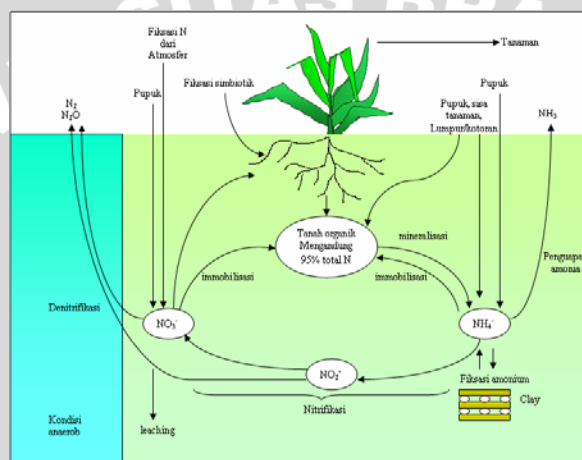
2.4.1 Nitrogen dan Phospor dalam tanah

Nitrogen adalah elemen yang paling penting dibutuhkan tanaman dan yang paling sulit diatur dari semua elemen nutrisi tumbuhan lainnya. Tanaman membutuhkan Nitrogen lebih banyak dari elemen-elemen penting lain yang dibutuhkan oleh suatu tanaman, tidak termasuk karbon, oksigen, dan hidrogen.

Siklus Nitrogen di dalam tanah adalah bagian dari siklus Nitrogen global yang bisa dikatakan sebagai sebuah ringkasan konsep interaksi perubahan N secara kimia, fisika, dan biologi di dalam tanah. Perubahan N terjadi karena reaksi-reaksi berikut :

- Siklus perubahan N dalam bentuk organik dan anorganik (*mineralization and immobilization*)
- Hilangnya gas N ke atmosfer (*ammonia volatilization and denitrification*)
- Hilangnya N karena pergerakan air dalam tanah (*leaching and erosion*)
- dan fiksasi N biologis (*biological N fixation*)

mikroorganisme di dalam tanah mempunyai peranan penting dalam banyak proses perubahan reaksi siklus Nitrogen dalam tanah.

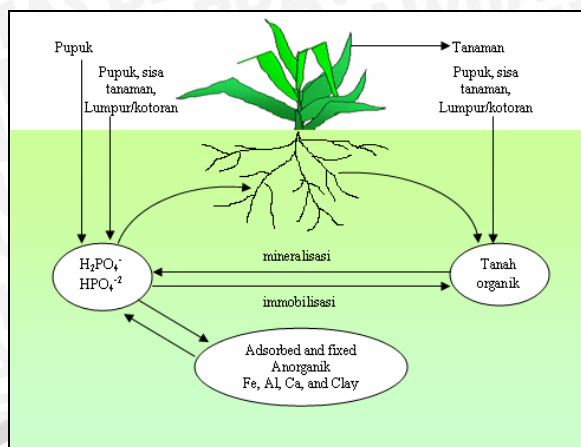


Gambar 2.4 Siklus Nitrogen dalam tanah

Sumber : Anonim 2000, 2002 : 176

Phospor adalah elemen yang mempunyai peranan penting dalam tanaman, meskipun dalam peranannya Nitrogen lebih besar daripada Phospor, tetapi Phospor mempunyai peranan yang sangat penting yaitu dapat menyimpan dan mengangkut energi yang didapat dari proses fotosintesis dan metabolisme karbohidrat, disimpan untuk digunakan dalam proses pertumbuhan dan reproduksi tanaman.

Tiga bentuk utama Phospor dalam tanah mineral adalah Phospor organik yang berhubungan dengan humus, Phospor tidak terlarut dalam Phospor mineral, dan Phospor yang dapat diserap tanaman dalam larutan tanah. Phospor dalam tanah didapat dari zat penumbuh tumbuhan, pemberian pupuk dan residu tanaman. Phospor hilang dari dalam tanah karena diserap tanaman dan erosi.



Gambar 2.5 Siklus Phospor dalam tanah

Sumber : Anonim 2000, 2002 : 194

Tidak seperti Nitrogen yang mempunyai mobilitas tinggi, daya larut Phospor sangat terbatas. Phospor menyatu dengan ion-ion tanah membentuk suatu senyawa tak terlarut. Proses ini mendesak Phospor dekat dengan permukaan tanah, dan membuatnya mudah terangkut bersama limpasan permukaan. Limpasan permukaan adalah mekanisme utama dalam proses pengangkutan Phospor dari daerah tangkapan DAS (Sharpley & Syers, 1979)

2.5 Program AVSWAT 2000

AVSWAT (*Arc View Soil and Water Assessment Tool*) adalah sebuah *software* yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) *ArcView 3.1 atau 3.2 (ESRI)* sebagai ekstensi (*graphical user interface*) di dalamnya. Program ini dikeluarkan oleh *Texas Water Resources Institute, College Station, Texas, USA*. *ArcView* sendiri adalah salah satu dari sekian banyak program yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem berbasis komputer yang memberi 4 (empat) kemampuan untuk menangani data bereferensi geografis, yaitu meliputi pemasukan, pengolahan atau manajemen data (penyimpanan atau pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis serta keluaran, (Arronoff, 1989). Di dalam SIG data tersimpan dalam format digital, jumlah data yang besar dapat tersimpan dan diambil kembali secara cepat dan efisien. Keunggulan SIG lainnya adalah kemampuan memanipulasi data dan analisis data spasial dengan mengkaitkan data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda ke dalam suatu analisis tunggal.

Struktur data yang digunakan sebagai representasi dari kondisi asli kenampakan objek yang ada di bumi di dalam pengolahan *data base* SIG dibagi dalam dua

kelompok, yang pertama adalah jenis data spasial yaitu basis data dalam struktur vektor dan yang kedua adalah basis data dalam struktur *grid/raster*.

Representasi dari struktur data vektor adalah mengasumsikan dunia nyata (*real world*) dalam bentuk objek (*entity*) yaitu : titik (*point*), garis (*line*) dan area (*polygon*). Struktur data vektor ini memandang objek-objek data tersebut sebagai model data diskrit, atau dengan kata lain semua objek tersebut dianggap mendefinisikan batas-batas fisiknya secara jelas. Batas-batas ini akan sangat jelas kenampakannya pada peta-peta. Dengan garis-garis akan mengimplikasikan batas-batas yang tajam dan tidak halus. Kelemahan dari struktur data vektor ini adalah apabila harus merepresentasikan nilai-nilai yang eksak dari variable ketinggian yang diukur secara eksak pula dari permukaan bumi. Demikian juga apabila harus menggambarkan fenomena yang mempunyai batas-batas fisika yang tidak jelas, misalnya : jenis tanah, densitas penduduk, suhu, curah hujan atau jenis batuan (*geologi*).

Basis data spasial dari SIG untuk merepresentasikan objek yang tidak dapat terwakili oleh data dalam struktur vektor adalah dengan merepresentasikan objek ke dalam model data *grid/raster*. Model data *grid/raster* ini adalah untuk merepresentasikan objek-objek yang tidak mempunyai batas fisik yang tidak jelas atau dengan kata lain adalah untuk mewakili objek-objek yang mempunyai nilai-nilai menerus (*continuous*) atau tersebar (*distributed*). Model data ini merepresentasikan objek dalam bentuk piksel-piksel matrik dengan ukuran tertentu sehingga kualitas hasilnya akan bergantung pada ukuran sel/resolusi yang digunakan.

Berbagai aplikasi yang sering memanfaatkan struktur data dalam bentuk grid antara lain adalah representasi kondisi elevasi (*DEM*), kemiringan (*slope*), atau juga sebaran dari distribusi curah hujan.

2.5.1 Deskripsi AVSWAT 2000

AVSWAT 2000 merupakan perkembangan dari versi sebelumnya, SWAT (*View Soil and Water Assessment Tool*), yang tidak bekerja dalam software ArcView. SWAT dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold untuk *USDA Agricultural Research Service (ARS)*, 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, tataguna lahan dan manajemen kondisi lahan secara periodik. Untuk tujuan pemodelan, program memudahkan pengguna (*user*) dengan melakukan pembagian suatu wilayah DAS yang luas menjadi beberapa bagian sub DAS, untuk memudahkan dalam perhitungan.

SWAT dapat mensimulasikan sekian banyak proses-proses fisika dan kimia yang terjadi pada suatu DAS. Untuk tujuan pemodelan, suatu DAS dibagi menjadi beberapa sub DAS, hal ini untuk memudahkan dalam perhitungan. Input data-data spasial pada SWAT untuk setiap sub DAS diatur menurut : data cuaca, data *Hydrologic Response Unit (HRU)*, data air tanah, dan data saluran utama. *HRU* adalah daerah lahan yang dikaji pada sub DAS, termasuk di dalamnya adalah penutup lahan/tataguna lahan, jenis tanah, dan informasi-informasi yang terdapat dalam suatu DAS.

SWAT menganalisa semua masalah yang terjadi pada suatu DAS dengan prinsip dasar pola keseimbangan aliran. Untuk memperkirakan pergerakan pestisida, limbah cair, sedimen dan nutrisi tanaman dengan akurat, SWAT mensimulasikan proses-proses yang terjadi dalam siklus hidrologi, yang selanjutnya digunakan dalam pemodelan.

Simulasi hidrologi pada suatu DAS dibedakan menjadi dua fase. Pertama, fase penelusuran siklus hidrologi di lahan (jumlah air tanah, sedimen, nutrisi, dan kandungan pestisida yang bergerak menuju aliran sungai), dan yang kedua, fase penelusuran siklus hidrologi aliran (pergerakan air, sedimen, dan sebagainya di dalam aliran)

2.5.1.1 Fase Penelusuran Siklus Hidrologi di Darat

Siklus hidrologi yang disimulasikan SWAT berdasarkan rumus pola keseimbangan air :

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (2.0)$$

Dengan :

SW_t = jumlah air yang keluar dalam tanah (mm H₂O)

SW_o = inisial kandungan air dalam tanah pada hari ke- i (mm H₂O)

t = waktu (hari)

R_{day} = jumlah hujan pada hari ke- i (mm H₂O)

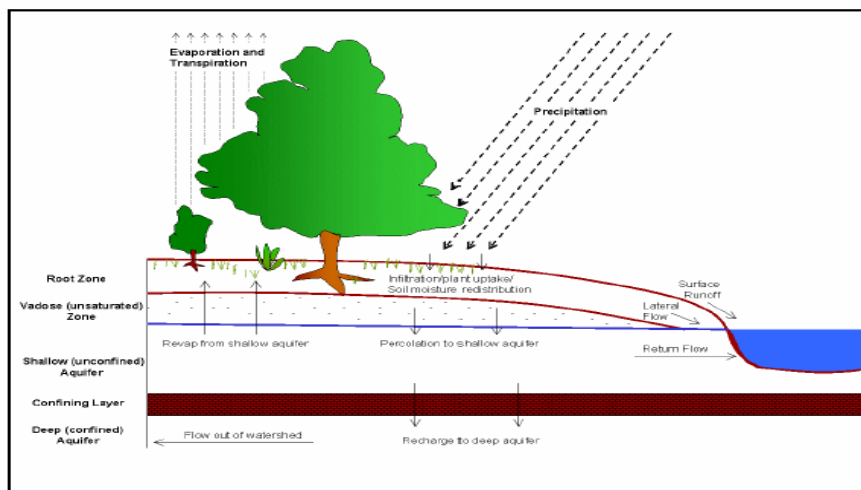
Q_{surf} = jumlah limpasan pada hari ke- i (mm H₂O)

E_a = jumlah evapotranspirasi pada hari ke- i (mm H₂O)

w_{seep} = jumlah air dari profil tanah masuk area vados pada hari ke- i (mm H₂O)

Q_{gw} = jumlah air pada aliran kembali pada hari ke- i (mm H₂O)

Pembagian DAS menjadi beberapa sub DAS memudahkan model untuk merefleksikan perbedaan-perbedaan evapotranspirasi pada tanaman dan tanah. Limpasan dihitung tersendiri untuk setiap *HRU* pada masing-masing sub DAS untuk memperoleh limpasan total DAS. Hal ini meningkatkan akurasi perhitungan dan pendeskripsian pola keseimbangan air yang lebih baik.



Gambar 2.6 Gambar fase penelusuran siklus hidrologi di darat
Sumber : SWAT User's Manual 2000:8

2.5.1.2 Fase Penelusuran Siklus Hidrologi Aliran

Siklus hidrologi pada aliran dimodelkan dalam SWAT, mirip dengan prinsip pemodelan HYMO (Williams & Hann, 1972). SWAT mensimulasikan kandungan air, sedimen, nutrisi, dan pestisida yang masuk dalam aliran. SWAT juga memodelkan tranformasi kimia yang terjadi di saluran dan di dasar saluran.

Transformasi nutrisi pada aliran dikontrol oleh komponen kualitas air dalam aliran pada model. Untuk hal ini SWAT mengadopsi rumus-rumus yang dikembangkan Brown and Barnwell, 1987, dalam program QUAL2E mereka.

2.5.2 Input Data AVSWAT 2000

AVSWAT 2000 membutuhkan informasi-informasi mengenai komponen-komponen suatu DAS antara lain hujan yang terjadi di DAS, tata guna lahan, kandungan air tanah, dsb. Informasi-informasi itu dihimpun dalam basis data masukan yang dinamakan input data.

Input data pada AVSWAT untuk setiap sub DAS diatur menurut : data iklim dan cuaca, data *Hydrologic Response Unit (HRU)*, data air tanah, dan data saluran utama. HRU adalah lahan yang dikaji pada sub DAS, termasuk didalamnya adalah penutup lahan atau tata guna lahan, jenis tanah, dan informasi-informasi yang terdapat dalam suatu DAS.

2.6 Analisa dan Pengolahan Input Data Hidrologi AVSWAT 2000

2.6.1 Analisa Hidrologi

Uji konsistensi data hujan dilakukan untuk menguji kekonsistenan data hujan. Data hujan yang tidak konsisten biasanya disebabkan karena perubahan atau gangguan

lingkungan di sekitar tempat alat penangkap hujan dipasang, misalnya terhalang oleh pohon atau terletak berdekatan dengan bangunan gedung tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatan, pemindahan letak penakar dan sebagainya, sehingga memungkinkan terjadinya penyimpangan dari tren semula.

Pengujian data hujan dilakukan dengan uji konsistensi teknik lengkung massa ganda. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Membuat komulatif data hujan tahunan stasiun hujan yang akan diuji
2. Membuat rata-rata tahunan dari data stasiun pembanding
3. Membuat komulatif data hujan stasiun pembanding
4. Jika terjadi pentimpangan dikoreksi dengan rumus :

$$H_z = (tg \alpha \cdot tg \alpha_{0-1}) \cdot H_0 \quad (2-1)$$

Dimana :

H_z = Data hujan yang diperbaiki

H_0 = Data hujan pengamatan

$Tg \alpha$ = Kemiringan sebelum ada perubahan

$Tg \alpha_{0-1}$ = Kemiringan sesudah perubahan

2.6.2 Pengolahan Input Data Hidrologi AVSWAT 2000

Dalam AVSWAT data curah hujan harian selama 5 tahun dimasukkan dalam file *.wgn (*Weather Generation*). Dalam *Weather Generation* berisi data statistic yang dibutuhkan untuk membangkitkan data curah hujan harian dalam suatu subbasin. Idealnya data yang tersedia paling sedikit 10 tahun yang digunakan untuk menghitung parameter dalam file *.wgn (*Weather Generation*). Data curah hujan akan membangkitkan dalam dua hal, dimana digunakan dalam simulasi dan untuk menelusuri data yang salah.

Adapun penjelasan dalam mengolah input data *Weather Generation* adalah sebagai berikut :

1. Rata-rata total presipitasi bulanan (PCPMM)
2. Standar deviasi presipitasi bulanan (PCPSTD)
3. Kepencengan presipitasi bulanan (PCPSKW)
4. Probabilitas hari hujan terhadap hari kering (PR_W1)
5. Probabilitas hari hujan terhadap hari hujan (PR_W2)
6. Rata-rata jumlah hari hujan bulanan (PCPD)
7. Hujan maksimum bulanan (RAINHHMX)

Keterangan *Weather Generation* :

1. PCPMM

Rata-rata total presipitasi bulanan (mm), yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{R}_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day, yrs}}{N} \quad (2-2)$$

dimana :

\bar{R}_{mon} = Hujan rata-rata bulanan (mm)

$R_{day, yrs}$ = Jumlah hujan harian tahun ke-i bulan ke-b (mm)

N = Jumlah tahun

2. PCPSTD

Standar deviasi presipitasi bulanan (mm). Parameter ini menjumlahkan variabel hujan tiap bulan, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\frac{\sum_{d=1}^N (R_{day, yrs} - \bar{R}_{mon})^2}{N-1}} \quad (2-3)$$

dimana :

σ_{mon} = Standar deviasi hujan harian dalam bulan (mm)

\bar{R}_{mon} = Hujan rata-rata bulanan (mm)

$R_{day, yrs}$ = Jumlah hujan harian tahun ke-i bulan ke-b (mm)

N = Jumlah tahun

3. PCPSKW

Kepencengan presipitasi bulanan. Parameter ini menentukan suatu nilai ketidak simetrisan suatu distribusi. Koefisien skewness dirumuskan sebagai berikut :

$$g_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N (R_{day, yrs} - \bar{R}_{mon})^3}{(N-1)(N-2)(\sigma_{mon})^3} \quad (2-4)$$

dimana :

g_{mon} = Koefisien skewness hujan dalam bulan

σ_{mon} = Standar deviasi hujan harian dalam bulan (mm)

\bar{R}_{mon} = Hujan rata-rata bulanan (mm)

$R_{day, yrs}$ = Jumlah hujan harian tahun ke-i bulan ke-b (mm)

N = Jumlah data curah hujan harian dalam bulan

4. PR_W1

Probabilitas hari hujan mengikuti hari kering dalam bulan, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$PR_W1 = \frac{days_{W/D}(t)}{days_{dry,i}} \quad (2-5)$$

dimana :

PR_W1 = Hari hujan yang mengikuti hari kering dalam bulan

$days_{W/D}(t)$ = Jumlah waktu hari hujan yang mengikuti hari kering untuk data tiap periode

$days_{dry,i}$ = Jumlah hari hujan dalam bulan ke-i selama periode

Catatan :

Setiap hari kering dimana nilai curah hujan sama dengan 0 mm, sedangkan hari hujan minimal curah hujan > 0 mm

5. PR_W2

Probabilitas hari hujan yang mengikuti hari basah dalam bulan, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$PR_W2 = \frac{days_{W/W}(t)}{days_{dry,i}} \quad (2-6)$$

dimana :

PR_W2 = Hari hujan yang mengikuti hari basah dalam bulan

$days_{W/W}(t)$ = Jumlah waktu hari hujan yang mengikuti hari basah untuk data tiap periode

$days_{dry,i}$ = Jumlah hari hujan dalam bulan ke-i selama periode

6. PCPD

Jumlah rata-rata hujan harian dalam bulan, parameter ini dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{d}_{wet,i} = \frac{days_{wet,i}}{yrs} \quad (2-7)$$

dimana :

$\bar{d}_{wet,i}$ = Jumlah rata-rata hujan harian dalam bulan ke-i

$days_{wet,i}$ = Jumlah hari hujan dalam bulan ke-i selama seluruh periode

yrs = Jumlah tahun

7. RAINHHMX

Hujan harian maksimum seluruh periode dalam bulan, nilai ini mewakili dari satu hari hujan maksimum dalam seluruh periode dalam bulan.

2.6.3 Pembangkit Cuaca (*Weather Generation*)

AVSWAT membutuhkan data presipitasi harian, temperatur maksimum dan minimum, radiasi sinar matahari, kelembapan relatif, dan kecepatan angin untuk simulasi program. Data-data ini didapatkan dari pengukuran pada stasiun-stasiun meteorologi dan stasiun hujan. AVSWAT juga mampu membangkitkan data-data yang hilang dari pengukuran. Untuk hal ini AVSWAT menggunakan model pembangkit cuaca WXGEN (Sharpley & Williams, 1990)

Kejadian hujan pada suatu hari berhubungan langsung dengan kelembapan relatif, temperatur dan radiasi sinar matahari. Data hujan terlebih dahulu dibangkitkan untuk memperoleh nilai-nilai pembangkitan data kelembapan relatif, temperatur, dan radiasi sinar matahari. Sehingga data kecepatan angin dapat dibangkitkan.

2.6.4 Presipitasi

Pembangkitan data presipitasi dalam AVSWAT menggunakan model Markov *Chain-Skewed* (Nicks, 1974) dan model Markov *Chain-Exponential* (Williams, 1995). Dalam studi ini digunakan pembangkitan data presipitasi model Markov *Chain-Skewed* (Nicks, 1974). Ketika hari basah (hujan) dibangkitkan, distribusi kepengcangan hujan digunakan untuk membangkitkan jumlah presipitasi yang terjadi.

Dalam model Markov *Chain-Exponential*, peluang hujan pada suatu hari hujan dikondisikan pada hari basah (hujan) atau hari kering (tidak hujan) di hari sebelumnya. Hari basah (hujan) ditentukan dengan angka hujan 0,1 atau lebih. Peluang kejadian hujan dan tidak hujan dalam model ini dibagi menjadi dua data masukan dengan rumus seperti berikut ini :

1. Probabilitas hari basah pada hari i hari basah pada hari sebelum i ,

$$P_1(D/W) = 1 - P_1(W/W) \quad (2-8)$$

2. Probabilitas hari basah pada hari i hari kering pada hari sebelum i ,

$$P_1(D/D) = 1 - P_1(W/D) \quad (2-9)$$

dimana :

$P_1(D/W)$ = Peluang hari kering pada hari i hari basah pada hari $i - 1$

$P_1(D/D)$ = Peluang hari kering pada hari i hari kering pada hari $i - 1$

Untuk menghitung jumlah presipitasi yang terjadi pada suatu hari, AVSWAT menggunakan model distribusi kepengcengan (*skewed distribution*) (Nicks, 1974) dengan rumus sebagai berikut :

$$1. R_{day} = \mu_{mon} + 2 \cdot \sigma_{mon} \left[\frac{\left[\left(\frac{SDN_{day} - \frac{g_{mon}}{6}}{6} \right) \cdot \left(\frac{g_{mon}}{6} \right) + 1 \right]^3 - 1}{g_{mon}} \right] \quad (2-10)$$

dimana :

R_{day} = Jumlah hujan pada suatu hari (mm H₂O)

μ_{mon} = Rata-rata hujan harian bulanan (mm H₂O)

σ_{mon} = Standar deviasi hujan harian bulanan (mm H₂O)

SDN_{day} = Standar normal deviasi terhitung untuk hari hujan

g_{mon} = Koefisien kepengcengan untuk hujan harian bulanan

2. Standar normal deviasi dihitung dengan rumus :

$$SDN_{day} = \cos(6,283 \cdot rnd_2) \cdot \sqrt{-2 \ln(rnd_1)} \quad (2-11)$$

dimana :

SDN_{day} = Standar normal deviasi terhitung untuk hari hujan

rnd_1 dan rnd_2 adalah bilangan acak antara 0,0 dan 1,0

Untuk input data-data pembangkit cuaca, data-data disusun dalam susunan data statistik dengan rumus-rumus sebagai berikut :

1. TMPMX adalah rata-rata temperatur udara maksimum dalam bulanan.

$$\mu_{mx_{mon}} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mx,mon}}{N} \quad (2-12)$$

dimana :

$\mu_{mx_{mon}}$ = Rata-rata temperatur maksimum harian untuk bulan *mon* (°C)

$T_{mx,mon}$ = Temperatur maksimum harian pada hari ke-*d* bulan *mon* (°C)

N = Jumlah temperatur maksimum pada bulan *mon*

2. TPMN adalah rata-rata temperatur udara minimum dalam bulanan.

$$\mu_{mn_{mon}} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mn,mon}}{N} \quad (2-13)$$

dimana :

$\mu_{mn_{mon}}$ = Rata-rata temperatur minimum harian untuk bulan *mon* (°C)

$T_{mn, mon}$ = Temperatur minimum harian pada hari ke- d bulan mon ($^{\circ}\text{C}$)

N = Jumlah temperatur minimum pada bulan mon

3. TMPSTDMX adalah standar deviasi temperatur harian maksimum dalam bulanan.

$$\sigma_{mx_{mon}} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N T_{mx, mon} - \mu_{mx_{mon}} \right)^2}{N-1}} \quad (2-14)$$

dimana :

$\sigma_{mx_{mon}}$ = Standar deviasi temperatur harian maksimum bulan mon ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{mx, mon}$ = Temperatur maksimum harian pada hari ke- d bulan mon ($^{\circ}\text{C}$)

$\mu_{mx_{mon}}$ = Rata-rata temperatur maksimum harian untuk bulan mon ($^{\circ}\text{C}$)

N = Jumlah temperatur maksimum pada bulan mon

4. TMPSTDMN adalah standar deviasi temperatur harian minimum dalam bulanan.

$$\sigma_{mn_{mon}} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N T_{mn, mon} - \mu_{mn_{mon}} \right)^2}{N-1}}$$

(2-15)

dimana :

$\sigma_{mn_{mon}}$ = Standar deviasi temperatur harian minimum bulan mon ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{mn, mon}$ = Temperatur minimum harian pada hari ke- d bulan mon ($^{\circ}\text{C}$)

$\mu_{mn_{mon}}$ = Rata-rata temperatur minimum harian untuk bulan mon ($^{\circ}\text{C}$)

N = Jumlah temperatur minimum pada bulan mon

5. PCPMM adalah rata-rata total presipitasi dalam bulanan.

$$\bar{R}_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day, mon}}{yrs} \quad (2-16)$$

dimana :

\bar{R}_{mon} = Rata-rata presipitasi bulan mon (mm H_2O)

$R_{day, mon}$ = Presipitasi harian untuk hari ke- d pada bulan mon (mm H_2O)

N = Jumlah presipitasi harian pada bulan mon

yrs = Jumlah tahun presipitasi harian

6. PCPSTD adalah standar deviasi presipitasi harian dalam bulanan.

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N R_{day,mon} - \bar{R}_{mon} \right)^2}{N-1}} \quad (2-17)$$

dimana :

- σ_{mon} = Standar deviasi presipitasi harian bulan *mon* (mm H₂O)
 $R_{day,mon}$ = Jumlah presipitasi harian untuk hari ke-*d* pada bulan *mon* (mm H₂O)
 \bar{R}_{mon} = Rata-rata presipitasi harian dalam bulan *mon* (mm H₂O)
 N = Jumlah presipitasi harian pada bulan *mon*

7. PCPSKW adalah koefisien kepengcengan presipitasi harian bulanan.

$$g_{mon} = \frac{N \cdot \sum_{d=1}^N \left(R_{day,mon} - \bar{R}_{mon} \right)^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (\sigma_{mon})^3} \quad (2-18)$$

dimana :

- g_{mon} = Koefisien kepengcengan presipitasi harian bulan *mon*
 N = Jumlah presipitasi harian pada bulan *mon*
 $R_{day,mon}$ = Jumlah presipitasi harian untuk hari ke-*d* pada bulan *mon* (mm H₂O)
 \bar{R}_{mon} = Rata-rata presipitasi bulanan (mm H₂O)
 σ_{mon} = Standar deviasi presipitasi harian bulan *mon* (mm H₂O)

8. $PR_W(1, mon)$ adalah probabilitas hari hujan/hari basah (*wet day*) yang mengikuti hari tidak hujan/hari kering (*dry day*), artinya apabila hari ini hujan maka kemarin tidak hujan.

$$P_1(W/D) = \frac{days_{W/D,i}}{days_{dry,i}} \quad (2-19)$$

dimana :

- $P_1(W/D)$ = Probabilitas hari basah yang mengikuti hari kering di bulan *i*
 $days_{W/D,i}$ = Jumlah hari basah yang mengikuti hari kering
 $days_{dry,i}$ = Jumlah hari kering selama periode pengukuran

9. $PR_W(2, mon)$ adalah probabilitas hari hujan/hari basah (*wet day*) yang mengikuti hari hujan/hari basah (*wet day*), artinya apabila hari ini hujan maka kemarin juga hujan.

$$P_1(W/W) = \frac{days_{W/W,i}}{days_{wet,i}} \quad (2-20)$$

dimana :

$P_1(W/W)$ = Probabilitas hari basah yang mengikuti hari basah di bulan i

$days_{W/W,i}$ = Jumlah hari basah yang mengikuti hari basah

$days_{wet,i}$ = Jumlah hari basah selama periode pengukuran

10. $PCPD(mon)$ adalah rata-rata jumlah hari terjadinya presipitasi dalam bulanan.

$$\bar{d}_{wet,i} = \frac{days_{wet,i}}{yrs} \quad (2-21)$$

dimana :

$\bar{d}_{wet,i}$ = Rata-rata jumlah hari terjadinya presipitasi dalam bulan i

$days_{wet,i}$ = Jumlah hari basah selama periode pengukuran

yrs = jumlah tahun pengukuran

11. $SOLARAV(mon)$ adalah rata-rata radiasi sinar matahari harian dalam bulanan.

$$\mu rad_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N H_{day,mon}}{N} \quad (2-22)$$

dimana :

μrad_{mon} = Rata-rata radiasi sinar matahari harian untuk bulan mon ($MJ/M^2/day$)

$H_{day,mon}$ = Jumlah radiasi sinar matahari pada permukaan bumi pada hari ke- d dalam bulan mon ($MJ/M^2/day$)

N = Jumlah angka radiasi sinar matahari untuk bulan mon

12. $WNDV(mon)$ adalah rata-rata kecepatan angin dalam bulanan.

$$\mu wnd_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N \mu_{wdn,mon}}{N} \quad (2-23)$$

dimana :

μwnd_{mon} = Rata-rata kecepatan angin harian untuk bulan mon (m/s)

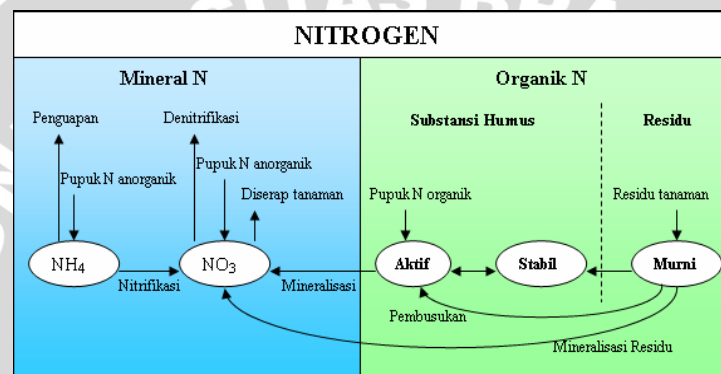
$H_{wdn,mon}$ = Jumlah kecepatan angin pada hari ke- d bulan mon (m/s)

N = Jumlah angka kecepatan angin harian untuk bulan mon

2.7 Teori Dasar AVSWAT 2000

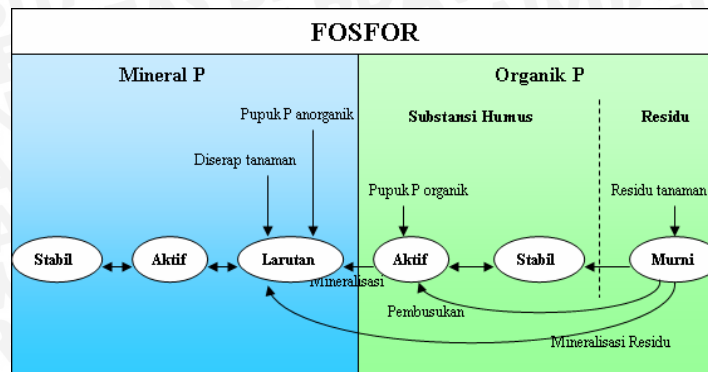
2.7.1 Pengelompokan Nitrogen dan Phospor Menurut AVSWAT

SWAT mendeskripsikan 5 kelompok Nitrogen yang terdapat di dalam tanah (gambar 2.7). 2 kelompok Nitrogen dalam bentuk anorganik (mineral) ; NH_4^+ dan NO_3^- , dan 3 kelompok Nitrogen dalam bentuk organik ; Nitrogen organik murni (*fresh organic N*) yang terdapat pada residu tanaman dan biomassa mikro, Nitrogen organik aktif dan Nitrogen organik stabil yang ada di dalam humus tanah.



Gambar 2.7 Kelompok Nitrogen dalam tanah
 Sumber : Anonim 2000, 2002 : 194

SWAT mendeskripsikan 6 kelompok Phospor yang berbeda di dalam tanah, yang ditampilkan dalam Gambar 2.8, tiga kelompok dalam bentuk Phospor organik dan tiga kelompok dalam bentuk Phospor anorganik. Phospor organik murni dihubungkan dengan residu tanaman dan biomassa mikrobial sedangkan Phospor organik stabil dan Phospor organik aktif dihubungkan dengan humus tanah. P organik dihubungkan dengan humus dibagi dalam dua kelompok, aktif dan stabil, untuk menghitung berbagai macam substansi humus yang kemudian digunakan untuk proses mineralisasi. P dalam tanah anorganik di bagi dalam kelompok larutan, kelompok aktif dan kelompok stabil. Kelompok larutan mencapai keseimbangan dengan cepat (beberapa hari / minggu) bersama kelompok aktif. Kelompok aktif mencapai keseimbangan secara lambat bersama kelompok stabil.



Gambar 2.8 Kelompok Phospor dalam tanah
Sumber : Anonim 2000, 2002 : 195

2.7.2 Pengangkutan Nutrisi (*Nutrient Transport*)

Nutrisi tanaman akan secara alami terlarut dalam air dan terangkut menuju ke aliran sungai terdekat sesuai dengan siklus hidrologi. Unsur N dan P, di dalam tanah bersenyawa dengan unsur-unsur lain membentuk unsur baru, bergerak terbawa aliran air di dalam tanah menuju aliran air sungai.

2.7.2.1 Pergerakan Nitrat

Nitrat di dalam tanah diangkut ke dalam aliran dan badan air akibat peristiwa limpasan, aliran lateral atau perkolasi. Untuk menghitung jumlah nitrat yang terangkut, konsentrasi nitrat di dalam air yang bergerak diperhitungkan dengan rumus :

$$conc_{NO3.mobile} = \frac{NO3_{ly} \cdot \exp \left[\frac{w_{mobile}}{(1 - \theta_e) \cdot SAT_{ly}} \right]}{w_{mobile}} \quad (2.24)$$

Dengan :

$conc_{NO3.mobile}$ = konsentrasi nitrat dalam air yang bergerak pada lapisan tanah yang ditentukan (kg N/mm H₂O)

$NO3_{ly}$ = jumlah nitrat pada lapisan tanah (kg N/ha)

w_{mobile} = jumlah air yang bergerak pada lapisan tanah (mm H₂O)

θ_e = fraksi porositas dengan anion dilepaskan

SAT_{ly} = kandungan air jenuh pada lapisan tanah (mm H₂O)

Jumlah air yang bergerak pada lapisan tanah adalah jumlah air yang hilang oleh limpasan, aliran lateral atau perkolasi.

$$w_{mobile} = Q_{surf} + Q_{lat.ly} + w_{perc.ly} \quad (2.25)$$

untuk lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah

$$w_{mobile} = Q_{lat.ly} + w_{perc.ly} \quad (2.24)$$

untuk lapisan lebih dari 10 mm dibawah permukaan tanah

Dengan :

w_{mobile} = jumlah air yang bergerak pada lapisan tanah (mm H₂O)

Q_{surf} = debit air limpasan permukaan pada lapisan tanah (mm H₂O)

$Q_{lat.ly}$ = debit air pada lapisan tanah oleh aliran lateral (mm H₂O)

$w_{perc.ly}$ = jumlah air terperkolasi di bawah lapisan tanah pada hari tertentu (mm H₂O)

Nitrat yang terbawa aliran air limpasan permukaan dihitung dengan :

$$NO3_{surf} = \beta_{NO3} \cdot conc_{NO3.mobile} \cdot Q_{surf} \quad (2.25)$$

Dengan :

$NO3_{surf}$ = nitrat yang terbawa aliran air limpasan (kg N/ha)

β_{NO3} = koefisien perkolasi nitrat

$conc_{NO3.mobile}$ = konsentrasi nitrat yang terbawa air yang bergerak pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/mm H₂O)

Q_{surf} = debit limpasan permukaan pada hari yang ditentukan (mm H₂O)

Nitrat yang terbawa aliran air lateral dalam tanah dihitung dengan :

$$NO3_{lat.ly} = \beta_{NO3} \cdot conc_{NO3.mobile} \cdot Q_{lat.ly} \quad (2.26)$$

untuk lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah

$$NO3_{lat.ly} = conc_{NO3.mobile} \cdot Q_{lat.ly} \quad (2.27)$$

untuk lapisan lebih dari 10 mm dibawah permukaan tanah

Dengan :

$NO3_{lat.ly}$ = nitrat yang terbawa aliran air lateral (kg N/ha)

β_{NO3} = koefisien perkolasi nitrat

$conc_{NO3.mobile}$ = konsentrasi nitrat yang terbawa air yang bergerak pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/mm H₂O)

$Q_{lat.ly}$ = debit aliran air lateral (mm H₂O)

Nitrat yang terbawa air karena proses perkolasi dihitung dengan :

$$NO3_{perc.ly} = conc_{NO3.mobile} \cdot Q_{perc.ly} \quad (2.28)$$

Dengan :

$NO3_{perc.ly}$ = nitrat yang terbawa air karena proses perkolasi (kg N/ha)

$conc_{NO3.mobile}$ = konsentrasi nitrat yang terbawa air yang bergerak (kg N/mm H₂O)

$Q_{perc.ly}$ = jumlah air yang terperkolasi pada hari yang tertentu (mm H₂O)

2.7.2.2 N Organik Pada Aliran Limpasan Permukaan

N organik pada aliran limpasan permukaan dihitung menggunakan rumus yang dikembangkan oleh McElroy A.D (1976) dan dimodifikasi oleh Williams & Hann (1978).

$$orgN_{surf} = 0,001 \cdot conc_{orgN} \cdot \frac{sed}{area_{hru}} \cdot \varepsilon_{N:sed} \quad (2.29)$$

Dengan :

$orgN_{surf}$ = jumlah N organik yang terbawa limpasan (kg N/ha)

$conc_{orgN}$ = konsentrasi N organik pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (g N/metrik ton tanah)

sed = jumlah sedimen pada hari tertentu (metrik ton)

$area_{hru}$ = area unit respon hidrologi/daerah tangkapan (ha)

$\varepsilon_{N:sed}$ = perbandingan N organik : sedimen

konsentrasi N organik pada lapisan permukaan tanah dihitung dengan :

$$conc_{orgN} = 100 \cdot \frac{(orgN_{fsh.surf} + orgN_{sta.surf} + orgN_{act.surf})}{\rho_b \cdot depth_{surf}} \quad (2.30)$$

Dengan :

$orgN_{surf}$ = N organik dalam *fresh pool* pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/ha)

$conc_{orgN}$ = konsentrasi N organik dalam *stabel pool* pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/ha)

ρ_b = kerapatan tanah [ada lapisan tanah pertama (mg/m³)

$depth_{surf}$ = kedalaman lapisan tanah (10 mm)

2.7.2.3 Rasio Penambahan N Organik Terhadap Sedimen

Ketika aliran limpasan permukaan mengalir di atas muka tanah, sebagian energi air digunakan untuk mengangkut partikel-partikel tanah. Partikel yang kecil mempunyai berat yang lebih ringan dan mudah diangkut daripada partikel yang besar. Ketika distribusi ukuran partikel dari sedimen yang terangkut dibandingkan dengan lapisan tanah permukaan, muatan sedimen menuju aliran air utama memiliki porsi yang lebih besar dari ukuran partikel lempung, dengan kata lain muatan sedimen diperbesar dalam partikel lempung. N organik dalam tanah disertakan dalam partikel koloid (lempung), sehingga porsi atau konsentrasi muatan sedimen akan bertambah besar pada lapisan tanah permukaan.

Perbandingan antara konsentrasi N organik yang terangkut dengan sedimen lapisan tanah permukaan ini dihitung menggunakan rumus yang dijelaskan oleh Menzel (1980).

$$\varepsilon_{N:sed} = 0,78.(conc_{sed.surq})^{-0,2468} \quad (2.31)$$

Dengan :

$\varepsilon_{N:sed}$ = rasio penambahan N organik : sedimen

$conc_{sed.surq}$ = konsentrasi sedimen pada limpasan permukaan (mg sed/m³ H₂O)

Konsentrasi sedimen pada limpasan permukaan dihitung :

$$conc_{sed.surq} = \frac{sed}{10.area_{hru} \cdot Q_{surf}} \quad (2.32)$$

Dengan :

sed = sedimen pada hari tertentu (metrik ton)

$area_{hru}$ = area unit respon hidrologi/daerah tangkapan (ha)

Q_{surf} = debit aliran limpasan permukaan pada hari ditentukannya (mm H₂O)

2.7.2.4 Pergerakan Fosfor Terlarut

Mekanisme utama dalam pergerakan Fosfor ke dalam tanah adalah karena difusi. Difusi adalah pergerakan ion-ion dalam tanah yang terlarut pada jarak pendek (1-2 mm). Mengacu pada lambatnya pergerakan Fosfor terlarut, limpasan permukaan akan berinteraksi dengan unsur P yang dimasukkan dalam lapisan tanah 10 mm di bawah permukaan. Jumlah P yang terangkut aliran limpasan dihitung dengan :

$$P_{surf} = \frac{P_{solution.surf} \cdot Q_{surf}}{\rho_b \cdot depth_{surf} \cdot k_{d.surf}} \quad (2.33)$$

Dengan :

P_{surf} = jumlah Fosfor terlarut yang hilang bersama limpasan (kg P/ha)

$P_{solution.surf}$ = jumlah Fosfor dalam tanah mulai dari lapisan 10 mm di bawah permukaan (kg P/ha)

Q_{surf} = debit aliran limpasan permukaan pada hari ditentukan (mm H₂O)

ρ_b = kerapatan tanah mulai dari lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah (Mg/m³)

$depth_{surf}$ = kedalaman lapisan tanah (10 mm)

$k_{d.surf}$ = koefisien bagi tanah Fosfor (m³/mg)

Koefisien bagi tanah Phospor adalah perbandingan antara konsentrasi Phospor terlarut pada lapisan tanah 10 mm teratas dari permukaan dengan konsentrasi Phospor terlarut bersama aliran limpasan permukaan.

2.7.2.5 P Organik dan P mineral yang Menyertai Sedimen dalam Limpasan

P organik dan P mineral yang berada dalam partikel tanah akan diangkut ke aliran air melalui limpasan permukaan. Bentuk Phospor ini akan menyertai sedimen dan mengakibatkan muatan sedimen berubah. Perubahan pada muatan sedimen dihitung dengan rumus yang dikembangkan oleh McElroy et al (1976) dan dimodifikasi oleh Williams dan Hann (1978).

$$sedP_{surf} = 0,001 \cdot conc_{sedP} \cdot \frac{sed}{area_{hru}} \cdot \epsilon_{p:sed} \quad (2.34)$$

Dengan :

$sedP_{surf}$ = Jumlah Phospor yang terangkut bersama sedimen oleh limpasan permukaan (kg P/ha)

$conc_{sedP}$ = konsentrasi Phospor yang menyertai sedimen pada lapisan tanah teratas 10 mm di bawah permukaan (g P/metik ton tanah)

sed = sedimen pada hari tertentu (metrik ton)

$area_{hru}$ = area unit respon hidrologi/daerah tangkapan (ha)

$\epsilon_{p:sed}$ = Rasio penambahan P : sedimen

Konsentrasi Phospor yang menyertai sedimen di dalam lapisan permukaan tanah dihitung dengan :

$$conc_{sedP} = \frac{(\min P_{act,surf} + \min P_{sta,surf} + orgP_{hum,surf} + orgP_{frsh,surf})}{\rho_b \cdot depth_{surf}} \quad (2.35)$$

$conc_{sedP}$ = konsentrasi Phospor menyertai sedimen dalam kolam mineral aktif pada lapisan tanah teratas 10 mm permukaan (kg P/ha)

$\min P_{act,surf}$ = jumlah Phospor dalam kolam mineral aktif pada lapisan tanah teratas 10 mm dari permukaan (kg P/ha)

$\min P_{sta,surf}$ = jumlah Phospor dalam kolam mineral stabil pada lapisan tanah teratas 10 mm dari permukaan (kg P/ha)

$orgP_{frsh,surf}$ = jumlah Phospor dalam kolam organik baru pada lapisan tanah teratas 10 mm dari permukaan (kg P/ha)

ρ_b = kerapatan tanah pada lapisan tanah pertama (mg/m³)

$depth_{surf}$ = kedalaman lapisan tanah (10mm)

2.7.2.6 Rasio Penambahan Fosfor Terhadap Sedimen

Rasio penambahan ditentukan sebagai perbandingan antara konsentrasi Fosfor yang terangkut sedimen dengan konsentrasi Fosfor dalam lapisan tanah permukaan. Untuk menghitung rasio tersebut, digunakan rumus yang dikemukakan oleh Menzel (1980).

$$\varepsilon_{p, \text{sed}} = 0,78 \cdot (\text{conc}_{\text{sed.surq}})^{-0,2468} \quad (2.36)$$

Dengan :

$\text{conc}_{\text{sed.surq}}$ = konsentrasi sedimen limpasan (Mg sed/m³ H₂O)

Konsentrasi sedimen pada limpasan dihitung dengan rumus :

$$\text{conc}_{\text{sed.surq}} = \frac{\text{sed}}{10 \cdot \text{area}_{\text{hru}} \cdot Q_{\text{surf}}} \quad (2.37)$$

Dengan :

sed = sedimen pada hari tertentu (metrik ton)

area_{hru} = area unit respon hidrologi/daerah tangkapan (ha)

Q_{surf} = debit aliran limpasan permukaan pada hari ditentukannya (mm H₂O)

2.7.2.7 Laju Nutrisi pada Aliran Limpasan dan Aliran Lateral

Pada sub DAS yang besar dengan konsentrasi waktu lebih dari satu hari, hanya sebagian aliran limpasan dan aliran lateral yang akan sampai pada sungai utama. Ketika muatan nutrisi pada aliran limpasan dan aliran lateral ditentukan, maka jumlah nutrisi yang masuk pada saluran utama dapat dihitung dengan rumus :

$$NO3_{\text{surf}} = (NO3'_{\text{surf}} + NO3_{\text{surstor}, l-1}) \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-\text{surlag}}{t_{\text{conc}}} \right] \right) \quad (2.38)$$

$$NO3_{\text{lat}} = (NO3'_{\text{surf}} + NO3_{\text{surstor}, l-1}) \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-1}{TT_{\text{lat}}} \right] \right) \quad (2.39)$$

$$\text{orgN}_{\text{surf}} = (\text{orgN}'_{\text{surf}} + \text{orgN}_{\text{stor}, l-1}) \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-\text{surlag}}{t_{\text{conc}}} \right] \right) \quad (2.40)$$

$$P_{\text{surf}} = (P'_{\text{surf}} + P_{\text{stor}, l-1}) \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-\text{surlag}}{t_{\text{conc}}} \right] \right) \quad (2.41)$$

$$\text{sed}P_{\text{lat}} = (\text{sed}P'_{\text{surf}} + \text{sed}P_{\text{surstor}, l-1}) \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-\text{surlag}}{t_{\text{conc}}} \right] \right) \quad (2.42)$$

Dengan :

$NO3_{\text{surf}}$ = jumlah aliran nitrat didalam limpasan menuju saluran utama (kg N/ha)

$NO3'_{surf}$	= jumlah nitrat limpasan permukaan yang dibangkitkan dalam unit respon hidrologi (kg N/ha)
$NO3_{stor,l-1}$	= kandungan nitrat limpasan permukaan dari hari sebelumnya (kg N/ha)
$NO3_{lat}$	= jumlah aliran nitrat menuju saluran utama dalam aliran lateral (kg N/ha)
$NO3'_{lat}$	= jumlah nitrat pada aliran lateral (kg N/ha)
$NO3_{lastor,l-1}$	= kandungan nitrat aliran lateral dari hari sebelumnya (kg N/ha)
$orgN'_{surf}$	= jumlah N organik menuju saluran utama pada limpasan permukaan (kg N/ha)
$orgN_{act}$	= muatan N organik dalam unit respon hidrologi (kg N/ha)
$orgN_{stor,l-1}$	= kandungan N organik dari hari sebelumnya (kg N/ha)
P_{surf}	= jumlah P terlarut menuju saluran utama pada limpasan permukaan (kg P/ha)
P'_{surf}	= jumlah muatan P pada unit respon hidrologi (kg P/ha)
$P_{stor,l-1}$	= jumlah muatan P pada unit respon hidrologi pada hari sebelumnya (kg P/ha)
$sedP_{surf}$	= jumlah sedimen yang disertai P menuju saluran utama pada limpasan permukaan (kg P/ha)
$sedP'_{surf}$	= jumlah sedimen yang disertai P dalam unit respon hidrologi (kg P/ha)
$sedP_{stor,l-1}$	= jumlah sedimen yang disertai P dari hari sebelumnya (kg P/ha)
$surlag$	= koefisien laju limpasan permukaan
t_{conc}	= waktu konsentrasi untuk unit respon hidrologi (jam)
TT_{lat}	= waktu aliran lateral dari tanah menuju saluran utama

2.7.3. Parameter Kualitas air

2.7.3.1. Carbonaceous Biological Oxygen Demand (CBOD)

Carbonaceous oxygen demand (CBOD) dari air adalah besarnya oksigen yang dibutuhkan untuk menyusun ulang material organik dalam air. CBOD ditambahkan di sungai bersama dengan pemuatan dari limpasan permukaan atau ujung sumber. Di dalam sungai, dua proses dimodelkan yang mempengaruhi level CBOD, yang keduanya berfungsi untuk mengurangi carbonaceous oxygen demand ketika air bergerak menuju downstream. Pada SWAT untuk menghitung muatan akhir CBOD dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$cbod_{surq} = \frac{2,7.orgC_{surq}}{Q_{surf} \cdot area_{hru}} \quad (2.43)$$

Dimana:

$C_{bod_{surf}}$ = konsentrasi cbod di limpasan permukaan (mg cbod/L)

Q_{surf} = Debit aliran limpasan permukaan pada hari ditentukan (mm H₂O)

$orgC_{surq}$ = kandungan carbon organik di limpasan permukaan (kg . orgC)

$Area_{hru}$ = Area unit respon hidrologi/daerah tangkapan (km²)

Jumlah kandungan carbon organik ditentukan oleh rumus sebagai berikut :

$$orgC_{surq} = 1000 \frac{orgC_{surf}}{1000} . sed . \epsilon_{c:sed} \quad (2.44)$$

Dimana :

$orgC_{surq}$ = kandungan carbon organik di limpasan permukaan (kg . orgC)

$orgC_{surf}$ = persen carbon organik yang berada 10 mm diatas permukaan tanah (%)

sed = jumlah muatan sedimen (tons)

$\epsilon_{c:sed}$ = rasio konsentrasi carbon

2.7.3.2. Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah DO adalah banyaknya kandungan oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter. Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotoran limbah yang ada. Hujan diasumsikan memiliki kandungan oksigen. Untuk mengetahui kandungan oksigen yang pada limpasan permukaan digunakan rumus sebagai berikut :

$$ox_{surf} = ox_{sat} - k1 . cbod_{surq} \cdot \frac{t_{ov}}{24} \quad (2.45)$$

Dimana:

OX_{surf} = konsentrasi oksigen terlarut pada limpasan permukaan (mg. O₂ / L)

Ox_{sat} = konsentrasi oksigen terlarut (mg. O₂ / L)

$k1$ = rasio CBOD (hari⁻¹)

Pada SWAT diasumsikan nilai $k1 = 1,047$ hari⁻¹

$C_{bod_{surq}}$ = konsentrasi cbod di limpasan permukaan (mg cbod/L)

t_{ov} = waktu konsentrasi (hr)

2.8 Fase Penyebaran Polutan AVSWAT 2000

2.8.1 Limpasan Permukaan (Surface Runoff)

Limpasan permukaan merupakan salah satu faktor penting dalam sistem transport berbagai material yang akan terbawa masuk pengaliran sungai. Limpasan

permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan atau depresi pada permukaan tanah. Setelah pengisian selesai maka air akan mengalir dengan bebas dipermukaan tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan bisa dikelompokkan ke dalam faktor-faktor yang berhubungan dengan curah hujan dan yang berhubungan karakteristik daerah aliran sungai. Lama waktu hujan, intensitas dan penyebaran hujan mempengaruhi laju dan volume limpasan permukaan. Pengaruh DAS terhadap limpasan permukaan adalah melalui bentuk dan ukuran DAS, topografi, geologi, dan keadaan tataguna lahan.

2.8.1.1 Volume Limpasan Permukaan

Untuk menentukan besarnya volume limpasan permukaan dengan menggunakan model SWAT (*Soil And Water Assessment Tool*), metode yang digunakan adalah metode SCS (*Soil Conservation Service*) Curve Number (SCS, 1972). *The Soil Conservation Service* (1972) atau metode SCS adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai abstraksi dari curah hujan. Metode ini berasumsi bahwa rasio dari abstraksi dari curah hujan. Metode ini berasumsi bahwa rasio dari abstraksi langsung dengan simpanan air permukaan (*retention*) sama dengan rasio nilai limpasan permukaan langsung (*direct runoff*) dengan nilai potensial limpasan (*potensial runoff*) (Chow, 1988:147)

Metode SCS berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, dan tataguna lahan dengan bilangan kurva air larian CN (*runoff curve number*) yang menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu (Chay Asdak, 2002:182). Secara terinci perumusan dari metode ini adalah sebagai berikut :

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} \quad (2.46)$$

dimana :

Q_{surf} = Kedalaman hujan berlebih (*accumulated runoff/rainfall excess*) (mm)

I_a = Abstraksi awal (*initial abstraction*)

R_{day} = Kedalaman hujan harian (mm)

S = Volume dari total simpanan permukaan (*retention parameter*) (mm)

Dimana persamaan (2-20) merupakan persamaan yang dipakai untuk menentukan kedalaman dari curah hujan berlebih (*depth excess rainfall*) atau limpasan permukaan. Korelasi antara nilai I_a dengan S adalah : (Chow, 1988:148)

$$I_a = 0,2 S \quad (2.47)$$

Untuk memudahkan perhitungan kelembaban awal (*antecedent moisture condition*), tataguna guna lahan, dan konservasi tanah, Dinas Konservasi Tanah Amerika menentukan besarnya S sebagai berikut :

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2.48)$$

dimana :

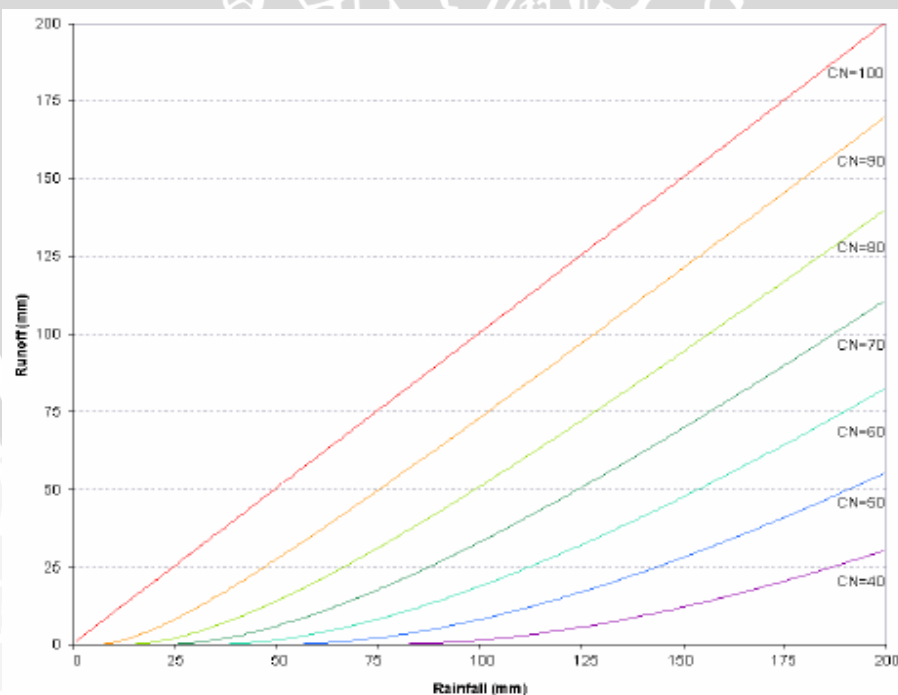
CN = Bilangan kurva air larian, bervariasi dari hingga 100

Dengan mengplotkan nilai dari R_{day} dan Q_{surf} pada kurva SCS maka nilai CN dapat ditentukan. Metode SCS mengelompokkan jenis tanah dalam 4 (empat) jenis yaitu berdasar tipe tanah dan tataguna lahannya (*hydrology soil group*).

Pada abstraksi awal, I_a biasanya menggunakan pendekatan $0.2 S$ sehingga persamaan (2-25) menjadi :

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} + 0.8S)} \quad (2.49)$$

Limpasan permukaan akan terjadi bila $R_{day} > I_a$. Grafik penyelesaian dari rumus (2-46) untuk nilai CN yang berbeda dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Grafik hubungan limpasan permukaan dengan curah hujan pada metode SCS Curve Number (AVSWAT Theoretical Documentation 2000, 2002:95)

2.8.1.2 SCS Curve Number

Nilai CN pada tabel 2.1, tabel 2.2, dan tabel 2.3 berasal dari daerah beriklim sedang, namun demikian tabel tersebut cukup memadai untuk digunakan sebagai pengganti apabila nilai CN untuk daerah setempat belum tersedia (Chay Asdak, 2002:183). Nilai CN pada tabel tersebut hanya berlaku untuk keadaan kelembaban awal II, yaitu nilai rata-rata untuk banjir tahunan. Faktor korelasi untuk keadaan kelembaban awal yang lain dapat diperoleh antara lain dalam Schwab et al. (1982).

Tabel 2.2 Bilangan kurva air larian (CN) untuk kondisi hujan awal II pada tanah pertanian yang ditanami (*SCS Engineering Division, 1986*)

Tabel 2.1 Bilangan Kurva Air Larian (CN) untuk Kondisi Hujan II pada Tanah Pertanian yang lain (*SCS Engineering Division, 1986*)

Tataguna Lahan	Kondisi	Kelompok Tanah			
Padang rumput-terus-menerus untuk tempat penggembalan ternak	buruk	68	79	86	89
Padang rumput-terlindung dari ternak, untuk dipanen	30	58	71	78
semak-semak-rerumputan dengan tumbuhan semak - semaknya yang dominan	buruk	48	67	77	83
	cukup	35	56	70	77
	baik	30	48	65	73
Tanaman kayu-kombinasi rumput dan perkebunan	buruk	57	73	82	86
	cukup	43	65	76	82
	baik	32	58	72	79
Tegakan hutan tidak rapat	buruk	45	66	77	83
	cukup	36	60	73	79
	baik	30	55	70	77
Tanah pertanian	59	74	82	86

Sumber : Anonim 2000, 2002 : 96

Tabel 2.2 Bilangan Kurva Air Larian (CN) untuk Kondisi Hujan II pada Tanah Pertanian yang Ditanami (*SCS Engineering Division, 1986*)

Tataguna Lahan	Cara Bercocok Tanam	Kondisi	Kelompok Tanah			
			A	B	C	D
Tidak dikerjakan	Gundul / kosong	-	77	86	91	94
	Tanah kosong bekas dikerjakan	Buruk	76	85	90	93
		Baik	74	83	88	90
Tanaman berjajar	Larikan lurus	Buruk	72	81	88	91
		Baik	67	78	85	89
	Larikan lurus ada bekas ditanami	Buruk	71	80	87	90
		Baik	64	75	82	85
	Kontur	Buruk	70	79	84	88
		Baik	65	75	82	86
	Kontur ada bekas ditanami	Buruk	69	78	83	87
		Baik	64	74	81	85
	Kontur dan teras	Buruk	66	74	80	82
		Baik	62	71	78	81
	Kontur dan teras ada bekas ditanami	Buruk	65	73	79	81
		Baik	61	70	77	80
Padi, Gandum	Larikan lurus	Buruk	65	76	84	88
		Baik	63	75	83	87
	Larikan lurus ada bekas ditanami	Buruk	64	75	83	86
		Baik	60	72	80	84

	Kontur	Buruk	63	74	82	85
		Baik	61	73	81	84
	Kontur ada bekas ditanami	Buruk	62	73	81	84
		Baik	60	72	80	83
Kontur dan teras	Buruk	61	72	79	82	
	Baik	59	70	78	81	
Kontur dan teras ada bekas ditanami	Buruk	60	71	78	81	
	Baik	58	69	77	80	
Tanaman Legum	Larikan lurus	Buruk	66	77	85	89
		Baik	58	72	81	85
	Kontur	Buruk	64	75	83	85
		Baik	55	69	78	83
	Kontur dan teras	Buruk	63	73	80	83
		Baik	51	67	76	80

Sumber : Anonim 2000, 2002 : 95

Tabel 2.3 Bilangan Kurva Air Larian (CN) untuk Kondisi Hujan Awal II pada Daerah Pemukiman (SCS Engineering Division, 1986)

Tataguna Lahan	Kondisi	% rata ² daerah kedap air	Kelompok Tanah			
			A	B	C	D
Daerah Pemukiman :						
Ruang terbuka - (halaman taman, lapangan golf,dll)	buruk		68	79	86	89
	cukup		49	69	79	84
	baik		39	61	74	80
Daerah Kedap Air :						
Areal parkir ber-paving (aspal), atap perumahan, jalan untuk mobil, dll. (diluar jalan utama)	-		98	98	98	98
Jalan ber-paving, jalan raya, selokan, parit	-		83	89	92	93
Jalan bebatuan	-		72	82	87	89
Daerah pemerintahan :						
Perdagangan dan bisnis		85%	89	92	94	95
Industri		72%	81	88	91	93
Daerah perumahan :						
< 0,05 ha (perumahan kota)		65%	77	85	90	92
0,10 ha		38%	61	75	83	87
0,13 ha		30%	57	72	81	86
0,20 ha		25%	54	70	80	85
0,40 ha		20%	51	68	79	84
0,81 ha		12%	46	65	77	82
Daerah pengembangan wilayah pemukiman :						
Tanah kapling (tdk kedap air, tdk ada tanaman)			77	86	91	94

Sumber : Anonim 2000, 2002 : 96

2.8.1.3 Soil Hydrologic Groups

NRCS (*The U.S. Natural Resource Conservation Service*) mengklasifikasi tanah menjadi 4 kelas grup hidrologi tanah. Propertis tanah yang mempengaruhi potensi *runoff* adalah tanah yang memiliki pengaruh kuat terhadap minimalnya besar infiltrasi pada kondisi tanah jenuh. Propertis tanah tersebut adalah kedalaman tanah hingga batas permukaan air tanah pada setiap musimnya, *saturated hydraulic conductivity*, dan

kedalaman lapisan permiable. Maka tanah dibagi menjadi kelas grup : A,B,C,D, atau menjadi 3 kelas yaitu A/D, B/D, dan C/D, dengan definisi sebagai berikut :

1. **Kelas A** : (Memiliki potensial *runoff rendah*). Tanah yang memiliki besar infiltrasi tinggi, bahkan pada saat pada kondisi sepenuhnya jenuh. Tanah tersebut memiliki tekstur lapisan pasir dan kerikil, sehingga digolongkan dalam tanah yang memiliki tingkat drain yang baik, Dan memiliki tingkat transmisi/penyebaran air yang tinggi.
2. **Kelas B** : Tanah yang memiliki besar infiltrasi sedang dalam kondisi basah/jenuh. Mempunyai kedalaman air tanah, tingkat *drain* dalam kategori sedang dengan tekstur tanah mulai tekstur agak halus hingga kasar.
3. **Kelas C** : Tanah yang memiliki besar infiltrasi rendah dalam kondisi jenuh. Yaitu tanah yang memiliki lapisan yang menghalangi pergerakan air masuk kedalam lapisan tanah, atau memiliki tekstur mulai agak halus hingga tekstur halus.
4. **Kelas D** : (Potensial *Runoff* yang tinggi). Tanah tersebut memiliki besar infiltrasi yang sangat rendah/lambat dalam kondisi jenuh. Yaitu tanah yang memiliki tekstur tanah lempung/memiliki potensi kembang susut yang tinggi, memiliki muka air tanah tetap/permanen, layer tanah cenderung berupa tekstur lempung hingga batas permukaannya, dan memiliki lapisan permiable yang dangkal.

2.8.2 Debit Puncak Limpasan (*Peak Runoff Rate*)

Debit puncak limpasan adalah aliran limpasan maksimum yang terjadi pada saat terjadinya hujan. Debit puncak limpasan merupakan indikator dari kekuatan hujan yang digunakan untuk memprediksi besarnya sedimentasi yang terjadi. Perhitungan debit limpasan puncak menggunakan modifikasi dari metode rasional.

Metode rasional berdasarkan pada asumsi bahwa intensitas curah hujan (*i*) dimulai pada saat $t = 0$ dan berlangsung terus sampai dengan jangka waktu yang tidak terbatas, sehingga debit limpasan puncak akan terus meningkat sampai pada waktu konsentrasinya $t = t_{conc}$ dimana luas wilayah sub DAS akan mempengaruhi aliran sampai pada titik keluaran sub DAS (*outlet*). Persamaan rasional tersebut adalah sebagai berikut :

$$q_{peak} = \frac{C.I.Area}{3.6} \quad (2.50)$$

dimana :

q_{peak} = Debit puncak limpasan (*Peak Runoff Rate*) (m^3/dt)

i = intensitas hujan (mm/jam)

$Area$ = luas wilayah sub DAS (km^2)

C = koefisien aliran

3.6 = faktor konversi

2.8.2.1 Waktu Konsentrasi (*Time of Concentration*)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dihitung dari mulai jatuhnya hujan pada suatu sub DAS sampai air tersebut mengalir ke outlet dari sub DAS tersebut. Waktu konsentrasi adalah waktu perjalanan yang dibutuhkan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu sub DAS) sampai ke outlet sungai dari sub DAS tersebut. Waktu konsentrasi dihitung dengan menjumlahkan lamanya waktu yang dilalui oleh air hujan yang jatuh pada suatu titik kemudian mengalir di lahan sampai ke outlet sungai dari sub DAS tersebut. Persamaannya sebagai berikut :

$$t_{conc} = t_{ov} + t_{ch} \quad (2.51)$$

Dengan :

t_{conc} = waktu konsentrasi di sub DAS (jam)

t_{ov} = waktu konsentrasi untuk aliran di lahan (jam)

t_{ch} = waktu konsentrasi untuk aliran di sungai (jam)

1. Waktu konsentrasi aliran di lahan (*overland flow time of concentration*)

$$t_{ov} = \frac{L_{slp}}{3600.V_{ov}} \quad (2.52)$$

Dengan :

t_{ov} = waktu konsentrasi untuk aliran di lahan (jam)

L_{slp} = panjang lereng di sub DAS (m)

V_{ov} = kecepatan aliran di lahan (*overland flow velocity*) (m/dtk)

3600 = faktor konversi (*unit conversion factor*)

Kecepatan aliran di lahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Manning* untuk setiap 1 meter panjang sepanjang garis miring permukaan lahan : (Anonim 2000, 2002 : 105)

$$V_{ov} = \frac{q_{ov}^{0,4} . slp^{0,3}}{n^{0,6}} \quad (2.53)$$

Dengan :

V_{ov} = kecepatan aliran di lahan (*overland flow velocity*) (m/dtk)

q_{ov} = debit aliran rata-rata di lahan (*average overland flow rate*) (m³/dtk)

slp = kemiringan rata-rata sub DAS (m/m)

n = angka kekasaran *Manning*

Dengan asumsi rata-rata aliran 6,35 mm/jam, maka kecepatan aliran di lahan dapat dikonversikan sebagai berikut :

$$V_{ov} = \frac{0,005.L_{slp}^{0,4} .slp^{0,3}}{n^{0,6}} \quad (2.54)$$

Dengan :

V_{ov} = kecepatan aliran di lahan (*overland flow velocity*) (m/dtk)

L_{slp} = panjang lereng di sub DAS (m)

slp = kemiringan rata-rata sub DAS (m/m)

n = angka kekasaran *Manning*

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.50) ke dalam persamaan (2.48) akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$t_{ov} = \frac{L_{slp}^{0,6} .n^{0,6}}{18.slps^{0,3}} \quad (2.55)$$

Dengan :

t_{ov} = waktu konsentrasi untuk aliran di lahan (jam)

L_{slp} = panjang lereng di sub DAS (m)

slp = kemiringan rata-rata sub DAS (m/m)

n = angka kekasaran *Manning*

Tabel 2.4 Angka Kekasaran *Manning* (n) untuk Aliran di Lahan (*Engman*, 1983)

Karakteristik permukaan lahan	Median	Range
Tanah kosong, gundul - tanpa sisa tanaman	0,01	0,008-0,012
Pengolahan tanah konvensional - tanpa sisa tanaman	0,09	0,06-0,12
Pengolahan tanah konvensional - ada sisa tanaman	0,19	0,16-0,22
Pengolahan tanah dengan dibajak - tanpa sisa tanaman	0,09	0,06-0,12
Pengolahan tanah dengan dibajak - ada sisa tanaman	0,13	0,1-0,16
Tanaman musiman - ada sisa tanaman	0,40	0,3-0,5
Tanah tidak dikerjakan - tanpa sisa tanaman	0,07	0,04-0,1
Tanah tidak dikerjakan - ada sisa tanaman 0,5-1 ton/ha	0,12	0,07-0,17
Tanah tidak dikerjakan - ada sisa tanaman 2-9 ton/ha	0,30	0,17-0,47
Tanah berteras, 20% ditanami	0,60	
Padang rumput pendek yang luas	0,15	0,1-0,2
Rumput tebal	0,24	0,17-0,3
Rumput bermuda	0,41	0,3-0,48

Sumber : *Anonim* 2000, 2002 : 105

2. Waktu konsentrasi aliran di sungai/saluran (*channel flow time of concentration*)

$$t_{ch} = \frac{L_c}{3,6.V_c} \quad (2.56)$$

Dengan :

t_{ch} = waktu konsentrasi untuk aliran di sungai (jam)

L_c = panjang rata-rata saluran di sub DAS (km)

V_c = kecepatan aliran di sungai (*channel flow velocity*) (m/dtk)

3,6 = faktor konversi (*unit conversion factor*)

Panjang rata-rata saluran dihitung dengan persamaan :

$$L_c = \sqrt{L \cdot L_{cen}} \quad (2.57)$$

Dengan :

L_c = panjang rata-rata saluran di sub DAS (km)

L = panjang saluran dari titik terjauh sampai ke outlet sub DAS (km)

L_{cen} = jarak antara sepanjang saluran dengan titik tengah sub DAS (km)

Diasumsikan $L_{cen} = 0,5 L$, maka panjang rata-rata saluran di sub DAS adalah :

$$L_c = 0,71 \cdot L \quad (2.58)$$

Kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan rumus *manning*, dengan asumsi penampang melintang saluran berbentuk trapezium, kemiringan tebing saluran 2:1, dan rasio perbandingan lebar dasar saluran dengan tinggi saluran adalah 10:1, sehingga akan didapatkan persamaan :

$$V_c = \frac{0,489 \cdot q_{ch}^{0,25} \cdot slp_{ch}^{0,375}}{n^{0,75}} \quad (2.59)$$

Dengan :

V_c = kecepatan rata-rata aliran saluran (*average channel velocity*) (m/dtk)

q_{ch} = debit rata-rata aliran di saluran (*average channel flow rate*) (m³/dtk)

slp_{ch} = kemiringan saluran (m/m)

n = angka kekasaran *Manning* di saluran

untuk menghitung debit rata-rata aliran di saluran menggunakan rumus :

$$q_{ch} = \frac{q^*_{ch} \cdot Area}{3,6} \quad (2.60)$$

Dengan :

$Area$ = luas sub DAS (km²)

q^*_{ch} = debit rata-rata aliran di saluran (mm/jam)

merupakan debit yang terjadi pada unit satuan luas (unit satuan luas = 1 ha) dihitung dengan persamaan :

$$q^*_{ch} = q^*_o \cdot (100 \cdot Area)^{-0,5} \quad (2.61)$$

Dengan :

q_o^* = debit pada satu unit satuan luas (mm/jam)

100 = faktor konversi

Jika diasumsikan debit pada satu unit satuan luas adalah 6,35 mm/jam dan persamaan (2.56) dan (2.57) disubsitusikan ke dalam persamaan (2.54), maka akan didapatkan :

$$V_c = \frac{0,317 \cdot Area^{0,125} \cdot slp_{ch}^{0,375}}{n^{0,75}} \quad (2.62)$$

Kemudian persamaan (2.58) dan (2.54) disubsitusikan ke persamaan (2.52) akan diperoleh persamaan :

$$t_{ch} = \frac{0,62 \cdot L \cdot n^{0,75}}{Area^{0,125} \cdot slp_{ch}^{0,375}} \quad (2.63)$$

Tabel 2.5 Angka Kekasaran Manning (n) untuk Aliran di Saluran (Chow, 1959)

Tipe Saluran	Rata-rata	Range
Saluran buatan :		
Tanah liat, lurus, bersih	0,025	0,016-0,033
Tanah liat, berumput	0,035	0,023-0,050
Tanah terurus, berumput, beberapa tumbuhan bawah	0,075	0,040-0,140
Saluran alam :		
Sedikit vegetasi, dasar saluran berkerikil dan berbatu atau ada tumbuhan bawah	0,05	0,025-0,065
Ditumbuhi vegetasi lebat dan tumbuhan bawah	0,1	0,050-0,150

Sumber : Anonim 2000, 2002 : 107

2.8.2.2 Koefisien Aliran

Angka koefisien aliran (C) merupakan bilangan perbandingan laju debit puncak (Q) dengan intensitas hujan (R) dan merupakan bilangan tanpa satuan. Dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{Q_{surf}}{R_{day}} \quad (2.64)$$

2.8.2.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan persatuan waktu, dihitung dengan rumus :

$$i = \frac{R_{tc}}{t_{conc}} \quad (2.65)$$

Dengan :

i = intensitas hujan (mm/jam)

R_{tc} = tinggi hujan selama waktu konsentrasi

t_{conc} = waktu konsentrasi di sub DAS (jam)

Suatu analisa data curah hujan yang dikumpulkan oleh Hershfield (1961) dalam jangka waktu dan frekuensi yang berbeda-beda menunjukkan bahwa jumlah hujan yang jatuh sepanjang waktu konsentrasinya sebanding dengan hujan yang jatuh selama periode 24 jam.

$$R_{tc} = \alpha_{tc} \cdot R_{day} \quad (2.66)$$

Dengan :

α_{tc} = fraksi curah hujan harian yang terjadi selama waktu konsentrasinya

R_{day} = jumlah hujan yang terjadi dalam waktu 1 hari (mm)

Untuk durasi hujan pendek, semua hujan yang jatuh sepanjang waktu konsentrasinya menyebabkan α_{tc} mendekati batas atasnya 1. nilai minimum α_{tc} terjadi jika intensitas hujan yang terjadi seragam ($i_{24} = i$).

Nilai minimum ini dapat didefinisikan dengan mensubsitusikan persamaan (2.57) dan $i_{24} = i$ ke dalam persamaan (2.58) :

$$\alpha_{tc, \min} = \frac{R_{tc}}{R_{day}} = \frac{i \cdot t_{conc}}{i_{24} \cdot 24} = \frac{t_{conc}}{24} \quad (2.67)$$

Dengan besarnya α_{tc} adalah $t_{conc} / 24 \leq \alpha_{tc} \leq 1.0$

SWAT memperkirakan fraksi dari curah hujan yang terjadi dalam waktu konsentrasi tertentu sebagai fungsi fraksi dari curah hujan harian dengan waktu setengah jam dari intensitas hujan maksimumnya :

$$\alpha_{tc} = 1 - \exp[2 \cdot t_{conc} \cdot \ln(1 - \alpha_{0,5})] \quad (2.68)$$

Dengan :

$\alpha_{0,5}$ = fraksi curah hujan harian selama waktu setengah jam dari intensitas hujan tertingginya

t_{conc} = waktu konsentrasi di sub DAS (jam)

2.8.2.4 Modifikasi Rumus Rasional

Modifikasi rumus rasional digunakan untuk memperkirakan besarnya debit puncak limpasan, didapatkan dengan mensubsitusi persamaan (2.60), (2.61), dan (2.62) ke dalam persamaan (2.46) : (Anonim 2000, 2002:109)

$$q_{peak} = \frac{\alpha_{tc} \cdot Q_{surf} \cdot Area}{3,6 \cdot t_{conc}} \quad (2.69)$$

Dengan :

q_{peak} = debit puncak limpasan (*peak runoff rate*)(m³/dtk)

α_{tc} = fraksi curah hujan harian yang terjadi selama waktu konsentrasinya

$Area$ = luas wilayah sub DAS (km^2)

t_{conc} = waktu konsentrasi di sub DAS (jam)

3,6 = faktor konversi

Q_{surf} = kedalaman hujan berlebih (*accumulated runoff/rainfall excess*) (mm)

2.8.3 Beberapa Bagian Penting Dalam AVSWAT 2000

2.8.3.1 Automatic Deliniation

Automatic Deliniation digunakan untuk mendapatkan sungai sintesis dan definisi outlet yang ada pada suatu DAS. Sungai sintesis didapat dari pengolahan input data peta kontur yang sudah dikonversi dalam bentuk *grid* dengan metode *TIN* (*Triangulated Irregular Network*). Di dalam menu ini terdapat perintah untuk membangkitkan sungai sintesis lengkap dengan dimensinya (panjang, lebar, kedalaman sungai) dan menentukan lokasi *outlet* secara otomatis oleh program berdasarkan percabangan anak sungai sintetis untuk membagi DAS kedalam sub-sub DAS. Program melambangkan lokasi outlet dengan titik. Titik-titik *outlet* dapat ditentukan secara manual oleh pengguna. Pengguna dapat memodifikasi (menambah atau mengurangi) titik outlet bahkan menghapus titik *outlet* yang tidak dikehendaki dalam gambar. Pengguna dapat pula mendefinisikan suatu titik *outlet* sebagai *point source* (waduk/dam/bendungan), atau dapat pula juga didefinisikan sebagai *inlet*.

Untuk mempresentasikan bentuk permukaan bumi, software AVSWAT 2000 menggunakan model DEM (Digital Elevation Model). DEM atau DTM (*Digital Terrain Model*) adalah salah satu metode pendekatan yang biasa dipakai untuk memodelkan relief permukaan bumi dalam bentuk 3 dimensi. Penggunaan model permukaan digital dalam proses analisis limpasan permukaan merupakan langkah yang tepat dimana model permukaan digital yang mempresentasikan permukaan relief bumi akan membantu ketelitian dalam mengidentifikasi kemiringan lahan, arah aliran, akumulasi aliran, panjang lintasan aliran, dan penentuan daerah aliran. Terdapat beberapa metode untuk menggambarkan bentuk permukaan bumi dalam model permukaan digital, yaitu model *grid* dalam bentuk persegi, model *TIN* (*Triangulated Irregular Network*) dalam bentuk segitiga yang tidak beraturan dan yang terakhir adalah *CA* (*Cellular Automata*) yaitu dalam bentuk segitiga, segi empat atau segi enam beraturan. Dari berbagai metode yang ada, metode persegi merupakan metode yang paling banyak digunakan, (Laurini 1992, dalam Sutan Haji) hal ini dikarenakan bentuk persegi mempunyai kemudahan dalam perhitungan dan visualisasinya apabila dibandingkan dengan bentuk lainnya.

2.8.3.2 *Land Use & Soil Definition*

Dalam *Land Use & Soil Definition*, program akan mengklasifikasi dan mendefinisikan kombinasi dan distribusi penggunaan lahan dan jenis tanah dengan meng-overlay-kan peta tataguna lahan dan peta jenis tanah untuk menentukan daerah dan parameter hidrologi setiap kategori lahan-tanah yang ada pada setiap sub-sub DAS. Program ini akan meminta input data peta digital tata guna lahan dan peta jenis tanah beserta data-data spasialnya.

2.8.3.3 *HRU Distribution*

HRU (*Hydrologic Respon Unit*) digunakan untuk menghitung evapotranspirasi pada lahan di DAS. Lahan DAS yang dimaksud adalah penutup lahan/tanaman dan jenis tanah.

Pembagian DAS kedalam sub-sub DAS mengakibatkan setiap sub-sub DAS mempunyai informasi tataguna lahan dan klasifikasi tanah yang berbeda-beda. Hal ini memudahkan program untuk merefleksikan perbedaan evapotranspirasi dan kondisi-kondisi hidrologi lainnya untuk setiap tanaman/penutup lahan dan jenis tanah pada setiap sub-sub DAS.

2.8.4 Hasil Simulasi Program AVSWAT 2000

Terdapat 2 file utama untuk *output running simulation* AVSWAT yang masing-masing mempunyai penjelasan yang berbeda-beda. File-filenya adalah :

1. *Subbasin Output File (*.BSB)*

File ini berisi tentang informasi yang ada pada masing-masing sub DAS atau juga ringkasan pada *HRU* pada setiap sub DAS. Parameter-parameter penting yang mengacu dengan studi ini adalah :

- ORGN = N organik pada sub DAS yang masuk ke badan saluran
- ORGNP = P organik pada sub DAS yang masuk ke badan saluran
- NSURQ = Nitrat yang masuk ke saluran melalui limpasan
- SOLP = P terlarut yang masuk ke saluran beserta limpasan
- SEDP = P mineral yang masuk saluran menyertai sedimen tanah

2. *Main Channel Output File (*.RCH)*

File ini berisi ringkasan informasi muatan komponen-komponen DAS yang masuk dan keluar saluran. Parameter-parameter penting yang mengacu dengan studi ini adalah :

- ORG_IN = N organik dalam air yang masuk saluran (*reach*)
- ORGN_OUT = N organik dalam air yang keluar saluran (*reach*)

- ORGP_IN = P organik dalam air yang masuk saluran (*reach*)
- ORGP_OUT = P organik dalam air yang keluar saluran (*reach*)
- NO₃_IN = Nitrat dalam air yang masuk saluran (*reach*)
- NO₃_OUT = Nitrat dalam air yang keluar saluran (*reach*)
- NO₂_IN = Nitrit dalam air yang masuk saluran (*reach*)
- NO₂_OUT = Nitrit dalam air yang keluar saluran (*reach*)
- NH₄_IN = Amonia dalam air yang masuk saluran (*reach*)
- NH₄_OUT = Amonia dalam air yang keluar saluran (*reach*)
- MINP_IN = P mineral dalam air yang masuk saluran (*reach*)
- MINO_OUT = P mineral dalam air yang masuk saluran (*reach*)
- CBOD = besarnya oksigen yang dibutuhkan untuk menyusun ulang material organik dalam air
- DO = banyaknya kandungan oksigen yang terkandung di dalam air

2.9 Standart dan Kriteria Kualitas Air

Baku mutu air adalah batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar yang terdapat dalam air, namun air tetap dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pemanfaatan air dalam Keputusan Gubernur KDH Tk. I Jawa Timur No. 413 tahun 1987 tentang Penggolongan dan Baku Mutu Air di Jawa Timur, dibagi menjadi 4 golongan :

1. Golongan A = Air yang dapat dimanfaatkan untuk air minum langsung
2. Golongan B = Air yang dapat dimanfaatkan sebagai air baku air minum
3. Golongan C = Air yang dapat dimanfaatkan untuk perikanan dan pertanian
4. Golongan D = Air yang dapat dimanfaatkan untuk air pertanian, usaha, perkotaan, industri, dan pembangkit listrik tenaga air

Berdasarkan peraturan terbaru yaitu Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu air digolongkan menjadi :

1. Kelas I adalah air yang diperuntukkannya dapat digunakan untuk baku air minum dan atau untuk peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman,

dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

3. Kelas III adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau untuk peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman, dan atau untuk peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Beban pencemar merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi kualitas atau mutu air. Beban pencemar adalah jumlah suatu parameter pencemar yang terkandung dalam suatu aliran air limbah. Beban pencemaran biasanya dinyatakan dalam satuan jumlah parameter pencemaran, misalnya : satuan berat, atau untuk aliran air dinyatakan dalam satuan jumlah parameter pencemaran per satuan waktu.

Evaluasi dan penyelesaian desain massa limbah mencakup penentuan variasi konsentrasi unsur pokok air limbah, analisa beban pencemaran, termasuk didalamnya beban rerata dan beban puncak pencemaran serta pengaruh racun dan pengaruh polutan. Beban pencemaran dapat ditentukan dengan mengukur kadar parameter pencemaran dan volume atau debit aliran air yang bersangkutan. nilai beban pencemaran dihitung dengan perkalian antara kadar dan volume atau debit aliran, seperti yang dijelaskan dalam rumus di bawah ini :

$$L = Q_o \cdot C_o \quad (2.73)$$

Dengan :

L = beban pencemar [MT^{-1}]

Q_o = debit aliran [$ML^{-3}T^{-1}$]

C_o = konsentrasi unsur pokok [ML^{-3}]

untuk mengubah data limbah menjadi data beban digunakan persamaan berikut

ini :

$$L = 86,4 \cdot Q \cdot C \quad (2.74)$$

Dengan :

L = beban pencemar (kg/hari)

Q_o = debit aliran (m^3 /detik)

C_o = konsentrasi parameter pencemar (mg/ltr)

untuk angka 86,4 berasal dari konversi satuan, yaitu :

$L = Q \cdot C$

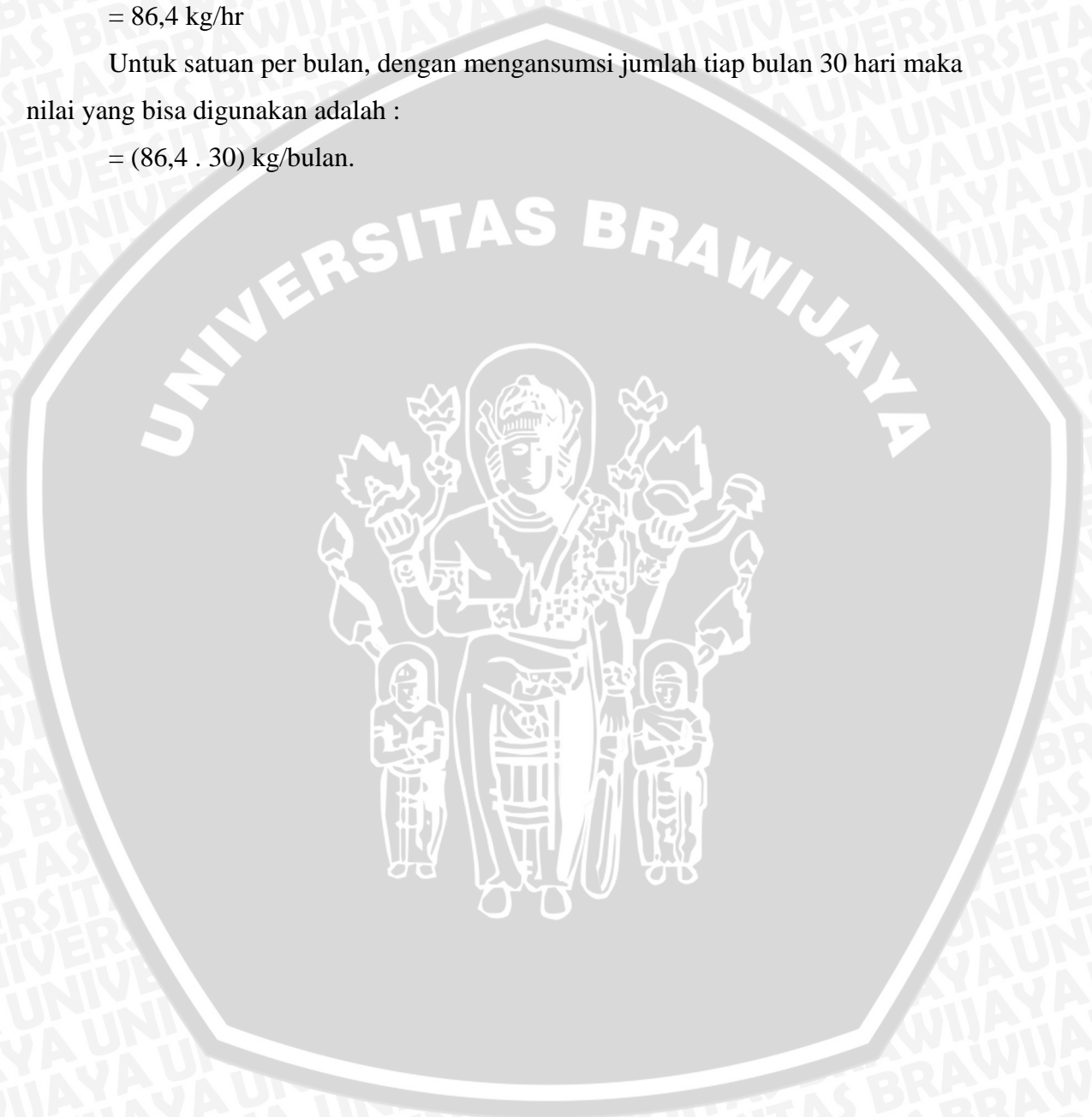
$$= m^3/dt \cdot mg/ltr$$

$$= 10^3 \text{ltr} / (8,64 \cdot 10^4)^{-1} \text{ hari} \cdot 10^{-6} \text{ kg/ltr}$$

$$= 86,4 \text{ kg/hr}$$

Untuk satuan per bulan, dengan mengansumsi jumlah tiap bulan 30 hari maka nilai yang bisa digunakan adalah :

$$= (86,4 \cdot 30) \text{ kg/bulan.}$$



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Lokasi Studi

Wilayah Sungai Brantas Tengah secara administratif seluruhnya berada pada provinsi Jawa Timur, meliputi 3 kotamadya dan 6 kabupaten. Kotamadya tersebut adalah Kodya Blitar, Tulungagung, Kediri dan Mojokerto. Sedangkan kabupatennya adalah Kabupaten Blitar, Kediri, Mojokerto, Tulugagung, Jombang dan Nganjuk.

Secara geografis, sebelah utara Brantas Tengah dibatasi oleh punggung pegunungan Kendeng, sebelah timur oleh punggung Kelud dan Anjasmoro, sebelah selatan oleh bagian timur pegunungan Jawa Selatan, dan di sebelah barat oleh pegunungan Wilis, Dorowati, Mranggu, Senggulung dan Tanggur. Secara astronomis, Kali Brantas Tengah terletak pada $111^{\circ}54'$ hingga $112^{\circ}30'$ bujur timur dan $7^{\circ}11'$ hingga $8^{\circ}10'$ lintang selatan.

3.2. Lokasi Studi

Lokasi daerah studi adalah DAS Waduk Wonorejo terletak pada wilayah sistem DAS Ngrowo, subsistem DAS Brantas, di Desa Wonorejo, Kecamatan Pagerwojo, Kabupaten Tulungagung. DAS Waduk Wonorejo meliputi Kali Bodeng. Kali Bodeng merupakan sumber air yang dialirkan ke Waduk Wonorejo. Tujuan dari pembangunan Waduk Wonorejo digunakan untuk pengendali banjir di Tulungagung seluas 1.470 Ha dan pembangkit tenaga listrik, terutama adalah untuk menyediakan pasokan air baku untuk kota Surabaya dan sekitarnya sebesar $8,02 \text{ m}^3/\text{dt}$, tambahan tenaga listrik 6,020 MW, perikanan darat dan pariwisata. Pengelolaan Waduk Wonorejo ini sepenuhnya dilakukan oleh Perusahaan Umum Jasa Tirta I yang kantor pusatnya terletak di Kota Malang.

Data Teknis Bendungan Wonorejo :

1. Bendungan

Tipe bendungan	: Rockfill, Center Core Type
Elevasi puncak	: $\pm 187,00 \text{ m}$
Tinggi Bendungan	: 97 m
Panjang bendungan	: 499 m
Isi bendungan	: 4 x 106 m

2. Waduk

Daerah pengaliran	: 126,3 km ²
Daerah terendam	: 3,85 km ²
Elevasi tertinggi (HWL)	: ± 184,00 m
Elevasi terendah (LWL)	: ± 126,00 m
Elevasi banjir (FWL)	: ± 184,20 m
Kapasitas waduk efisiensi	: 120 x 106 m ³
Kapasitas waduk brutto	: 124 x 106 m ³

3. Intake dan outlet

Tipe intake	: Vertikal intake tower
Elevasi inlet	: ± 126,00 m
Waterway	: steel conduit
Outlet value	: Hollow jet valve
Maximum discharge	: 6 m ³ /dtk

4. Spillway

Tipe	: overflow weir chute – way type with gates
Gate	: roller gate
Maximum discharge	: 360 m ³ /dtk

(sumber : Perum Jasa Tirta I)

3.3. Sistematika Pengkerjaan Studi

3.3.1. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan untuk studi ini adalah :

1. Peta digital, meliputi :
 - a. Peta Topografi
 - b. Peta Sungai
 - c. Peta Tataguna Lahan
 - d. Peta Jenis Tanah
2. Data Hidrologi, meliputi :

Data curah hujan harian stasiun penakar curah hujan yang ada disekitar DAS Waduk Wonorejo dari tahun 1997 – 2006 diperoleh dari Balai PSAWS Bango Gedangan Malang.

3. Data-data pertanian, meliputi :
 - a. Rencana pola tata tanam global tahunan
 - b. Jenis pupuk yang umum digunakan
5. Data-data pengukuran kualitas air di lapangan

3.3.2. Tahapan Penyelesaian Masalah Studi

1. Mengolah data hujan
2. Uji Konsistensi data
3. Menampilkan peta lokasi studi
 - Peta topografi
 - Peta tata guna lahan
 - Peta jenis tanah
 - Peta sungai
4. Membuat DEM (*Digital Elevation Model*) dari peta topografi

Langkah-langkah pembuatan DEM dalam AVSWAT 2000 :

- a. Mengaktifkan eksistensi 3D pada menu *file*
 - b. Setelah aktif, pada menu *surface*, dipilih sub menu *Create TIN* peta topografi.
 - c. Setelah berhasil membuat *TIN*, dipilih menu *Theme*, kemudian pilih sub menu *Convert to Grid* untuk mengubah gambar peta dari bentuk *TIN* ke dalam bentuk *Grid*.
 - d. Setelah berhasil, dipilih menu AVSWAT, kemudian dipilih menu *automatic delineation*, akan muncul *dialog box* berjudul *watershed delineation*.
 - e. Dalam *DEM Set Up*, dipilih gambar map terbuka untuk membuka *file* gambar, kemudian pilih gambar yang ingin dijadikan DEM (data *file* harus dalam bentuk *grid*).
 - f. Selanjutnya, dipilih perintah *properties* untuk memproyeksikan gambar DEM yang telah berhasil dibuat. Proyeksi dalam studi ini menggunakan metode UTM 1983 dengan zona 49.
 - g. Kemudian dipilih perintah *apply* untuk mengkonfirmasi.
5. Membuat peta sungai sintesis dari DEM
 - a. Pada *dialog box – watershaed delineation – stream definition*, pada baris *threshold area*, diisikan suatu angka yang mendefinisikan jaringan sungai (aliran sungai utama dan anak sungai) pada gambar. Terdapat batas minimal dan

maksimal angka yang akan diisikan. Semakin kecil angka, maka semakin banyak anak sungai yang didefinisikan.

- b. Kemudian pilih perintah *apply* untuk mengkonfirmasi.
6. Membandingkan peta sungai sintesis dengan peta sungai asli, apabila tidak terjadi perbedaan mencolok maka peta sungai sintesis dapat diterima.
7. Membuat daerah tangkapan sungai (*Catchment Area*)
 - a. Pada *dialog box Watershed Delineation – outlet and inlet definition*, pilih perintah *add/remove/redefine* untuk menambah / menghapus / menentukan lokasi outlet-outlet pembagian sub DAS pada gambar.
 - b. Pilih perintah *select* pada baris *Main watershed outlet(s) selection and definition* untuk memilih satu atau lebih *outlet* yang mendefinisikan untuk *outlet* utama dari *outlet-outlet* yang telah dibuat.
 - c. Pilih perintah *apply* untuk mengkonfirmasi.
8. *Overlay* peta tata guna lahan dan peta jenis tanah terhadap tampilan (*display*) daerah kajian studi.
9. Menentukan distribusi *HRU (Hydrologic Respons Unit)*
10. Input data pada AVSWAT 2000 dilakukan pada tampilan *SWAT view* dalam menu input data, meliputi :
 - Input data klimatologi dan hidrologi
 - Input data jenis tanah
 - Input data penutup lahan/tanaman
 - Input data kekasaran manning di saluran
11. Edit data-data sub DAS dilakukan pada tampilan *SWAT view* dalam menu edit subbasin data meliputi :
 - Input data RTTG dalam file .mgt
 - Input data pemberian pupuk dalam file .mgt
 - Input data irigasi dalam file .hru
12. Running simulasi dengan periode 6 tahun mengacu pada data hujan yang ada.
13. Membaca hasil simulasi.
14. Kalibrasi debit dan parameter kualitas air N, P, BOD dan DO dialiran sungai utama dengan perum jasa tirta tahun 2005
15. Running simulasi dengan periode 15 tahun untuk mengetahui prediksi N, P, BOD dan DO tiap tahun hingga tahun 2015.

16. Menganalisis hasil simulasi

- Membaca kandungan N dan P dari lahan pertanian dalam output file .sbs
- Membaca parameter kualitas air N, P, BOD dan DO dibadan sungai dalam output file .RCH kemudian dibandingkan dengan standart baku mutu limbah cair.

17. Kesimpulan dan saran.



BAB IV

ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Umum

Pada pengerjaan “Prediksi Penyebaran Polutan Dari Lahan Pertanian Di DAS Waduk Wonorejo Kabupaten Tulungagung” ini, metode analisa yang dilakukan yaitu menggunakan Metode Analisa Pemodelan.

Pemodelan yang dilakukan untuk mengkaji pola sebaran Polutan di lahan dan sungai, menggunakan paket pemodelan *software* AVSWAT 2000. AVSWAT 2000 versi 1 adalah merupakan pengembangan ekstensi model program Arcview yang digabungkan dengan model program SWAT (*Soil And Water Assessment Tool*) sebagai model simulasinya (Arnold et all.,1998). SWAT dibuat untuk tujuan mensimulasikan dampak manajemen penggunaan lahan yang diantaranya adalah Air, Sedimen, Unsur Kimia Lahan Pertanian dalam jumlah besar, permasalahan yang terdapat dalam manajemen DAS (*Daerah Pengaliran Sungai*) dengan adanya bermacam-macam jenis tanah, tataguna lahan, dan kondisi-kondisi lainnya selama periode waktu yang cukup lama.

Model AVSWAT 2000 ini, telah banyak digunakan untuk berbagai studi pengelolaan DAS yaitu diantaranya :

- a. TMDL Sungai Bosque Propinsi Erath Texas, yaitu analisa tentang prediksi jumlah sedimen, nitrogen, dan unsur phospor yang akan tertampung di Waduk Waco dari berbagai sumber : pembuangan limbah dari perusahaan industri susu, limbah hasil pengolahan pertanian, daerah pemukiman/perkotaan, dengan metode perhitungannya menggunakan metode simulasi dan analisa.
- b. TMDL Sungai Poteau Oklahoma Arkansas. Studi ini berisikan pekerjaan meliputi menentukan jumlah sedimen, nitrogen, phospor yang akan tertampung di Waduk Wister dan kandungan oksigen, temperatur, alga, dan CBOD pada aliran sungai. Dalam skenario perhitungannya juga meliputi besarnya hasil limbah peternakan unggas.
- c. Nilai DDT di wilayah DAS Sungai Yakima, Whosington. SWAT digunakan untuk mensimulasikan kondisi eksisting dan kedepan tentang besar konsentrasi sedimen yang terkontaminasi oleh DDT di Sungai Yakima tersebut.
- d. Kantor EPA urusan pestisida telah mengevaluasi dengan menggunakan model AVSWAT untuk menganalisa tingkat pemakaian Peptisida.

Model program SWAT ini dalam simulasi perhitungan tentang kejadian hidrologi maupun hidrolis pada suatu DAS, yaitu menggunakan konsep dasar kesetimbangan / *Water ballance*. Untuk tingkat keakuratan hasil : penyebaran pestisida, sedimen atau nutrient, siklus hidrologi, simulasi dari model haruslah memiliki kesesuaian dengan kondisi yang terjadi dilapangan.

Simulasi hidrologi pada suatau areal Daerah Pengaliran Sungai, secara umum dapat dibagi menjadi 2 pokok bahasan, yaitu :

1. Siklus hidrologi pada fase/tahap terjadi di satu luasan lahan, sebagai kontrol jumlah air, sedimen, nutrisi dan pestisida yang akan masuk ke sistim 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 masing-masing Sub DAS

Berdasarkan hal di atas penelitian ini, diawali dengan pengidentifikasian batas daerah studi, baik berdasarkan batas administrasi atau berdasarkan daerah aliran sungai. Dalam studi ini, wilayah yang dikaji menggunakan konsep daerah aliran sungai (DAS), Sebagai suatu sistem hidrologi DAS adalah suatu bentang alam yang dibatasi oleh pemisah alami berupa puncak-puncak gunung dan punggung-punggung bukit. Bentang alam tersebut menerima dan menyimpan curah hujan yang jatuh di atasnya dan kemudian mengatur dan mengalirkannya secara langsung maupun tidak langsung beserta muatan sedimen, material Polutan/*Constituant* dan bahan-bahan lainnya ke sungai utama yang akhirnya bermuara ke danau atau ke laut.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka pada Analisa dan Pengolahan Data didalam bab ini akan di bahas secara berurutan sebagai berikut :

1. Penentuan Batas DAS Waduk Wonorejo

Penentuan batas DAS pada studi ini menggunakan bantuan software *ArcView GIS 3.2*. Dalam menentukan batas DAS pada *ArcView GIS 3.2* dibutuhkan beberapa *extension* sebagai alat bantu antara lain *GeoProcessing Wizard, Spatial Analyst, Hydrologic Modelling, 3D Analyst, Xtools dan AVSWAT 2000*.

- a. Pembuatan DTM *Digital Terain Model /DEM Digital elevation Model*.
- b. Arah Aliran (*flow direction*).
- c. Akumulasi Aliran (*flow accumulation*).
- d. Delinasi DAS Waduk Selorejo.

2. Pengolahan Data
 - a. Pengolahan Data Hujan.
 - ✓ Uji Konsistensi
 - ✓ Pengolahan Data Hujan Untuk Input Data AVSWAT 2000
 - b. Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah.
3. Tahapan Pemodelan
 - a. Parameterisasi Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah.
 - b. Pengolahan HRU (*Hydrology Respon Unit*).
 - c. Input Data
 - d. Edit Input Data
4. Simulasi Pemodelan
 - a. Simulasi Awal dan Kalibrasi.
 - b. Simulasi Pasca Kalibrasi.

Berikut dibawah ini masing-masing pembahasan sub item tersebut diatas :

4.2 Penentuan Batas DAS Waduk Wonorejo

Catchment area (Daerah Aliran Sungai-DAS) adalah suatu bentang alam yang dibatasi oleh pemisah alami berupa puncak-puncak gunung dan punggung punggung bukit. Bentang alam tersebut menerima dan menyimpan curah hujan yang jatuh di atasnya dan kemudian mengatur dan mengalirkannya secara langsung maupun tidak langsung beserta muatan sedimen dan bahan-bahan lainnya ke sungai utama yang akhirnya bermuara ke danau atau ke laut.

Dengan pengertian tersebut bentuk dan ukuran suatu DAS dapat dikenali secara geografis, sebuah sistem DAS yang besar biasanya terdiri dari beberapa sub DAS sesuai dengan jumlah dan hirarki percabangan sungai utamanya. Sehingga batas fisik DAS dan batas fisik sub DAS dapat dikenali.

Oleh karena itu pengertian tentang DAS yang telah umum dikenal adalah suatu kawasan bentang alam yang dibatasi oleh sempadan-sempadan alami yang menerima, menampung dan menyimpan curah hujan yang jatuh di atasnya, kemudian mengatur dan menyalurkannya secara langsung ke sungai utama yang akhirnya bermuara ke danau atau ke laut. Daerah pengaliran sungai adalah satu satuan ekologi (ekosistem) dengan dalam lingkungan itu makhluk hidup dan makhluk tidak hidup berinteraksi secara bersama-sama.

4.2.1. Pembuatan DTM *Digital Terrain Model* /DEM *Digital elevation Model*

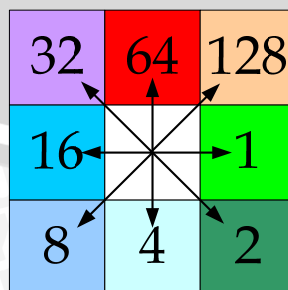
Penggunaan DTM/DEM (*Digital Terrain Model*) adalah untuk merepresentasikan karakteristik fisik atau relief dari permukaan bumi. Basis data yang digunakan adalah peta kontur digital dengan skala 1 : 25.000 yang diproduksi oleh Bakosurtanal.

DTM digunakan untuk mengidentifikasi arah aliran (*flow direction*) yang akan terjadi, akumulasi aliran (*flow accumulation*) dan panjang aliran (*flow length*) dari titik terjauh terhadap outlet dalam satu wilayah DAS.

Struktur data yang dipakai untuk pemodelan karakteristik permukaan dalam studi ini adalah struktur data dalam bentuk TIN (*Triangular Irregular Network*) dan struktur data raster/grid (bujursangkar) dengan ukuran sel 25 m x 25 m. Langkah selanjutnya ialah peta kontur yang sudah dalam format digital (*Digital Elevation Model*) dibangkitkan kedalam struktur data TIN, dari struktur data TIN ini kemudian dikonversikan kedalam struktur data raster/grid dengan ukuran sel (*cell size*) 25 m x 25 m (**Gambar 4.3**). Setelah peta ketinggian sudah dalam format raster/grid selanjutnya dilakukan perlakuan untuk mengidentifikasi anomali yang terjadi di permukaan atau biasa disebut sebagai sink. Apabila sink yang terdapat telah dapat diidentifikasi dan dihilangkan maka selanjutnya peta ketinggian dapat digunakan untuk pemodelan, DEM yang telah diberikan perlakuan penghilangan sink disebut sebagai DEM modifikasi.

4.2.2. Arah Aliran (*flow direction*)

Arah aliran (*flow direction*) adalah parameter yang sangat penting untuk melakukan pemodelan karakteristik fisik permukaan lahan. Peta arah aliran ini diturunkan dari DEM modifikasi dengan metode *deterministic eight neighbour* atau biasa disingkat dengan D8 dengan masing-masing sel dari permukaan lahan akan mengidentifikasi arah aliran sesuai dengan 8 (delapan) arah mata angin yang didefinisikan dengan angka-angka sesuai dengan konvensi penomoran grid arah aliran seperti pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Konvensi penomoran grid arah aliran (*flow direction*)

Selanjutnya dalam tiap-tiap sel yang mempunyai arah aliran yang berbeda akan divisualisasikan dengan warna yang berbeda pula. Secara lebih detail hasil penurunan raster/grid arah aliran ini dapat ditunjukkan oleh **Gambar 4.4**

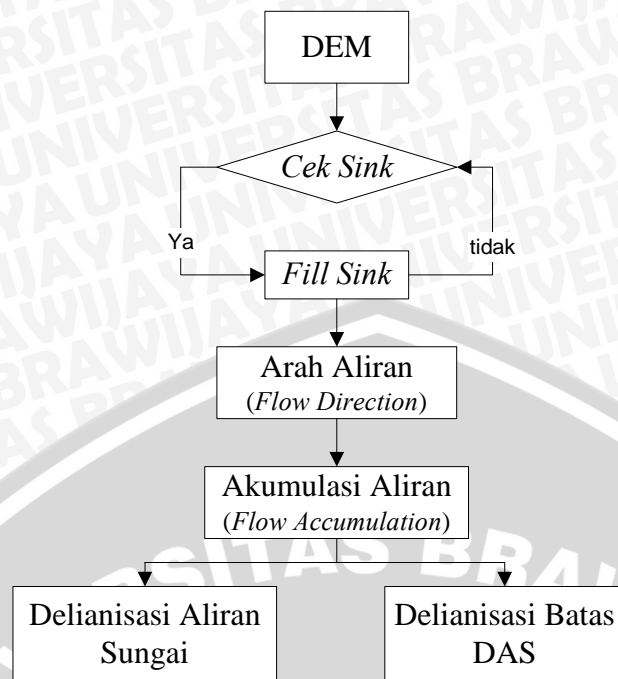
4.2.3. Akumulasi Aliran (*flow accumulation*)

Akumulasi aliran (*flow accumulation*) dapat diturunkan dari peta arah aliran (*flow direction*). Pada dasarnya apabila masing-masing sel telah terdefiniskan arah alirannya maka apabila terjadi hujan selanjutnya akumulasi aliran dari tiap-tiap sel akan menuju kepada sel yang mempunyai elevasi yang terendah, sel-sel yang mempunyai elevasi terendah ini akan membentuk jaringan sungai (*drainage network*) pada suatu hamparan DAS.

Untuk kondisi akumulasi aliran yang normal dengan tidak terdefiniskan nilai selnya secara khusus maka nilai dari tiap piksel sel grid adalah diasumsikan satu. Sedangkan untuk sel yang terdefiniskan nilainya adalah sel yang merupakan hasil penjumlahan dari tiap-tiap sel yang kemudian terakumulasikan pada sel yang terdefiniskan mempunyai nilai elevasi terendah (Melancon : 1999). Hasil penurunan grid akumulasi aliran dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.

Selanjutnya kombinasi dari peta arah aliran (*flow direction*) dengan peta akumulasi aliran (*flow accumulation*) akan didapatkan jaringan sungai sintetik (*synthetic stream network*) dari suatu DAS dengan hasil ini kemudian diverifikasikan dengan perbandingan antara jaringan sungai sintetik dari penurunan DEM dengan jaringan sungai dari peta rupa bumi digital Bakosurtanal dengan teknik overlay, dari sini dapat diketahui bahwa DEM yang digunakan untuk pemodelan sudah cukup baik, seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 4.6** dengan sungai sintetik yang diturunkan dari DEM (warna biru) bentuk dan pola jaringannya sudah sama dengan sungai (warna merah) dari peta jaringan sungai Bakosurtanal.

Secara rinci langkah-langkah pengolahan DEM ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 4.2 Tahapan Pengolahan DEM/DTM

4.2.4 Delinasi DAS Waduk Wonorejo

Berdasarkan hasil proses *spatial analyst* diatas (*Interface* dengan pemodelan AVSWAT 2000), untuk tujuan ketelitian tingkat analisa pemodelan pola sebaran Polutan baik itu di lahan maupun di sungai dan berakhir di suatu tampungan/waduk, maka DAS Waduk Wonorejo dibagi menjadi 21 Sub DAS atau 21 titik Outlet sungai, dijelaskan pada Gambar 4.7.

Hasil pembentukan DAS Waduk Wonorejo dan pembagian Sub DAS tersebut didapatkan nilai karakteristik DAS Waduk Wonorejo yaitu seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik DAS

Sub DAS	Luas (Ha)	Panjang Sungai (m)	Rerata Kemiringan Lahan (%)
1	537.250	3592.499	24.403
2	202.250	883.782	27.679
3	128.250	902.068	33.113
4	351.000	2913.588	26.405
5	93.000	108.495	35.501
6	274.000	2824.708	36.509
7	202.500	1981.974	30.930
8	125.000	983.195	29.692
9	92.250	512.285	27.417
10	78.750	641.607	27.019
11	229.250	1548.688	32.685
12	235.750	1393.920	29.416
13	142.750	1086.684	25.089

Sub DAS	Luas (Ha)	Panjang Sungai (m)	Rerata Kemiringan Lahan (%)
14	209.500	1433.218	30.247
15	443.750	6431.031	24.777
16	14.750	4050.870	27.610
17	23.250	354.385	25.930
18	58.250	1076.419	16.851
19	60.000	965.766	14.527
20	133.000	216.421	30.697
21	127.000	579.709	21.878



4.3 Pengolahan Data

Pengolahan data yang di maksud adalah pengolahan data yang disiapkan sebelum pemodelan dilakukan, yaitu data hujan harian selama 10 tahun, pembuatan statistikasi klimatologi, posisi koordinat stasiun, sebaran tataguna lahan dan jenis tanah lokasi studi, yang semuanya dapat berupa tabel/*look up table .dbf format* ataupun berupa peta dengan identifikasi dan atribut masing-masing peta.

4.3.1 Pengolahan Data Hujan

Data hujan dibutuhkan dalam program AVSWAT 2000 untuk memperoleh nilai presipitasi, evaporasi, transpirasi, aliran permukaan, aliran lateral, aliran sungai, dan sebagainya yang berhubungan dengan air dalam pemodelan siklus hidrologi. Data hujan juga dibutuhkan sebagai referensi awal pembangkitan data hujan yang digunakan dalam periode simulasi model.

Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan stasiun-stasiun hujan di daerah DAS Waduk Wonorejo yang direkam oleh PSAWS Bango-Gedangan. Banyaknya stasiun hujan yang digunakan berjumlah 3 stasiun hujan. Dengan jangka waktu 10 tahun yakni antara 1997-2006.

Keempat stasiun hujan itu adalah :

1. Stasiun Pagerwojo
2. Stasiun Kampak
3. Stasiun Tugu

Posisi (*coordinate position*) ke-empat stasiun diatas dijelaskan pada Gambar 4.8

Tabel 4.2 Lokasi stasiun hujan di DAS Waduk Wonorejo

No	Nama Stasiun	Koordinat				Elevasi (dpl)
		XPR	YPR	LAT	LONG	
1	Pagerwojo	587315	9115445	-7.808	112.370	379
2	Kampak	572406	9093877	-7.859	112.434	400
3	Tugu	568893	9115324	-7.854	112.370	200

Sumber : Analisa spasial AVSWAT 2000

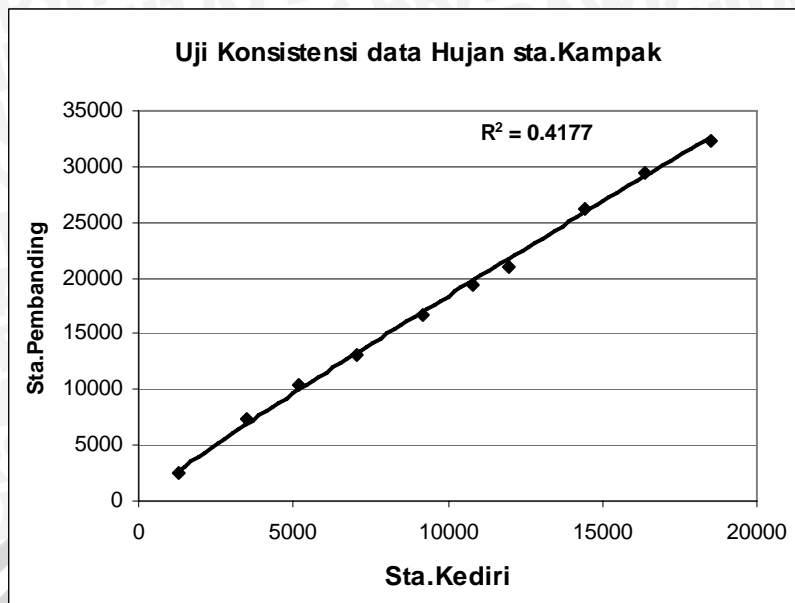
4.3.1.1 Uji Konsistensi

Data-data hujan harian tiap-tiap stasiun selama 10 tahun terlebih dahulu diuji kekonsistenean datanya dengan teknik lengkung massa ganda. Data hujan yang tidak konsisten biasanya disebabkan karena perubahan atau gangguan lingkungan di sekitar tempat alat penangkap hujan dipasang, misalnya terhalang oleh pohon atau terletak berdekatan dengan bangunan gedung tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatan, pemindahan letak penakar dan sebagainya, sehingga memungkinkan terjadinya penyimpangan dari tren semula. Uji ini bertujuan untuk membandingkan data dari stasiun yang diamati dengan stasiun sekitarnya. Adapun stasiun pengamatan hujan yang digunakan untuk mengambil data hujan dari Waduk Selorejo meliputi 4 stasiun hujan. Sebaran lokasi dan pengaruh masing-masing stasiun hujan dijelaskan pada Tabel 4.2 diatas

Hasil pengujian data hujan disajikan pada Tabel 4.3 - 4.5 dan Gambar 4.9 - 4.11. Berdasarkan grafik pada gambar tersebut menunjukkan bahwa uji konsistensi data hujan tidak ditemukan data yang terlalu menyimpang sehingga data hujan dianggap konsisten dan dapat digunakan untuk perhitungan limpas permukaan, aliran lateral, kandungan air tanah, dan debit air di saluran utama dalam model AVSWAT 2000.

Tabel 4.3 Uji Konsistensi Data Stasiun Kampak

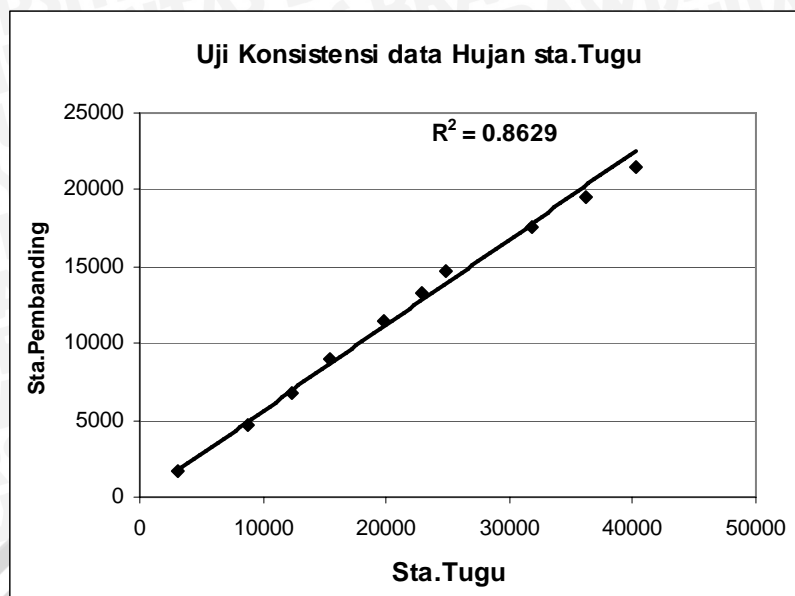
Tahun	Stasiun Kampak	Stasiun Tugu	Stasiun Pagerwojo	Kumulatif Kampak	Rata-rata Pemanding
1997	1275	3016	2106	1275	2561.00
1998	2202	5828	3884	3477	7417.00
1999	1724	3431	2464	5201	10364.50
2000	1830	3181	2371	7031	13140.50
2001	2177	4353	2897	9208	16765.50
2002	1587	3102	2111	10795	19372.00
2003	1211	1884	1468	12006	21048.00
2004	2433	6948	3391	14439	26217.50
2005	1931	4462	1999	16370	29448.00
2006	2137	4005	1810	18507	32355.50



Gambar 4.9 Gambar Uji Konsistensi Stasiun Kampak

Tabel 4.4 Uji Konsistensi Data Stasiun Tugu

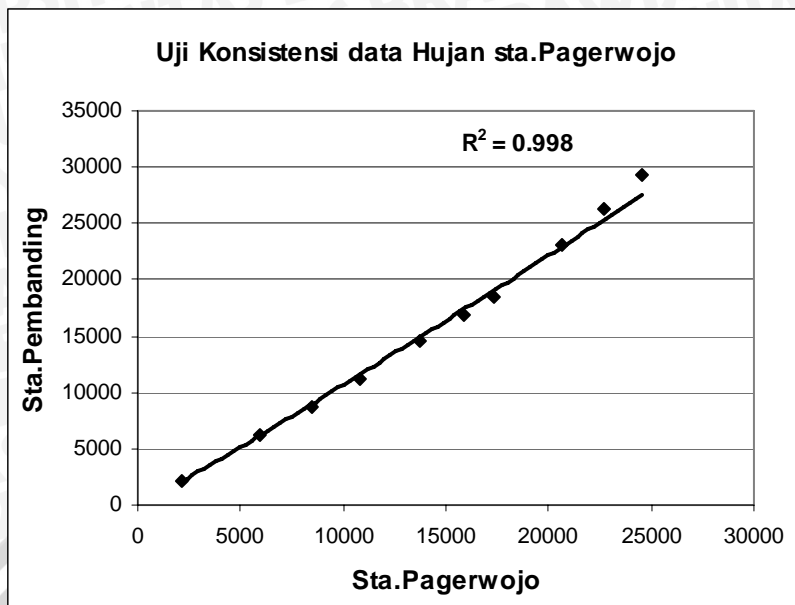
Tahun	Stasiun Kampak	Stasiun Tugu	Stasiun Pagerwojo	Kumulatif Tugu	Rata-rata Pembanding
1997	1275	3016	2106	3016	1690.50
1998	2202	5828	3884	8844	4733.50
1999	1724	3431	2464	12275	6827.50
2000	1830	3181	2371	15456	8928.00
2001	2177	4353	2897	19809	11465.00
2002	1587	3102	2111	22911	13314.00
2003	1211	1884	1468	24795	14653.50
2004	2433	6948	3391	31743	17565.50
2005	1931	4462	1999	36205	19530.50
2006	2137	4005	1810	40210	21504.00



Gambar 4.10 Gambar Uji Konsistensi Stasiun Tugu

Tabel 4.5 Uji Konsistensi Data Stasiun Pagerwojo

Tahun	Stasiun Kampak	Stasiun Tugu	Stasiun Pagerwojo	Kumulatif Sta.Pagerwojo	Rata-rata Pembanding
1997	1275	3016	2106	2106	2145.50
1998	2202	5828	3884	5990	6160.50
1999	1724	3431	2464	8454	8738.00
2000	1830	3181	2371	10825	11243.50
2001	2177	4353	2897	13722	14508.50
2002	1587	3102	2111	15833	16853.00
2003	1211	1884	1468	17301	18400.50
2004	2433	6948	3391	20692	23091.00
2005	1931	4462	1999	22691	26287.50
2006	2137	4005	1810	24501	29358.50



Gambar 4.11 Gambar Uji Konsistensi Stasiun Pagerwojo

4.3.1.2 Pengolahan Data Hujan Untuk Input Data AVSWAT 2000

Salah satu parameter utama dalam pemodelan AVSWAT 2000 adalah input data hujan, dengan studi ini mengambil historis data hujan selama 10 tahun, 1997 – 2006.

Untuk maksud diatas, terlebih dahulu data hujan dikelompokkan dalam susunan bulanan selama jangka waktu 10 tahun seperti dijelaskan berikut ini :

DATA CURAH HUJAN HARIAN

DAS WADUK WONOREJO

Stasiun : Kampak

Tahun : 1997

Satuan : mm

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr
1	0	0	0	
2	0	0	0	→
3	0	0	0	→
4	0	0	0	→
5	3	6	0	→
↓	↓	↓	↓	

DATA CURAH HUJAN HARIAN

DAS WADUK WONOREJO

Stasiun : Kampak

Tahun : 1998

Satuan : mm

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr
1	0	105	37	
2	0	0	0	→
3	0	0	61	→
4	0	42	2	→
5	0	2	42	→
↓	↓	↓	↓	

Gambar 4.12 Contoh pengelompokan data hujan

Penyusunan data input disusun menurut format yang diminta program dalam file (*.dbf), seperti contoh di bawah ini :

Tabel 4.6 Contoh format data lokasi stasiun hujan harian

ID	NAME	XPR	YPR	ELEVATION
1	PGWJ	587315	9115445	379
2	KMPK	572406	9093877	400
3	TUGU	568893	9115324	200

Sumber : PSAWS Bango-Gedangan dan pengolahan data

Keterangan Tabel :

ID : Nomor kode

NAME : Penamaan Stasiun

XPR : Koordinat X stasiun

YPR : Koordinat Y stasiun

ELEVATION : Elevasi stasiun (m)

Tabel 4.7 Contoh format data hujan harian stasiun Kampak (KMPK)

DATE	PCP
1/1/1997	0.0
1/2/1997	0.0
1/3/1997	0.0
1/4/1997	0.0
1/5/1997	3.0
1/6/1997	0.0
1/7/1997	0.0
1/8/1997	62.0
1/9/1997	0.0
1/10/1997	0.0

Sumber : PSAWS Bango-Gedangan dan pengolahan data

Keterangan Tabel :

DATE : Jumlah Hari yang terukur

PCP : Jumlah dari presipitasi

Pembuatan Statistokasi Klimatologi Lokasi Studi

Setelah pengelompokan curah hujan harian menurut bulan selesai, dilakukan perhitungan-perhitungan statistik pada data hujan sebagai tujuan untuk data penunjang pemodelan, yakni berkaitan dengan pembangkitan data (WGN *Weather Generator*) :

1. Rata-rata total presipitasi bulanan (PCPMM)
2. Standar deviasi presipitasi bulanan (PCPSTD)
3. Kepencengan presipitasi bulanan (PCPSKW)
4. Probabilitas hari hujan terhadap hari kering (PR_W1)
5. Probabilitas hari hujan terhadap hari hujan (PR_W2)
6. Rata-rata jumlah hari hujan bulanan (PCPD)

7. Hujan maksimum bulanan (RAINHHMX)

Ke-semua hasil perhitungan di atas disusun dalam format tabel sebagai berikut :

Tabel 4.8 Contoh perhitungan susunan data hujan bulanan stasiun Kampak

Tgl	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	0.0	0.0	29.0	29.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	13.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	36.0	0.0	0.0	3.0
3	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	2.0	52.0	0.0	1.0	7.0
4	0.0	0.0	34.0	0.0	7.0	0.0	25.0	0.0	2.0	20.0
5	3.0	0.0	0.0	0.0	16.0	9.0	7.0	13.0	5.0	24.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	28.0	3.0	15.0	1.0	21.0	5.0
7	0.0	24.0	12.0	0.0	3.0	15.0	0.0	2.0	4.0	0.0
8	62.0	7.0	0.0	0.0	1.0	13.0	0.0	16.0	15.0	0.0
9	0.0	0.0	14.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	8.0	0.0	21.0	7.0	0.0	0.0	12.0	0.0	3.0
11	31.0	0.0	42.0	0.0	2.0	0.0	0.0	6.0	1.0	18.0
12	0.0	0.0	2.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	3.0	5.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	35.0	0.0
14	41.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	0.0	2.0	7.0	13.0
15	21.0	51.0	0.0	0.0	2.0	25.0	0.0	0.0	0.0	40.0
16	0.0	4.0	62.0	2.0	0.0	2.0	0.0	3.0	0.0	2.0
17	5.0	0.0	42.0	23.0	7.0	4.0	0.0	38.0	4.0	7.0
18	23.0	52.0	0.0	0.0	1.0	15.0	0.0	1.0	2.0	5.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	43.0	0.0
20	0.0	1.0	0.0	0.0	16.0	35.0	0.0	0.0	1.0	2.0
21	3.0	0.0	0.0	0.0	18.0	13.0	2.0	0.0	2.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	64.0	33.0	0.0	73.0	8.0
23	22.0	0.0	0.0	13.0	2.0	9.0	3.0	0.0	0.0	3.0
24	22.0	0.0	0.0	0.0	13.0	5.0	36.0	0.0	0.0	24.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	12.0	0.0	0.0	13.0
26	0.0	0.0	4.0	0.0	2.0	37.0	5.0	2.0	0.0	2.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	35.0	4.0	1.0	1.0	5.0
28	0.0	0.0	0.0	41.0	9.0	13.0	2.0	4.0	0.0	2.0
29	0.0	17.0	10.0	17.0	0.0	5.0	7.0	0.0	2.0	2.0
30	0.0	7.0	6.0	5.0	41.0	62.0	4.0	21.0	37.0	3.0
31	0.0	49.0	38.0	20.0	4.0	20.0	0.0	9.0	36.0	0.0
Total	233.0	220.0	295.0	200.0	203.0	421.0	258.0	131.0	295.0	229.0

Sumber : Pengolahan data hujan

$$\sum_{d=1}^N R_{day,mon} = 233 + 220 + 295 + \dots + 229 = 2485$$

$$Days_{wet,i} = 10 + 10 + 12 + \dots + 24 = 164$$

$$N = 310$$

$$yrs = 10$$

- a. PCPMM dihitung dengan rumus :

$$\bar{R} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day,mon}}{yrs} = \frac{2485}{10} = 248,5$$

- b. PCPSTD dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\frac{\sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^2}{N-1}}$$

Dimana :

$$\sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^2 = 50842,98$$

Maka :

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\frac{50842,98}{310-1}} = 12,66$$

- c. PCPSKW dihitung dengan rumus :

$$g_{mon} = \frac{N \cdot \sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^3}{(N-1)(N-2)(\sigma_{mon})^3}$$

Dimana:

$$\sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^3 = 11464271,06$$

Maka:

$$g_{mon} = \frac{(310 \times 11464271,06)}{(310-1)(310-2)(50842,98)^3} = 2,45$$

Untuk perhitungan probabilitas, program menganalogikan peluang kejadian hujan kedalam dua macam probabilitas. Probabilitas yang dimaksud adalah :

1. Probabilitas hari ini hujan kemarin tidak hujan
2. Probabilitas hari ini hujan kemarin hujan

Untuk contoh probabilitas 1, terlebih dahulu dibentuk susunan format susunan analogi peluang kejadian terjadinya hujan seperti gambar 4.13 berikut ini :

Curah Hujan Bulanan
Januari

Tgl	2002	2003	2004	2005	2006
1	0.0	63.0	0.0	0.0	15.0
2	0.0	66.0	0.0	0.0	40.0
3	0.0	21.0	0.0	0.0	15.0
4	18.0	10.0	10.0	0.0	0.0
5	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0

Probabilitas Hari Hujan yang Mengikuti Hari Kering
Januari

2002	2003	2004	2005	2006
0.0	0.0	0.0	0	0
0.0	0.0	0.0	0	0
0.0	0.0	0.0	0	0
1.0	0.0	1.0	0	0
0.0	0.0	0.0	0	0

Gambar 4.13 Contoh susunan analogi probabilitas 1

Keterangan:

Kotak biru

Misal hari ini tanggal 3 januari 2003, pada kolom tanggal 2 januari 2003 terdapat angka 66, ini menunjukkan bahwa pada tanggal 2 januari 2003 terjadi hujan, maka penganalogian “hari ini hujan kemarin tidak hujan” adalah **salah**, maka ditulis **0**.

Kotak hijau muda

Misal hari ini tanggal 4 januari 2004, pada kolom tanggal 3 januari 2004 terdapat angka 0, ini menunjukkan bahwa pada tanggal 3 januari 2004 tidak terjadi hujan, maka penganalogian “hari ini hujan kemarin tidak hujan” adalah **benar**, maka ditulis **1**.

d. PR_W1

Perhitungan besarnya probabilitas dihitung dengan rumus :

$$P_i(W/D) = \frac{\text{days}_{W/D,i}}{\text{days}_{dry,i}}$$

Dimana:

Hari hujan yang mengikuti hari kering : 51

Jumlah hari kering : 146

$$\text{Jadi } P_i(W/D) = \frac{51}{146} = 0,35$$

Untuk contoh probabilitas 2 adalah sebagai berikut :

Curah Hujan Bulanan

Januari

Tgl	2002	2003	2004	2005	2006
1	0.0	63.0	0.0	0.0	15.0
2	0.0	66.0	0.0	0.0	40.0
3	0.0	21.0	0.0	0.0	15.0
4	18.0	10.0	10.0	0.0	0.0
5	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0

Probabilitas Hari Hujan yang Mengikuti Hari Hujan

Januari

	2002	2003	2004	2005	2006
0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0

Gambar 4.14 Contoh susunan analogi probabilitas 2

Keterangan:

Kotak biru

Misal hari ini tanggal 3 januari 2003, pada kolom tanggal 2 januari 2003 terdapat angka 66, ini menunjukkan bahwa pada tanggal 2 januari 2003 terjadi hujan, maka penganalogian “hari ini hujan kemarin hujan” adalah **benar**, maka ditulis **1**.

Kotak hijau muda

Misal hari ini tanggal 4 januari 2004, pada kolom tanggal 3 januari 2004 terdapat angka 0, ini menunjukkan bahwa pada tanggal 3 januari 2004 tidak terjadi hujan, maka penganalogian “hari ini hujan kemarin hujan” adalah **salah**, maka ditulis **0**.

e. PR_W2

Perhitungan besarnya probabilitas dihitung dengan rumus :

$$P_i(W/W) = \frac{days_{W/W,i}}{days_{wet,i}}$$

Dimana:

Hari hujan yang mengikuti hari hujan : 113

Jumlah hari hujan : 164

$$\text{Jadi } P_i(W/D) = \frac{113}{164} = 0,69$$

f. PCPD dihitung dengan rumus :

$$\bar{d}_{wet,i} = \frac{days_{wet,i}}{yrs}$$

Dimana:

Jumlah total hari hujan yang terjadi selama bulan januari selama jangka waktu 10 tahun sebanyak 164 kali hari hujan.

Maka :

$$\bar{d}_{wet,i} = \frac{164}{10} = 16,4$$

g. RAINHHMX, diambil satu nilai curah hujan tertinggi dari data hujan. Untuk contoh stasiun kampak curah hujan maksimum sebesar 145.

Untuk data kelembaban relatif, radiasi sinar matahari dan kecepatan angin tidak dimasukkan, dikarenakan ketersediaan data kurang lengkap. Namun demikian program AVSWAT 2000 mampu membangkitkan ketiga data tersebut mengacu pada data hujan.

Semua data tersebut dirangkum dalam bentuk tabel untuk input data dalam AVSWAT 2000. Input data hujan dapat dilakukan melalui 2 cara, yakni melalui tampilan *edit file database* pada menu utama AVSWAT atau melalui file *database userwgn (*.wgn)*.

Tabel 4.9 Input data hujan

Stasiun Kampak

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
PCPMM	248.5	302.8	258.7	198.6	161.0	92.9	66.2	15.7	57.2	152.1	194.3	208.2
PCPSTD	12.66	13.95	12.92	11.31	10.19	7.74	6.54	3.18	6.07	9.91	11.19	11.59
PSPSKW	2.45	1.69	2.11	1.82	3.04	1.07	3.13	3.16	2.44	1.59	2.17	1.15
PR_W1	0.35	0.30	0.29	0.35	0.20	0.18	0.11	0.07	0.08	0.16	0.24	0.24
PR_W2	0.69	0.75	0.76	0.69	0.58	0.56	0.65	0.32	0.63	0.59	0.62	0.74
PCPD	16.40	17.10	16.80	16.60	9.90	8.90	7.40	2.80	5.70	8.80	12.20	14.90
RAINHHMX	73.0	145.0	101.0	70.0	199.0	62.0	61.0	37.0	104.0	137.0	75.0	91.0

Stasiun Tugu

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
PCPMM	289.7	306.9	232.5	238.1	95.3	85.5	24.4	8.7	24.5	75.8	187.5	216.1
PCPSTD	13.67	14.06	12.25	12.39	7.84	7.42	3.97	2.37	3.97	6.99	10.99	11.81
PSPSKW	2.00	0.95	0.24	1.41	2.72	3.11	3.16	3.16	3.15	3.08	0.29	2.62
PR_W1	0.34	0.35	0.26	0.25	0.10	0.10	0.03	0.01	0.02	0.08	0.15	0.18
PR_W2	0.59	0.61	0.60	0.51	0.51	0.36	0.55	0.33	0.50	0.42	0.58	0.62
PCPD	14.00	14.50	12.40	10.50	5.10	4.20	2.00	0.60	1.20	3.60	8.10	9.90
RAINHHMX	110.0	80.00	120.00	112.00	116.00	72.00	35.00	29.00	57.00	73.00	98p.00	86.00

Stasiun Pagerwojo

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
PCPMM	381.2	345.5	293.0	236.9	153.2	64.7	27.1	3.6	33.1	128.7	211.9	337.0
PCPSTD	15.68	14.91	13.75	12.36	9.94	6.46	4.18	1.52	4.62	9.11	11.69	14.75
PSPSKW	1.66	0.73	1.82	0.87	0.40	1.95	2.92	1.92	3.16	1.47	1.00	1.77
PR_W1	0.33	0.38	0.31	0.21	0.11	0.07	0.03	0.01	0.01	0.10	0.18	0.32
PR_W2	0.62	0.55	0.58	0.55	0.38	0.31	0.43	0.20	0.67	0.51	0.52	0.55
PCPD	14.50	14.10	13.10	9.70	4.70	2.90	1.40	0.50	1.20	5.30	8.30	13.00
RAINHHMX	98.00	175.00	97.00	130.00	126.00	76.00	75.00	17.00	80.00	95.00	80.00	102.00

Keterangan Tabel :

- PCPMM : Rata-rata total presipitasi bulanan (mm)
- PCPSTD : Standar deviasi presipitasi bulanan (mm)
- PCPSKW : Kepencengan presipitasi bulanan
- PR_W1 : Probabilitas hari hujan mengikuti hari kering dalam bulan
- PR_W2 : Probabilitas hari hujan yang mengikuti hari basah dalam bulan
- PCPD : Jumlah rata-rata hujan harian dalam bulan
- RAINHHMX : Hujan harian maksimum seluruh periode dalam bulan

4.3.2. Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah

4.3.2.1 Kondisi Sebaran Tata Guna Lahan

Kondisi sebaran tata guna lahan di wilayah DAS Waduk Selorejo disajikan dalam Tabel 4.10 dan Gambar 4.15 berikut ini :

Tabel 4.10 Sebaran tata guna lahan DAS Waduk Wonorejo

No	Tataguna Lahan	Luas		
		Km ²	Ha	%
1	Hutan	13.948	1394.797	37.08
2	Belukar	1.893	189.315	5.03
3	Kebun	6.887	688.731	18.31
4	Sawah Irigasi	1.918	191.837	5.10
5	Sawah Tadah Hujan	2.829	282.898	7.52
6	ladang	6.289	628.923	16.72
7	Waduk	3.850	385.000	10.24
Total		37.615	3761.500	100

Sumber : Analisa spasial AVSWAT 2000

Dalam pembuatan/penggambaran peta tataguna lahan (*land use*) tersebut, peta disajikan dengan atribut simbol-simbol berupa angka 1,2,3,... .Sehingga dibutuhkan identifikasi tabel kode/*look up table* dalam format file (*.dbf). Format tabel disusun seperti format yang diminta program agar program dapat berjalan dengan sempurna, seperti contoh i bawah ini :

Tabel 4.11 Contoh data (*dbf) peta tata guna lahan

VALUE	LANDUSE
1	HTAN
2	SMBK
3	SAIR
4	SATH
5	KBUN
6	LDAG
7	WDUK

Sumber : Pengolahan data

Keterangan :

VALUE : Kode Simbol Pada Peta

LANDUSE : Simbol Nama Jenis Tata Guna Lahan

Kode 1 : HTAN = Hutan

Kode 2 : SMBK = Belukar

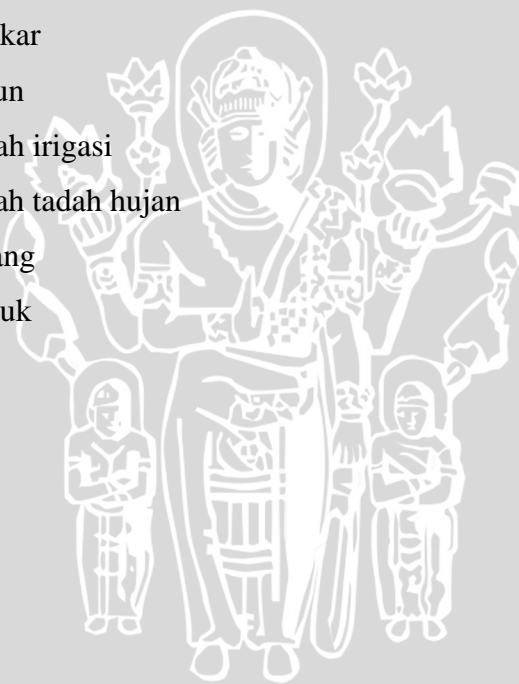
Kode 3 : KBUN = Kebun

Kode 4 : SAIR = Sawah irigasi

Kode 5 : SATH = Sawah tadah hujan

Kode 6 : LDAG = Ladang

Kode 6 : WDUK = Waduk



4.3.2.2 Kondisi Sebaran Jenis Tanah

Kondisi sebaran jenis tanah di wilayah DAS Waduk Selorejo disajikan dalam **Tabel 4.12** dan **Gambar 4.16** berikut ini :

Tabel 4.12 Sebaran Jenis Tanah DAS Waduk Selorejo

No	Jenis Tanah	Luas		
		Km ²	Ha	% Luas
1	Andosol	2.874	2873.79	76.4
2	Grumusol	0.888	887.71	23.6
Total		3.7615	3761.50	100

Sumber : Analisa spasial AVSWAT 2000

Pada prinsip penyusunan data ini adalah sama dengan penyusunan data sebaran jenis tata guna lahan yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.13 Contoh data (*dbf) peta jenis tanah

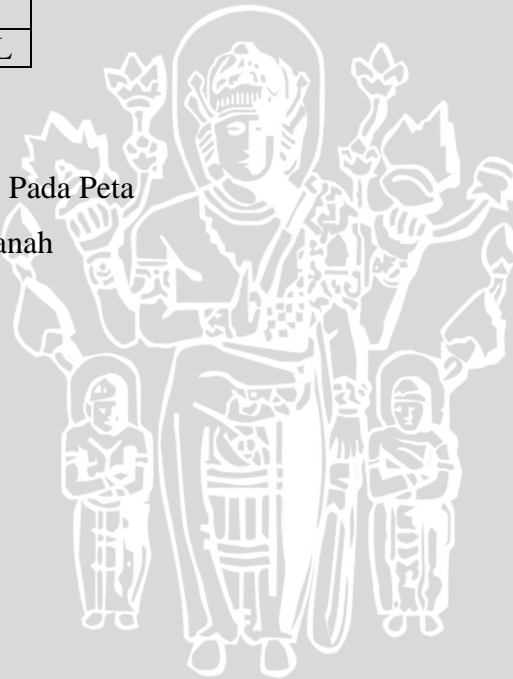
VALUE	NAME
1	LITOSOL
2	GRUMUSOL

Sumber : Pengolahan data

Keterangan :

VALUE : Kode Simbol Pada Peta

NAME : Nama jenis tanah



4.4 Tahapan Pemodelan AVSWAT 2000

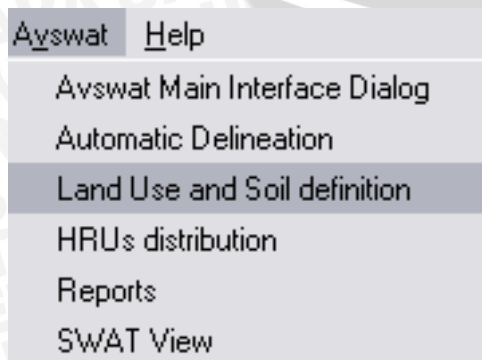
Terdapat 7 tahapan dasar dalam pekerjaan pemodelan menggunakan paket program ini, yaitu :

1. AutomaticDelineation/Pembangunan batas lokasi pemodelan
Batas/bondary pemodelan di sini adalah didasari dengan konsep ilmu geohidrologis, yaitu batas yang dihasilkan dari bentukan satu wilayah cathment area/DAS.
Maka pengguna aplikasi software ini, harus menyediakan data-data : peta ketinggian dalam format grid (DEM/*Digital Elevation Model*), Peta jaringan sungai sebagai *ceck control* hasil pembangunan sungai sintetis yang terbentuk. Tahap awal sudah dilakukan pada penentuan batas lokasi studi.
2. Parameterisasi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah
Analisa pemodelan AVSWAT ini adalah menggunakan base sistem GIS yaitu dengan sistem satu interface antara peta gambar dan tabel atributnya. Dikarenakan hal itu penentuan parameter lahan DAS dibutuhkan juga peta tataguna lahan dan jenis tanah beserta data propertisnya/*Look Up Table*.
3. Kalkulating peta batas pemodelan dan nilai parameter DAS tataguna lahan dan Jenis Tanah atau disebut Pengolahan HRU (*Hydrologic Response Unit*)
4. Input Data Base
5. Edit Data Base Yang telah tercatat sebagai propertis lahan, lokasi kajian pemodelan.
6. Run Simulation.
7. Proses Kalibrasi.

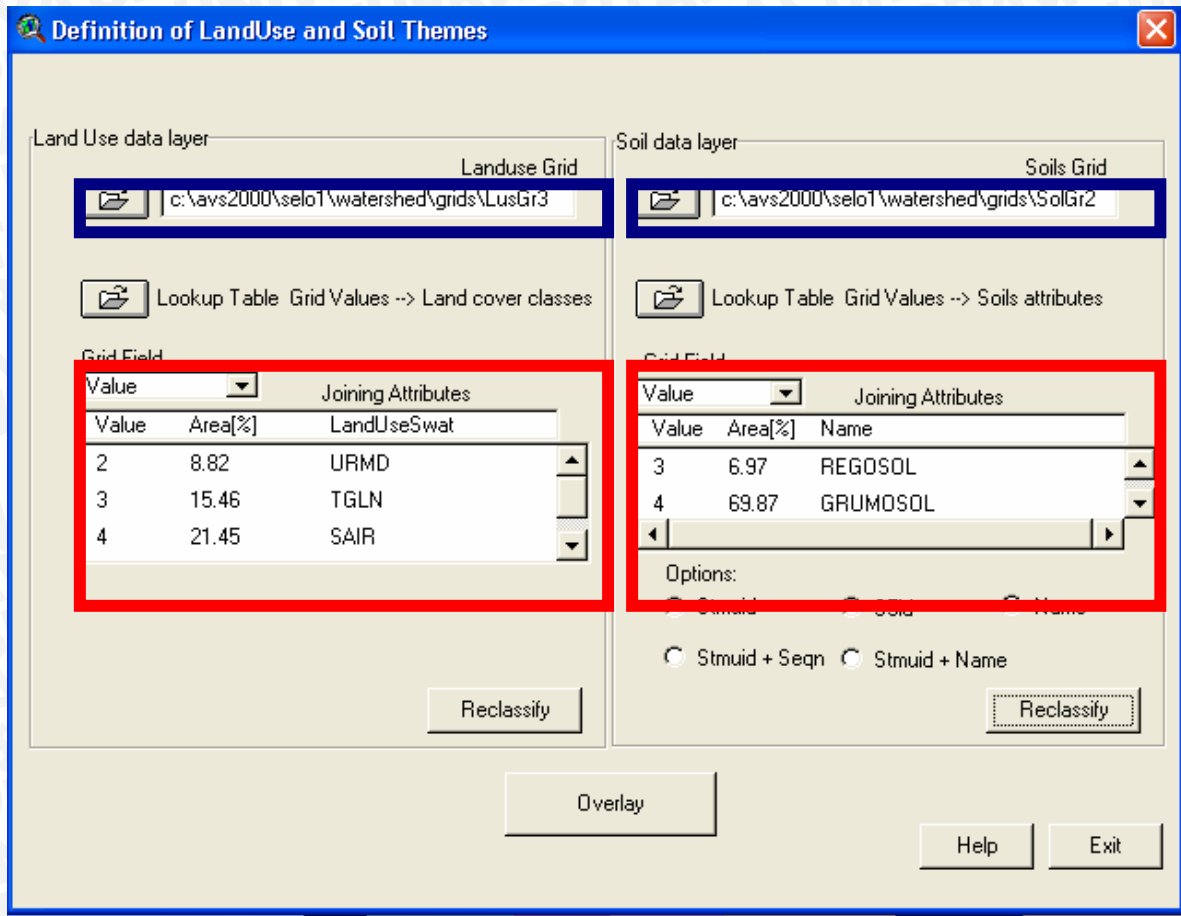
4.4.1 Parameterisasi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah

Parameterisasi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah adalah pengidentifikasian unit lahan pada masing masing lahan sub DAS yang telah terbentuk.

Untuk memulai mendefinisikan Jenis Tanah dan Lahan eksekusi menu *SWAT > Land Use And Soil definition/Definisi Jenis Lahan dan Tanah*, menu ini akan aktif jika sudah melakukan proses Deliniasi DAS dengan komplet.



Setelah mengeksekusi menu ini akan muncul jendela dialog Definisi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah sebagai berikut :



Gambar 4.17 Jendela dialog Definisi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah

Keterangan Gambar :

- : Pemanggilan Peta
- : Pemanggilan *Look Up Table*/Pembacaan Kode Pada Peta

LanduseSoilRepSwat - Notepad

File Edit Format View Help

Detailed LANDUSE/SOIL distribution SWAT model class Tue Jan 16 13:47:48 2007

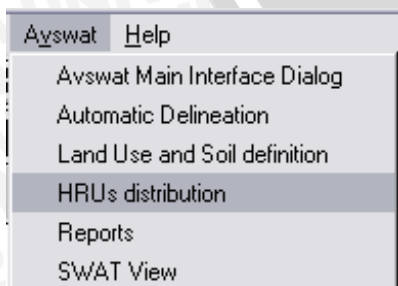
		Area [ha]	Area [acres]
Watershed		23730.2500	58638.6343
LANDUSE		Area [ha]	Area [acres]
	Sawah Irigasi --> SAIR	5082.4124	12558.8952
	Tegalan --> TGLN	3648.4665	9015.5430
	waduk --> WDUK	496.2972	1226.3753
	Residential-Medium Density --> URMD	2091.5397	5168.2992
	Kebun Campuran --> KCPR	3047.8924	7531.4946
	Hutan --> HTAN	9363.6418	23138.0270
SOIL			
	GRUMOSOL	16549.0628	40893.5617
	MEDITERAN	2754.0319	6805.3506
	ANDOSOL	2774.7156	6856.4611
	REGOSOL	1652.4396	4083.2609
SUBBASIN # 1		Area [ha]	Area [acres]
LANDUSE:			
	Residential-Medium Density --> URMD	5.5074	13.6090
	Kebun Campuran --> KCPR	66.0884	163.3077
	Hutan --> HTAN	96.6543	238.8375
SOIL:			
	MEDITERAN	145.6698	359.9574
	GRUMOSOL	22.5802	55.7968

Gambar 4.18 Report Hasil Definisi Tataguna Lahan dan Jenis Tanah

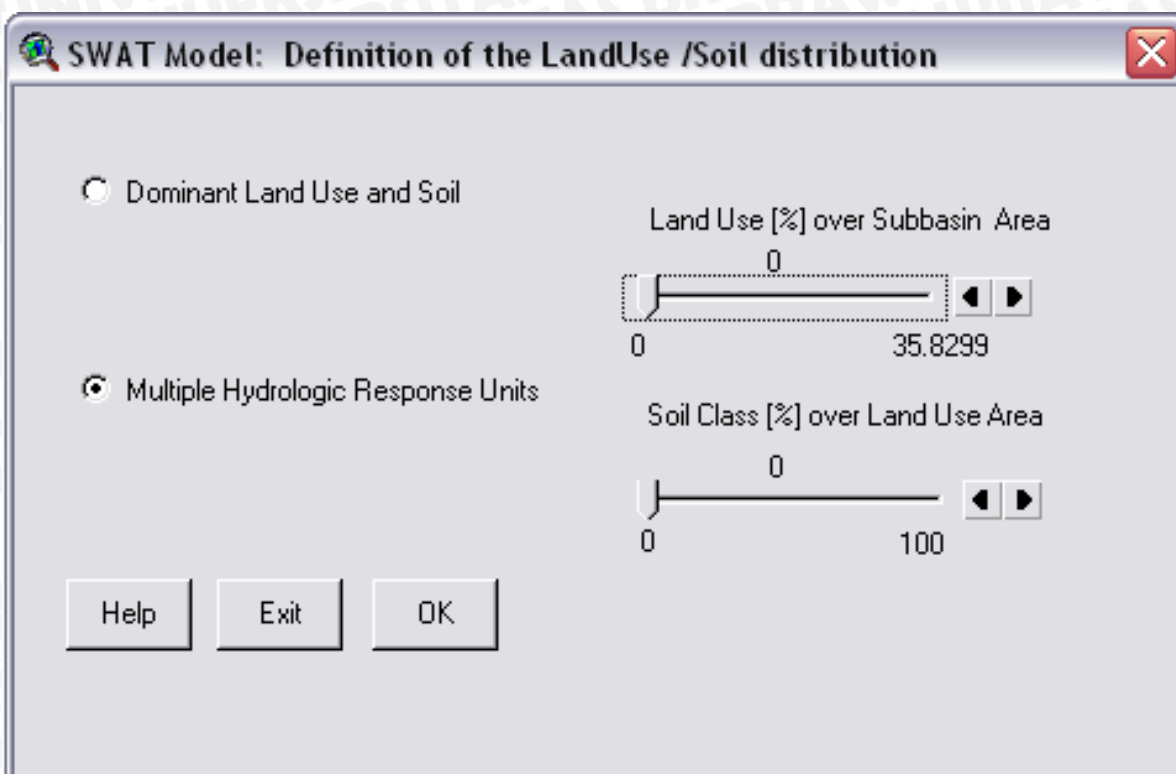
4.4.2 Pengolahan HRU (Hydrologic Response Unit)

HRU adalah unit satuan lahan yang mendeskripsikan peta penutup lahan atau jenis tanah yang ada pada suatu sub DAS. Didalam program AVSWAT 2000, terdapat suatu *tool* yaitu *HRU distribution* yang berfungsi untuk menjelaskan luasan distribusi penutup lahan atau jenis tanah apa saja yang ada dalam suatu sub DAS yang akan dimodelkan. Terdapat dua pilihan dalam tool ini, yang pertama adalah *dominant land use and soil* dan pilihan kedua adalah *mutiple hydrologic respose unit*.

Menu ini akan aktif apabila sudah melakukan proses Overlay antara Jenis Tataguna Lahan dengan Jenis Tanah pada menu Definisi Jenis Lahan dan Tanah. Untuk menampilkan dialog Distribusi HRU ini klik menu AVSWAT > HRU Distribution



Selanjutnya akan ditampilkan jendela dialog Distribusi HRU sebagai berikut :



Gambar 4.19 HRU Distribution (dominant)

Pada jendela dialog tersebut ada dua menu pilihan :

1. Guna Lahan dan Tanah Dominan

Apabila dipilih menu ini maka proses distribusi HRU masing-masing Subdas hanya akan memproses Tataguna Lahan dan Jenis Tanah yang dominan saja dari setiap Subdas sehingga Tataguna Lahan dan Jenis Tanah yang tidak dominan akan diabaikan dan tidak diperhitungkan pada proses perhitungan selanjutnya.

2. *Multiple Hydrologic Response Units*

Dengan memilih menu ini maka semua Jenis Tataguna Lahan dan Jenis Tanah yang ada di masing-masing Subdas akan diperhitungkan dalam proses pendistribusian HRU mapun dalam perhitungan selanjutnya. Sebaiknya Anda memilih pilihan ini untuk perhitungan *existing*

Penelitian ini menggunakan pilihan yang kedua yaitu *mutiple hydrologic respose unit* dengan prosentase *land use (%) over sub basin area* sebesar 0 % dan *soil class (%) over land use area* sebesar 0 %, yaitu agar semua Jenis Tataguna Lahan dan Jenis Tanah yang ada di masing-masing Subdas akan diperhitungkan

4.4.3 Input Data

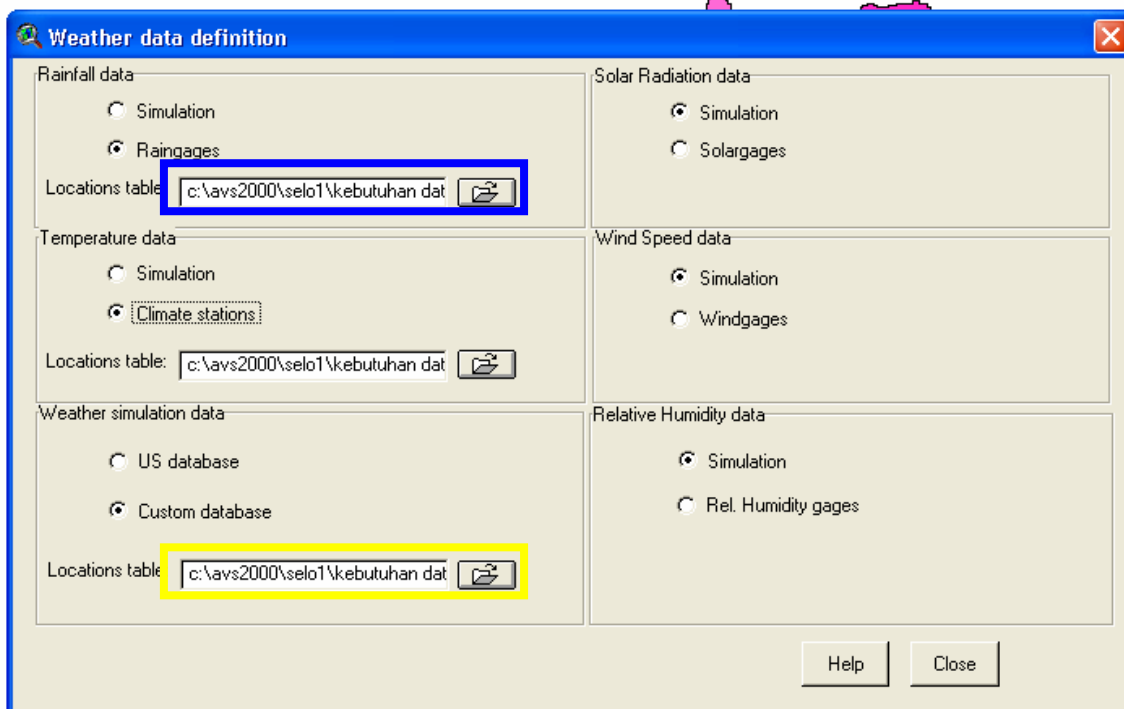
Input	Edit Input	Simulation	Reports	Window
Weather Stations				Ctrl+A
Write All				Ctrl+B
Write Configuration File (.fig)				Ctrl+C
Write Soil Data (.sol)				Ctrl+D
Write Weather Generator Data (.wgn)				Ctrl+E
Write Subbasin General Data (.sub)				Ctrl+F
Write HRU General Data (.hru)				Ctrl+G
Write Main Channel Data (.rte)				Ctrl+H
Write Groundwater Data (.gw)				Ctrl+I
Write Water Use Data (.wus)				Ctrl+J
Write Management Data (.mgt)				Ctrl+K
Write Soil Chemical Data (.chm)				Ctrl+L
Write Pond Data (.pnd)				Ctrl+M
Write Stream Water Quality Data (.swq)				Ctrl+N

Gambar 4.20 Input Data AVSWAT 2000

Weather Stasions

Program AVSWAT 2000 membutuhkan informasi tentang hujan harian, temperatur udara, kecepatan angin, kelembaban, dan radiasi sinar matahari yang terdapat pada setiap stasiun cuaca. Data data ini dimasukkan melalui menu input sub menu *weather station* pada tampilan *SWAT View*.

Data hujan harian dimasukkan lewat perintah *raingages*, data temperatur udara lewat perintah *climate stations*, data simulasi cuaca lewat *weather simulation*. Untuk data kelembaban relatif, radiasi sinar matahari dan kecepatan angin tidak dimasukkan, dikarenakan ketersediaan data kurang lengkap. Namun demikian program AVSWAT 2000 mampu membangkitkan ketiga data tersebut mengacu pada data statistik yang telah dibuat.



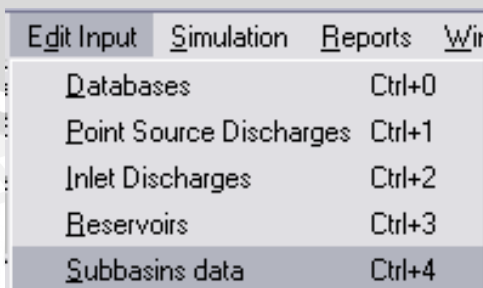
Gambar 4.21 Jendela dialog *Weather Data Definition*

Keterangan Gambar :

- : Pemanggilan Tabel Lokasi Stasiun Hujan
- : Pemanggilan Data Statistik Klimatologi

4.4.4 Edit Input

Menu Edit Input pada pemodelan AVSWAT 2000 merupakan fasilitas paket model untuk melakukan editing parameter yang sudah terbentuk. Tujuan dari menu edit ini adalah untuk kebutuhan kalibrasi dan verifikasi pemodelan, yaitu untuk pencarian koefisien-koefisien parameter lahan DAS/Sub DAS sehingga menghasilkan hasil pemodelan yang sesuai dengan nilai yang terukur di lapangan. Menu Edit Input terdapat sub menu yaitu : *Databases* untuk edit data base, *Point Source Discharges* untuk edit data *point source* (jika ada/diperhitungkan), *Inlet discharges* (jika ada), *Reservoir*, *Subbasin data*.

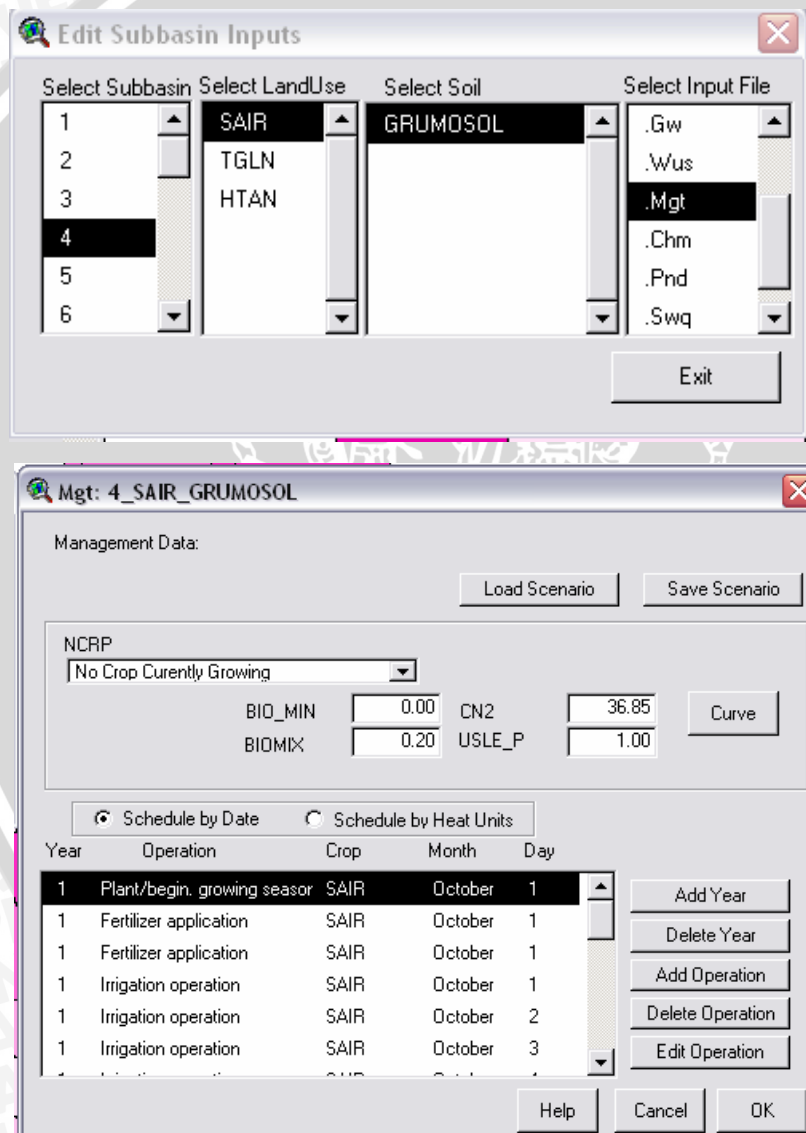


Gambar 4.22 Tools Edit Input AVSWAT 2000

Namun untuk kepentingan kalibrasi, dominan terpakai adalah sub menu “*Subbasin data*”.

Selain dari pada tujuan kalibrasi di atas menu ”*Edit Input*” ini juga memberikan kemudahan kepada penggunanya untuk memasukkan informasi mengenai proses-proses fisik yang terjadi pada sub DAS melalui data manajemen lahan. Dari sini program akan mengetahui apakah suatu aliran air dipakai untuk kepentingan irigasi atau tidak, detail pola tanam suatu lahan pertanian dan waktu pemberian pupuk.

Semua data pertanian ini dimasukkan ke dalam database avswat dalam file (*.mgt) atau dapat pula dimasukkan lewat menu edit input –subbasin data-.



Gambar 4.23 Edit Input Manajemen Pengolahan Lahan

4.4.5 Edit Input Manajemen Pengolahan Lahan Pertanian Lokasi Studi

Pengelolaan tanaman dimasukkan melalui file *.mgt melalui menu edit input. File ini berisikan informasi pengelolaan lahan berupa pola tata tanam, pemberian air irigasi, jadwal pemupukan yang akan mempengaruhi kualitas air di sungai. Penjadwalan file pengelolaan tanaman dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu dengan unit panas (*by heat units*) atau dengan penanggalan (*by date*). Penjadwalan dengan unit panas menggunakan total akumulasi unit panas sebagai satuan waktu dalam setahun, sedangkan dengan menggunakan penanggalan masehi sebagai satuan waktu penjadwalan.

Dalam studi pengelolaan tanaman menggunakan penjadwalan pola tata tanam sesuai dengan anjuran Dinas Pertanian dan yang dilakukan oleh kebanyakan petani, yaitu dengan pola tata tanam padi-padi-palawija. Dalam studi ini diasumsikan bahwa awal masa tanam dimulai pada minggu pertama pada bulan Oktober dan untuk kebutuhan dalam pengelolaan tanaman dapat dijelaskan pada tabel 4.14. dan 4.15.

The screenshot shows a software window titled "Mgt: 28_SAIR_ALLUVIAL" with a "Management Data:" section. It includes fields for "NCRP" (set to "No Crop Curently Growing"), "BIO_MIN" (0.00), "BIDMIX" (0.20), "CN2" (65.00), and "USLE_P" (0.80). There are buttons for "Load Scenario", "Save Scenario", and "Curve". Below these are radio buttons for "Schedule by Date" (selected) and "Schedule by Heat Units". A table lists operations for Year 1, all being "Irrigation operation" for crop "SAIR" in October, with days 1 through 6. To the right of the table are buttons for "Add Year", "Delete Year", "Add Operation", "Delete Operation", and "Edit Operation". At the bottom are "Help", "Cancel", and "OK" buttons.

Year	Operation	Crop	Month	Day
1	Irrigation operation	SAIR	October	1
1	Irrigation operation	SAIR	October	2
1	Irrigation operation	SAIR	October	3
1	Irrigation operation	SAIR	October	4
1	Irrigation operation	SAIR	October	5
1	Irrigation operation	SAIR	October	6

Gambar 4.24 Input Manajemen Data Pengolahan Lahan Pertanian

4.5 Simulasi Pemodelan

Bahwa di dalam pelaksanaan simulasi pemodelan terdapat 2 proses yaitu

1. Simulasi awal dan kalibrasi debit, yaitu simulasi dengan menggunakan nilai-nilai *default* (nilai data base pemodelan) yang ada pada model AVSWAT 2000. Nilai-nilai *default* yang dimaksud adalah seperti angka parameter lahan, hru, sol, mgt, dan gw. Hal ini berlandaskan alasan bahwa ketersediaan data dilapangan yang sangat minim untuk beberapa parameter-parameter tersebut, sehingga nilai-nilai parameter tersebut didekati/diisi terlebih dahulu dengan nilai-nilai yang dimiliki oleh AVSWAT 2000. Sebagai kontrol simulasi ini dilanjutkan dengan kalibrasi debit, yang bertujuan untuk mengetahui apakah pola siklus hidrologi hasil pemodelan sudah mendekati pola siklus yang terjadi di lapangan.
2. Simulasi pasca kalibrasi yaitu dengan menggunakan nilai-nilai parameter dari proses simulasi awal dan kalibrasi debit dan ditambahkan dengan input (*Point-Sourcess Polutant* dan *Non Point-Sourcess Polutant*). Berdasarkan batasan masalah pada studi ini yaitu hanya mengkaji akibat dampak pengolahan maka input parameter yang dimaksud adalah *Non Point-Sourcess Polutant*.

4.5.1 Simulasi Awal dan Kalibrasi Aliran

Simulasi awal adalah dengan analisa simulasi default program AVSWAT 2000 (Periode 1 Januari 2005 – 31 Desember 2006)

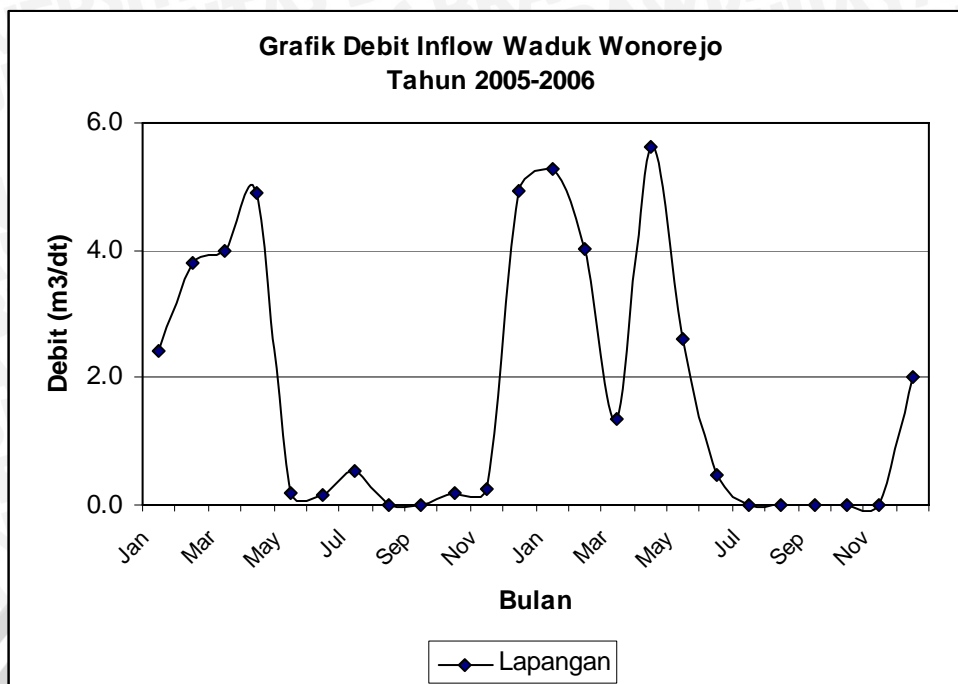
Simulasi ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi data debit hasil pengukuran dan lapangan tahun 2005 – 2006 dengan tidak merubah parameter-parameter yang ada dalam program AVSWAT 2000.

Diketahui bahwa :

Pengukuran Debit Inflow waduk selorejo di lapangan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16 Data Debit Rata-rata Bulanan Inflow Waduk Wonorejo

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2005	2.406	3.802	3.989	4.889	0.180	0.161	0.523	0.000	0.000	0.189	0.242	4.924
2006	5.263	4.016	1.361	5.615	2.595	0.487	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.007



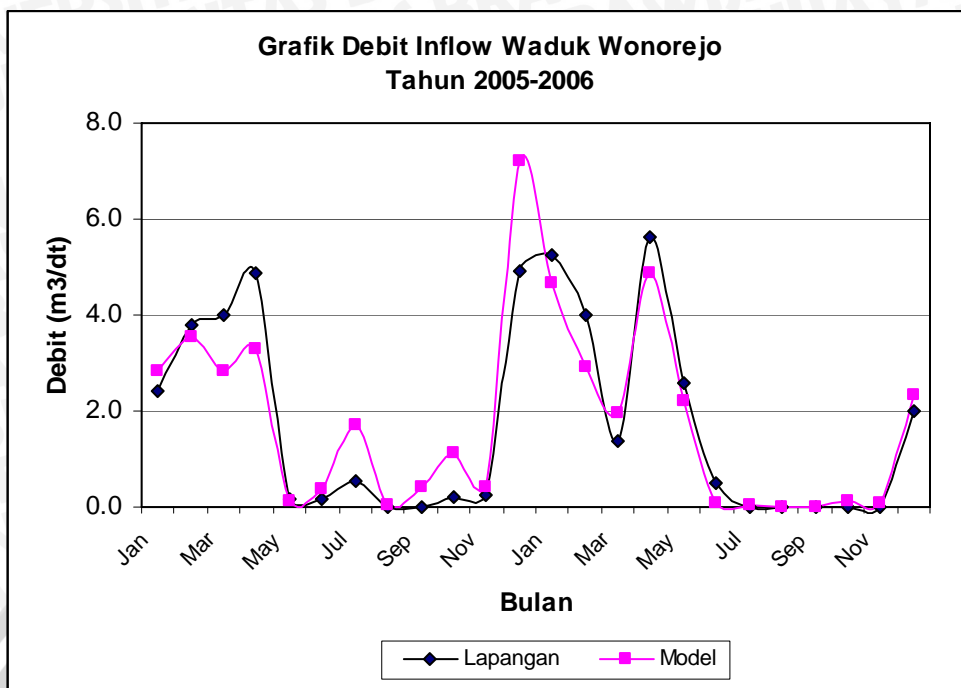
Gambar 4.25 Debit Inflow Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006

Sedangkan hasil pemodelan dengan menggunakan nilai-nilai default pemodelan menghasilkan sebagai debit inflow sebesar :

Tabel 4.17 Perbandingan Pengukuran Debit (m³/dt) lapangan dengan Hasil Pemodelan Sebelum Kalibrasi (Default)

Bulan	Tahun 2005			Tahun 2006		
	Lapangan	Model	KR (%)	Lapangan	Model	Selisih (%)
Januari	2.406	2.846	15.446	5.263	4.673	11.217
Februari	3.802	3.547	6.704	4.016	2.922	27.238
Maret	3.989	2.841	28.782	1.361	1.946	30.062
April	4.889	3.292	32.668	5.615	4.875	13.175
Mei	0.180	0.138	23.401	2.595	2.193	15.494
Juni	0.161	0.370	56.429	0.487	0.094	80.724
Juli	0.523	1.692	69.116	0.000	0.031	
Agustus	0.000	0.034		0.000	0.011	
September	0.000	0.417		0.000	0.004	
Oktober	0.189	1.113	82.997	0.000	0.115	
November	0.242	0.437	44.446	0.000	0.077	
Desember	4.924	7.196	31.573	2.007	2.353	14.719
Rerata nilai KR			39.156			27.518

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.26 Grafik Awal Sebelum Kalibrasi Debit (Default)

Tabel 4.18 Koefisien Sebelum Kalibrasi

Tttgl Jenis Tanah	Hutan		Ladang		Sawah Irigasi		SwH Tdh Hjn		Belukar		Kebun	
	Lito	Grum	Lito	Grum	Lito	Grum	Lito	Grum	Lito	Grum	Lito	Grum
SOL_AWC	0.1	0.17	0.1	0.17	0.1	0.17	0.1	0.17	0.1	0.17	0.1	0.17
ESCO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Shallst	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Deepst	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
GW_DELAY	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
ALPHA_BF	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
GWQMN	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
GWREVP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
REVAPMN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CN	70	35	83	67	85	67	83	67	72	35	83	67

Sumber : Pemodelan AVSWAT 2000

Berdasarkan gambar di atas maka menurut referensi teknik kalibrasi pemodelan pada AVSWAT 2000 seperti di bawah ini :

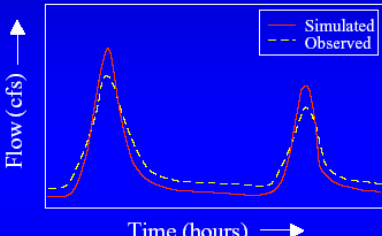
Hydrologic Calibration


Simulated flow over predicts peak flows but under predicts all other times

- ◆ Too little base flow
- ◆ Too high surface runoff

Solutions

- ◆ Adjust surface runoff until reasonable by lowering CN, increasing SOL_AWC and adjusting ESCO
- ◆ Adjust base flow until reasonable with GW parameters
- ◆ Iterate between surface runoff and base flow until both look reasonable



SWAT 

Yaitu hasil pemodelan hidrologi (*water balance*) menunjukkan terlalu kecil base flow dan terlalu besar surface runoff. Sehingga hal tersebut dapat diselesaikan dengan mengkalibrasi hasil hitungan dengan menggunakan teori *Hydrologic Calibration* diatas dengan tahapan penyelesaian sebagai berikut:

1. Langkah I :

- Melakukan coba-coba mengurangi nilai CN (*Curve Number*) dalam *file .mgt* yang berpengaruh terhadap besar nilai dari surface runoff.

Apabila belum mendapatkan hasil yang memuaskan maka hal yang perlu diperhatikan adalah faktor-faktor air tanah yang tersimpan di data dalam *file .gw*.

2. Langkah II :

- Melakukan coba-coba parameter dari Ground water /GW file parameter (air tanah) yaitu dalam *file .sol*. Coba-coba parameter GW, yaitu : ALPA BF,GW REVAP, GW DELAY, GWQMN, REVAPMN.
- Melakukan coba-coba menambah/mengurangi nilai SOL_AWC (Avaiable Water Capacity)dalam *file .sol*.

3. Langkah III :

- Mengulang langkah I dan langkah II terus menerus sehingga mendapatkan nilai yang mendekati hasil pengukuran Jasa Tirta.

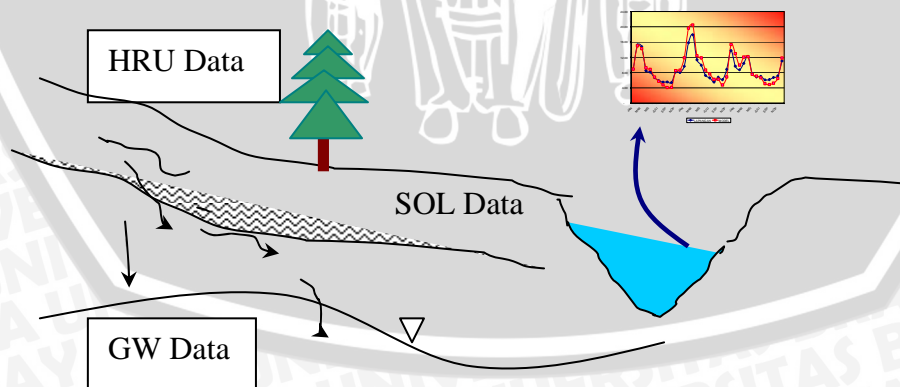
Tabel 4.19 Parameter Parameter DAS Edit

No	Nama	Nilai MIN	Nilai MAX	Definisi
1	SHALLST	0.00	3000.00	Initial depth of water in the shallow aquifer.
2	DEEPST	0.00	5000.00	Initial depth of water in the deep aquifer .
3	GW_DELAY	0.00	500.00	Groundwater delay.
4	ALPHA_BF	0.00	1.00	Baseflow alpha factor.
5	GWQMN	0.00	5000.00	Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow to occur.
6	GW_REVAP	0.02	0.50	Groundwater "revap" coefficient.
7	REVAPMN	0.00	500.00	Threshold depth of water in the shallow aquifer for "revap" to occur.
8	RCHRG_DP	0.00	1.00	Deep aquifer percolation fraction.
9	GWHT	0.00	25.00	[OPTIONAL] Initial groundwater height.
10	GW_SPYLD	0.00	0.40	[OPTIONAL] Specific yield of the shallow aquifer.
11	GWNO3	0.00	1000.00	[OPTIONAL] Concentration of nitrate in groundwater contribution to streamflow from subbasin.
12	GWSOLP	0.00	1000.00	[OPTIONAL] Concentration of soluble phosphorus in groundwater contribution to streamflow from subbasin.

Sumber : User Manual AVSWAT 2000

Langkah-langkah dilakukannya coba-cobadilakukan coba-coba pada parameter laju simpanan air dalam tanah, yaitu parameter GW dan Parameter Lahan (HRU.dbf : Hydrology Respon Unit) dengan nilai CN, paramater tanah (Sol.dbf).

Posisi dari parameter tersebut adalah dapat dijelaskan berupa gambar/cart berikut ini :



Gambar 4.27 Posisi dari Parameter HRU Data, GW Data, dan Sol Data

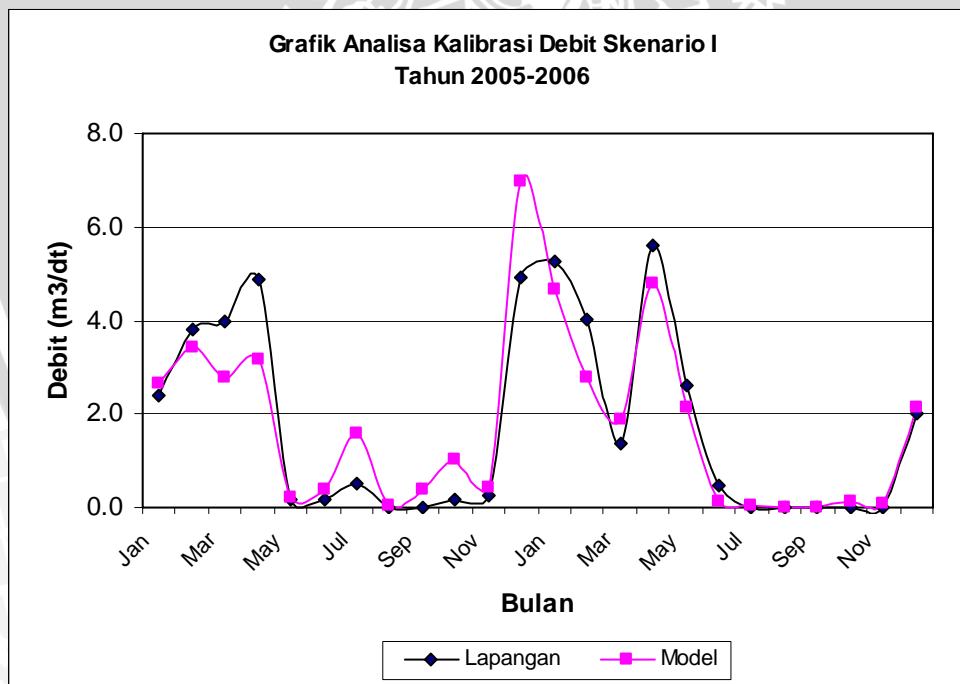
4.5.1.1 Skenario I

Penurunan nilai CN 15% untuk semua tataguna lahan, kecuali nilai CN = 35 menghasilkan sebagai berikut :

Tabel 4.20 Perbandingan Pengukuran Lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario I

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn Default	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn Default
Januari	2.406	2.669	9.838	-5.607	5.263	4.682	11.046	-0.171
Februari	3.802	3.430	9.781	3.077	4.016	2.778	30.824	3.586
Maret	3.989	2.764	30.712	1.930	1.361	1.899	28.331	-1.731
April	4.889	3.180	34.959	2.291	5.615	4.792	14.654	1.478
Mei	0.180	0.207	15.205	-8.197	2.595	2.136	17.690	2.196
Juni	0.161	0.373	56.744	0.315	0.487	0.134	72.450	-8.273
Juli	0.523	1.601	67.360	-1.755	0.000	0.045		
Agustus	0.000	0.049			0.000	0.016		
September	0.000	0.397			0.000	0.006		
Oktober	0.189	1.035	81.715	-1.281	0.000	0.115		
November	0.242	0.407	40.390	-4.056	0.000	0.076		
Desember	4.924	6.969	29.344	-2.229	2.007	2.124	5.524	-9.195
Rerata nilai KR			37.605				25.788	

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.28 Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario I

Penurunan CN 15% menghasilkan : nilai rerata KR pada tahun 2005 mengalami penurunan sebesar 1,51 % dari nilai default, namun pada bulan Februari sampai mei mengalami kenaikan debit inflow sebesar 1,93% - 3%. Sedangkan pada tahun 2006 nilai

rerata KR mengalami penurunan sebesar 1,73% dari nilai default, namun pada bulan Februari dan bulan Maret sampai Mei mengalami kenaikan debit inflow sebesar 1,478% - 3,578%. Dari hasil tersebut maka diidentifikasi bahwa skenario I ini tidak menghasilkan penurunan pada debit bulan-bulan basah dan kenaikan debit pada bulan kering secara signifikan.

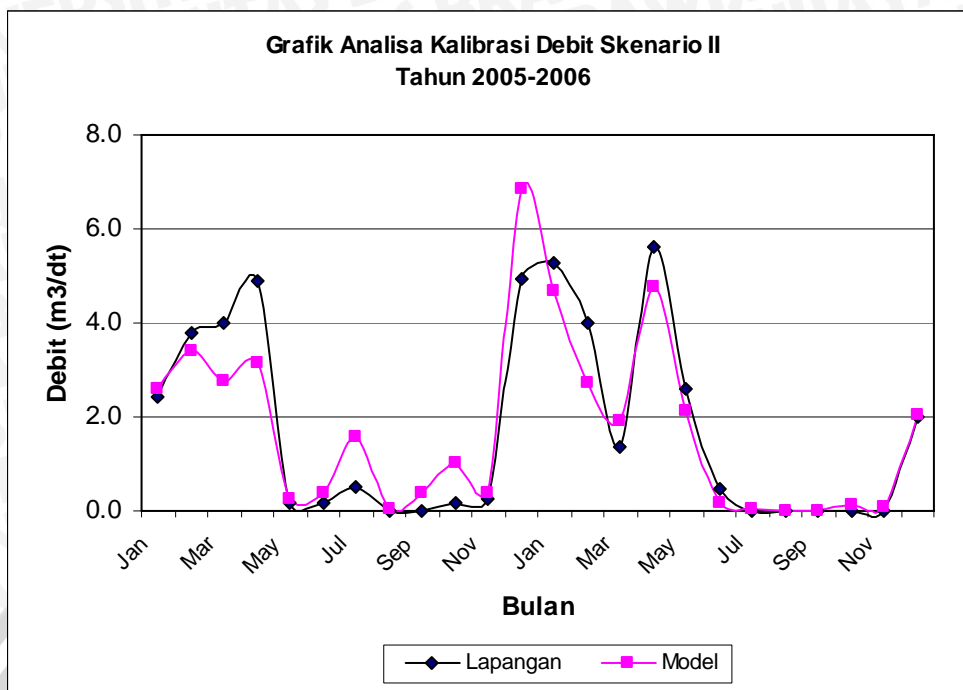
4.5.1.2 Skenario II

Penurunan nilai CN 20% untuk semua tataguna lahan, kecuali nilai CN = 35 menghasilkan sebagai berikut :

Tabel 4.21 Perbandingan Pengukuran Lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario II

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn Default	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn Default
Januari	2.406	2.669	9.838	-5.607	5.263	4.682	11.046	-0.171
Februari	3.802	3.430	9.781	3.077	4.016	2.778	30.824	3.586
Maret	3.989	2.764	30.712	1.930	1.361	1.899	28.331	-1.731
April	4.889	3.180	34.959	2.291	5.615	4.792	14.654	1.478
Mei	0.180	0.207	15.205	-8.197	2.595	2.136	17.690	2.196
Juni	0.161	0.373	56.744	0.315	0.487	0.134	72.450	-8.273
Juli	0.523	1.601	67.360	-1.755	0.000	0.045		
Agustus	0.000	0.049			0.000	0.016		
September	0.000	0.397			0.000	0.006		
Oktober	0.189	1.035	81.715	-1.281	0.000	0.115		
November	0.242	0.407	40.390	-4.056	0.000	0.076		
Desember	4.924	6.969	29.344	-2.229	2.007	2.124	5.524	-9.195
Rerata nilai KR			37.605				25.788	

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.29 Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario II

Keterangan :

Berdasarkan scenario II yang dilakukan menunjukkan bahwa pada tahun 2005 mengalami kenaikan nilai rerata KR sebesar 1,04 % dari nilai default, namun pada bulan Februari sampai Juni mengalami kenaikan debit inflow sebesar 2,95% - 20%. Sedangkan pada tahun 2006 mengalami penurunan sebesar 2,718% dari nilai default. Berkaitan dengan hal diatas maka untuk sementara dipilih nilai CN pada Skenario I.

Mengacu pada analisa awal diatas maka, Skenario selanjutnya dilakukan coba-coba parameter GW dan parameter Lahan (HRU.dbf : Hydrology Respon Unit) dengan nilai CN Skenario I.

4.5.1.3 Skenario III

Pada Skenario ini dilakukan coba-coba pada parameter GW terlebih dahulu yaitu sebagai berikut :

Parameter GW yang akan di coba-coba :

Di berlakukan pada tanah Litosol saja, dengan alasan bahwa DAS Waduk Wonorejo dominan jenis tanahnya adalah Litosol. Dengan perlakuan A adalah :

Skenario III Perlakuan A :

LITOSOL
GW Delay = 31, ALPA BF = 0 , GWQMN = 0, GW REVAP = 0.02, REVAPMN = 1



Keterangan :

GW Delay = Waktu Tunda Pada Aliran Tanah (hari)

ALPA_BF = Faktor Alfa *Baseflow* (hari)

GWQMN = Batas kedalaman air di lapisan dangkal (mm H₂O)

GW REVAP = Koefisien Air Tanah

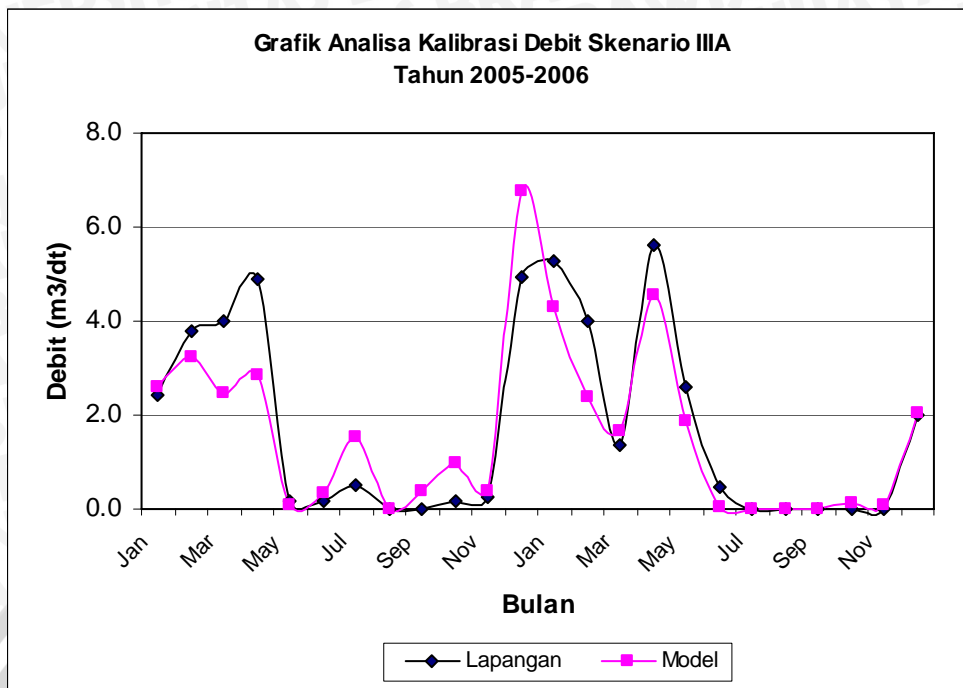
REVAPMN = Batas kedalaman air di lapisan akuifer dangkal (mm H₂O)

Tabel 4.22 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario

III A

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%
Januari	2.406	2.584	6.873	-2.966	5.263	4.290	18.494	7.448
Februari	3.802	3.239	14.805	5.024	4.016	2.382	40.685	9.861
Maret	3.989	2.479	37.857	7.144	1.361	1.651	17.565	-10.766
April	4.889	2.858	41.545	6.586	5.615	4.562	18.750	4.096
Mei	0.180	0.068	62.269	47.064	2.595	1.854	28.557	10.867
Juni	0.161	0.333	51.579	-5.165	0.487	0.043	91.096	18.646
Juli	0.523	1.515	65.508	-1.853	0.000	0.012		
Agustus	0.000	0.013			0.000	0.004		
September	0.000	0.376			0.000	0.001		
Oktober	0.189	0.995	80.973	-0.743	0.000	0.113		
November	0.242	0.384	36.801	-3.589	0.000	0.075		
Desember	4.924	6.752	27.073	-2.271	2.007	2.027	1.003	-4.521
Rerata nilai KR			42.528				30.879	

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.30 Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario III A

Skenario III Perlakuan B :

LITOSOL
GW Delay = 31, ALPA BF 1, GWQMN = 0, GW REVAP = 0.02, REVAPMN = 1

Keterangan :

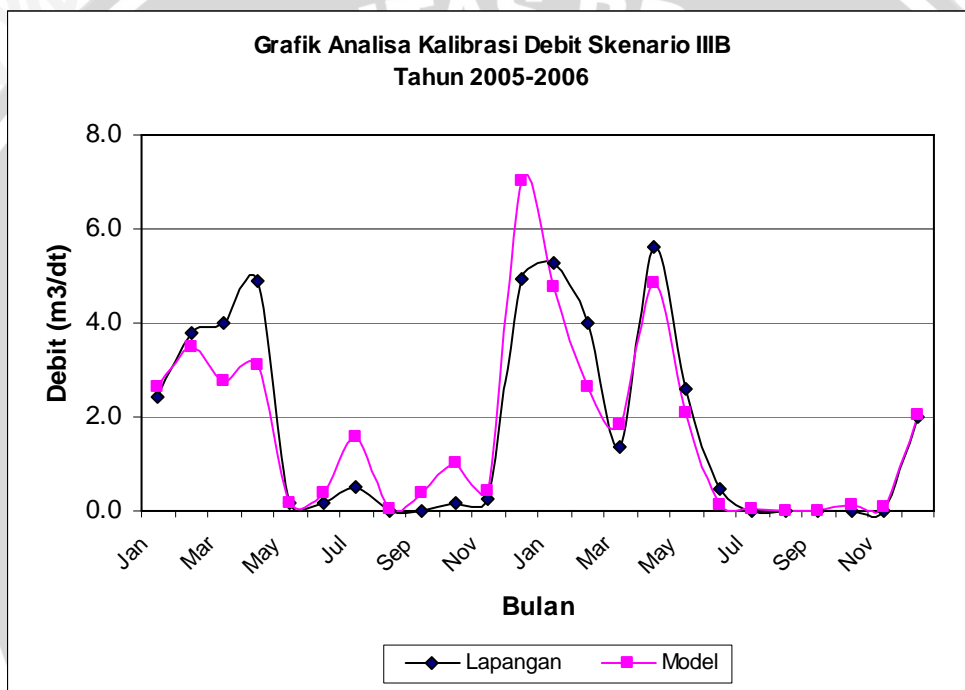
- GW Delay = Waktu Tunda Pada Aliran Tanah (hari)
- ALPA_BF = Faktor Alfa *Baseflow* (hari)
- GWQMN = Batas kedalaman air di lapisan dangkal (mm H₂O)
- GW REVAP = Koefisien Air Tanah
- REVAPMN = Batas kedalaman air di lapisan akuifer dangkal (mm H₂O)

Tabel 4.23 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario III B

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%
Januari	2.406	2.628	8.432	-1.407	5.263	4.745	9.849	-1.197
Februari	3.802	3.510	7.677	-2.104	4.016	2.651	33.986	3.162
Maret	3.989	2.750	31.063	0.351	1.361	1.821	25.261	-3.070
April	4.889	3.114	36.309	1.350	5.615	4.836	13.870	-0.784
Mei	0.180	0.178	0.895	-14.310	2.595	2.086	19.617	1.927
Juni	0.161	0.379	57.395	0.651	0.487	0.144	70.458	-1.993

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%
Juli	0.523	1.590	67.135	-0.226	0.000	0.054		
Agustus	0.000	0.053			0.000	0.020		
September	0.000	0.391			0.000	0.007		
Oktober	0.189	1.005	81.169	-0.546	0.000	0.115		
November	0.242	0.406	40.214	-0.176	0.000	0.076		
Desember	4.924	7.010	29.757	0.413	2.007	2.057	2.447	-3.077
Rerata nilai KR			36.005				25.070	

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.31 Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario III B

Skenario III Perlakuan C :

LITOSOL
GW Delay = 0, ALPA BF 1, GWQMN = 0, GW REVAP = 0.02, REVAPMN = 250

Keterangan :

GW Delay = Waktu Tunda Pada Aliran Tanah (hari)

ALPA_BF = Faktor Alfa *Baseflow* (hari)

GWQMN = Batas kedalaman air di lapisan dangkal (mm H₂O)

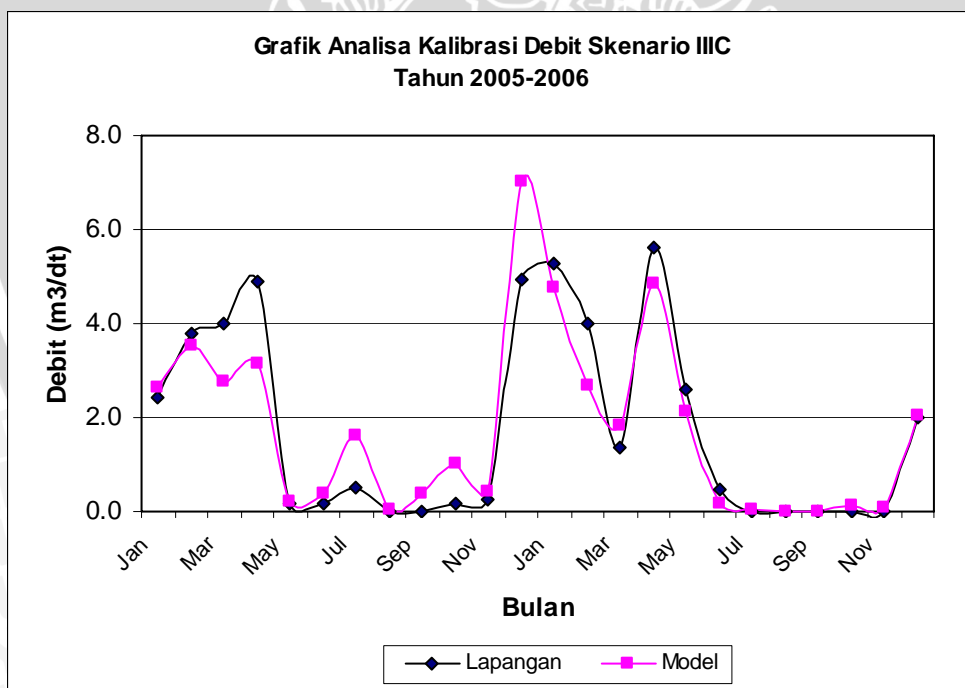
GW REVAP = Koefisien Air Tanah

REVAPMN = Batas kedalaman air di lapisan aquifer dangkal (mm H₂O)

Tabel 4.24 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario III C

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%
Januari	2.406	2.629	8.467	-1.372	5.263	4.783	9.127	-1.919
Februari	3.802	3.530	7.151	-2.630	4.016	2.672	33.463	2.640
Maret	3.989	2.776	30.411	-0.301	1.361	1.851	26.472	-1.859
April	4.889	3.147	35.634	0.675	5.615	4.861	13.425	-1.229
Mei	0.180	0.195	8.408	-6.796	2.595	2.120	18.307	0.617
Juni	0.161	0.380	57.485	0.741	0.487	0.159	67.335	-5.115
Juli	0.523	1.598	67.299	-0.061	0.000	0.055		
Agustus	0.000	0.054			0.000	0.020		
September	0.000	0.391			0.000	0.007		
Oktober	0.189	1.005	81.169	-0.546	0.000	0.115		
November	0.242	0.406	40.214	-0.176	0.000	0.076		
Desember	4.924	7.023	29.888	0.543	2.007	2.061	2.636	-2.888
Rerata nilai KR			36.613				24.395	

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.32 Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario III C

Skenario III Perlakuan D :

LITOSOL
GW Delay = 10, ALPA BF 1, GWQMN = 0, GW REVAP = 0.02, REVAPMN = 250

Keterangan :

GW Delay = Waktu Tunda Pada Aliran Tanah (hari)

ALPA_BF = Faktor Alfa *Baseflow* (hari)

GWQMN = Batas kedalaman air di lapisan dangkal (mm H₂O)

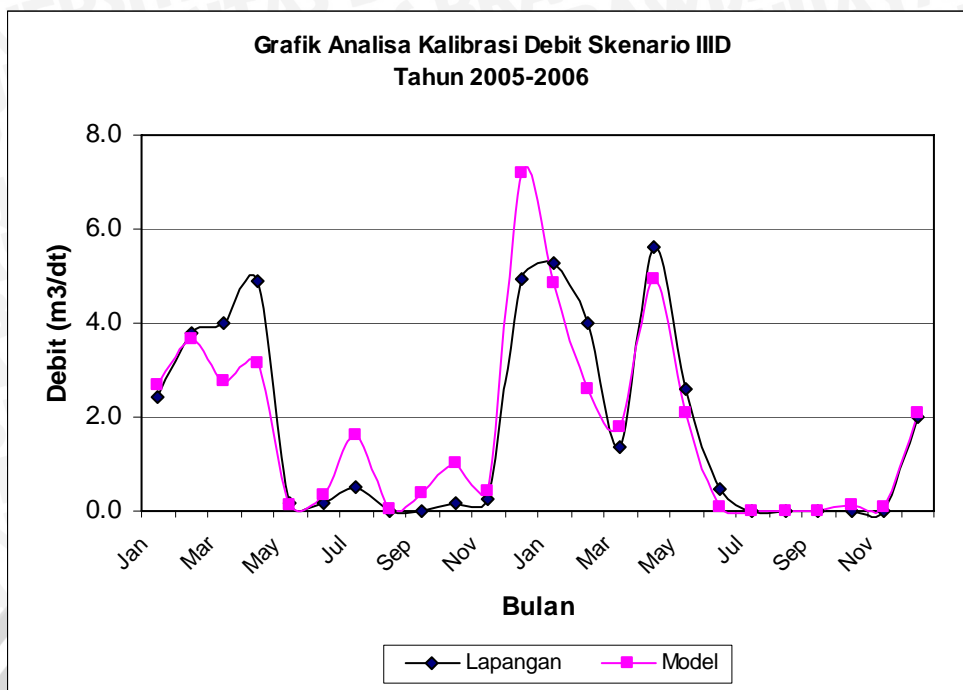
GW REVAP = Koefisien Air Tanah

REVAPMN = Batas kedalaman air di lapisan akuifer dangkal (mm H₂O)

Tabel 4.25 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario III D

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn CN 15%
Januari	2.406	2.660	9.533	-0.305	5.263	4.847	7.911	-3.135
Februari	3.802	3.652	3.942	-5.839	4.016	2.593	35.430	4.607
Maret	3.989	2.784	30.211	-0.501	1.361	1.795	24.178	-4.152
April	4.889	3.137	35.839	0.879	5.615	4.929	12.214	-2.440
Mei	0.180	0.120	32.927	17.723	2.595	2.079	19.887	2.196
Juni	0.161	0.340	52.533	-4.211	0.487	0.092	81.058	8.608
Juli	0.523	1.613	67.603	0.243	0.000	0.019		
Agustus	0.000	0.034			0.000	0.005		
September	0.000	0.378			0.000	0.001		
Oktober	0.189	1.004	81.151	-0.565	0.000	0.113		
November	0.242	0.408	40.507	0.117	0.000	0.075		
Desember	4.924	7.176	31.382	2.038	2.007	2.085	3.757	-1.767
Rerata nilai KR			38.563				26.348	

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.33 Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario III D

Kesimpulan :

Maka sebagai analisa awal bahwa nilai parameter GW tidak berpengaruh langsung terhadap penurunan dan kenaikan debit pada bulan basah dan bulan kering.

4.5.1.4 Skenario IV

Skenario IV adalah memberlakukan kalibrasi dengan merubah factor parameter tanah *Sol.dbf*

Skenario IV Perlakuan A:

LITOSOL
SOL AWC =0.5, 0.3, 0.01

Keterangan :

SOL_AWC = Daya Tampung Air Pada Lapisan Tanah (mmH₂O/mmSoil)

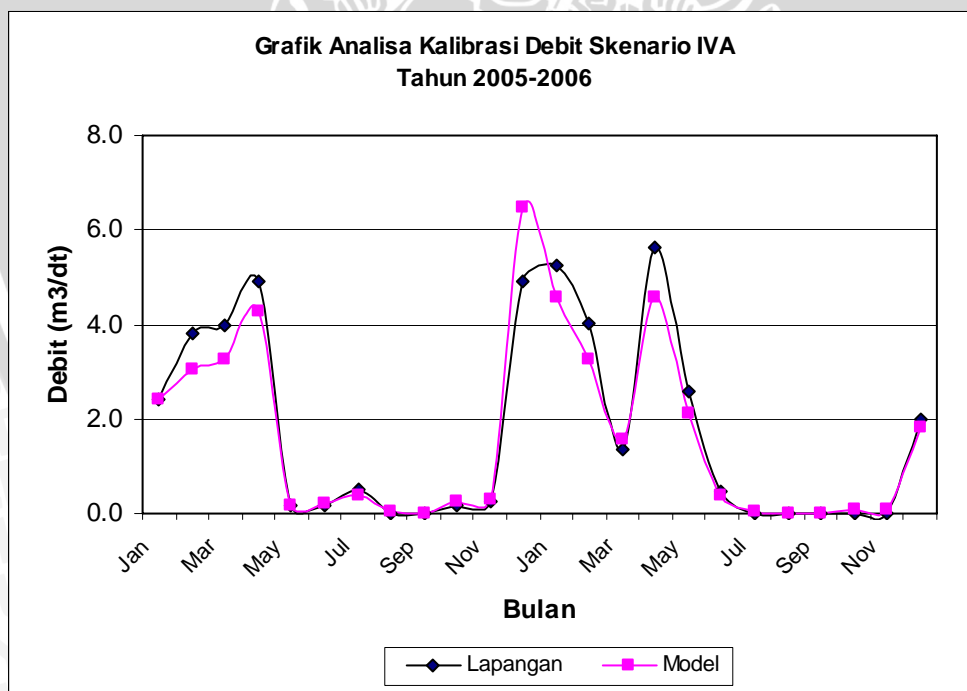


Tabel 4.26 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario

IV A

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn Ske.IIIC	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn Ske.IIIC
Januari	2.406	2.398	0.350	-8.117	5.263	4.581	12.965	3.838
Februari	3.802	3.052	19.724	12.573	4.016	3.249	19.095	-14.368
Maret	3.989	3.263	18.203	-12.208	1.361	1.583	14.024	-12.448
April	4.889	4.256	12.951	-22.683	5.615	4.567	18.661	5.236
Mei	0.180	0.156	13.151	4.743	2.595	2.135	17.729	-0.578
Juni	0.161	0.227	28.905	-28.581	0.487	0.397	18.440	-48.895
Juli	0.523	0.379	27.472	-39.827	0.000	0.037		
Agustus	0.000	0.032			0.000	0.013		
September	0.000	0.012			0.000	0.005		
Oktober	0.189	0.249	23.997	-57.172	0.000	0.092		
November	0.242	0.316	23.262	-16.952	0.000	0.067		
Desember	4.924	6.484	24.059	-5.828	2.007	1.806	11.111	8.475
Rerata nilai KR			19.207				16.004	

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.34 Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario IV A

Skenario IV Perlakuan B :

SEMUA JENIS TANAH dan TATA GUNA LAHAN

SOL AWC = 1, 0.3, 0.02

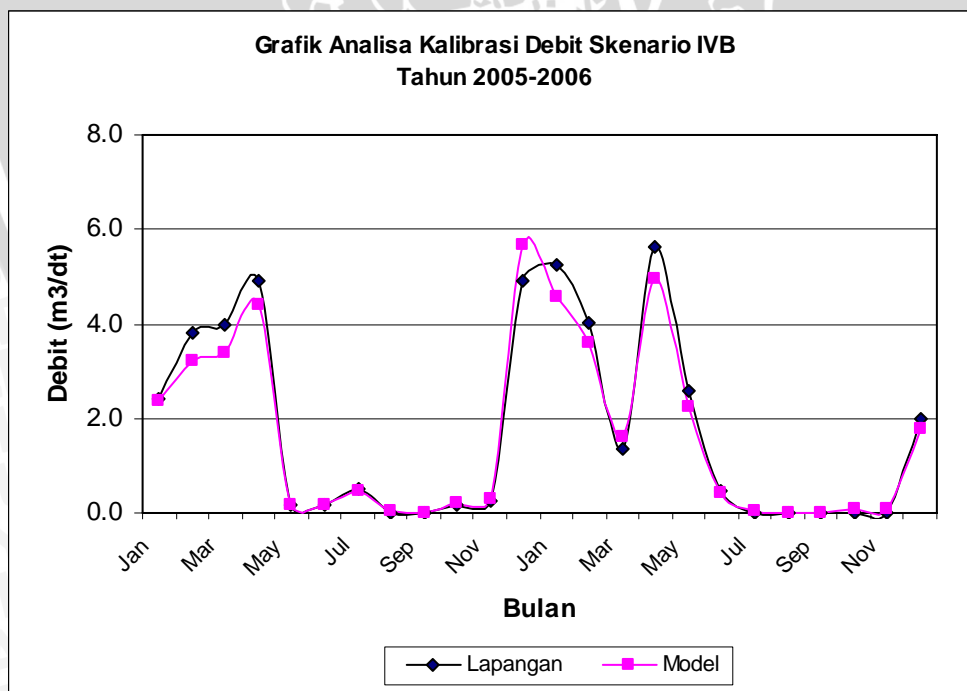
Keterangan :

SOL_AWC = Daya Tampung Air Pada Lapisan Tanah (mmH₂O/mmSoil)

Tabel 4.27 Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan Skenario IV B

Bulan	Tahun 2005				Tahun 2006			
	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn Ske.IIIC	Lapangan	Model	KR (%)	Selisih dgn Ske.IIIC
Januari	2.406	2.353	2.220	-6.247	5.263	4.579	13.003	3.876
Februari	3.802	3.215	15.436	8.285	4.016	3.578	10.903	-22.561
Maret	3.989	3.379	15.296	-15.116	1.361	1.590	14.403	-12.070
April	4.889	4.389	10.231	-25.403	5.615	4.957	11.715	-1.710
Mei	0.180	0.176	2.121	-6.288	2.595	2.249	13.336	-4.971
Juni	0.161	0.179	9.840	-47.645	0.487	0.435	10.695	-56.640
Juli	0.523	0.452	13.503	-53.796	0.000	0.038		
Agustus	0.000	0.033			0.000	0.014		
September	0.000	0.013			0.000	0.005		
Oktober	0.189	0.216	12.386	-68.784	0.000	0.089		
November	0.242	0.280	13.395	-26.818	0.000	0.066		
Desember	4.924	5.672	13.188	-16.700	2.007	1.781	12.671	10.035
Rerata nilai KR			10.761				12.389	

Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.35 Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Skenario IV B

Kesimpulan :

- ❖ Analisa yang di dapat dengan coba coba ini lebih cenderung pengubahan nilai *Sol.dbf* pada Variasi nilai semua jenis tanah dan tata guna lahan.

Hasil terakhir terlihat hidrograf inflow bulanan menyerupai kondisi di lapangan, dengan rerata nilai KR sebesar 10,761% pada tahun 2005 sedangkan pada tahun 2006 sebesar 12,389%. Setelah coba-coba berbagai variasi, didapatkan kesimpulan skenario yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.28 Koefisien Kalibrasi

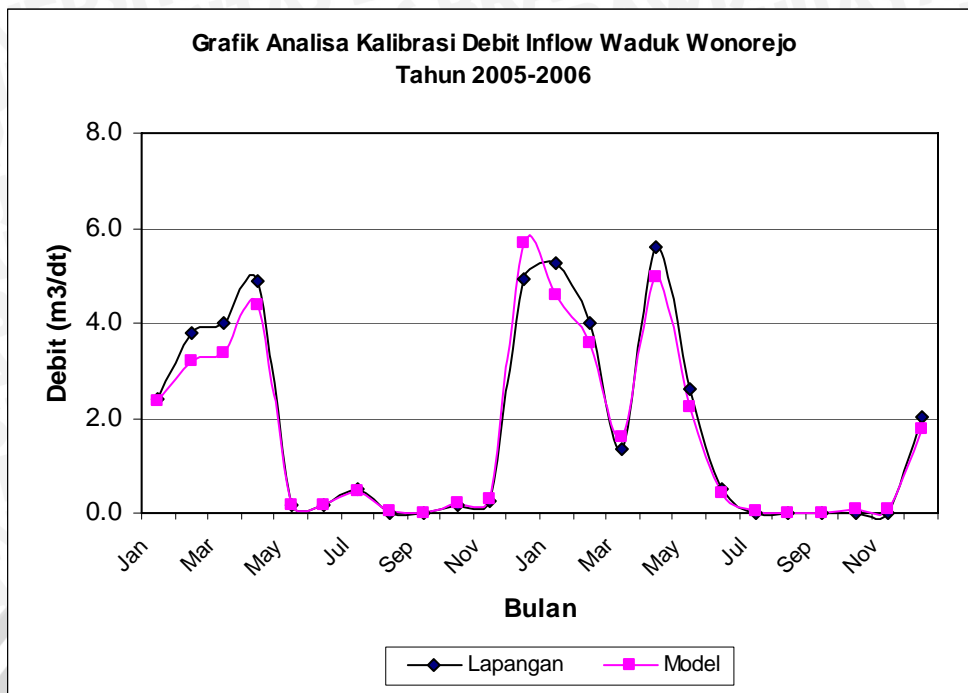
Tttgl Jenis Tanah	Hutan		Ladang		Sawah Irigasi		Swh Tdh Hjn		Belukar		Kebun	
	Lito	Grum	Lito	Grum	Lito	Grum	Lito	Grum	Lito	Grum	Lito	Grum
SOL_AWC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESCO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Shallst	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Deepst	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
GW_DELAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALPHA_BF	1	0.0048	1	0.0048	1	0.0048	1	0.0048	1	0.0048	1	0.0048
GWQMN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GWREVAP	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
REVAPMN	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
CN	70	35	83	67	85	67	83	67	72	35	83	67

Sumber : Pemodelan AVSWAT 2000

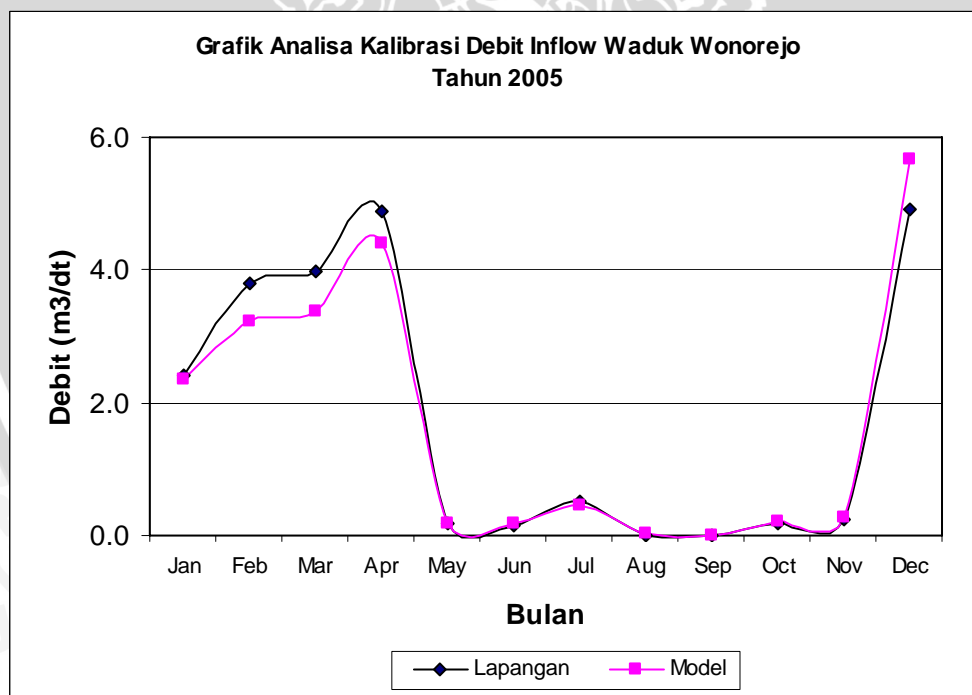
Tabel 4.29 Hasil Kalibrasi Perbandingan Pengukuran lapangan dengan Hasil Pemodelan

Bulan	Tahun 2005			Tahun 2006		
	Lapangan	Model	KR (%)	Lapangan	Model	KR (%)
Januari	2.406	2.353	2.220	5.263	4.579	13.003
Februari	3.802	3.215	15.436	4.016	3.578	10.903
Maret	3.989	3.379	15.296	1.361	1.59	14.403
April	4.889	4.389	10.231	5.615	4.957	11.715
Mei	0.18	0.1757	2.121	2.595	2.249	13.336
Juni	0.161	0.179	9.840	0.487	0.4347	10.695
Juli	0.523	0.452	13.503	0	0.03803	-
Agustus	0	0.03336	-	0	0.0136	-
September	0	0.013	-	0	0.00484	-
Oktober	0.189	0.216	12.386	0	0.08856	-
November	0.242	0.28	13.395	0	0.0659	-
Desember	4.924	5.672	13.188	2.007	1.781	12.671
Rerata nilai KR			10.761			12.389

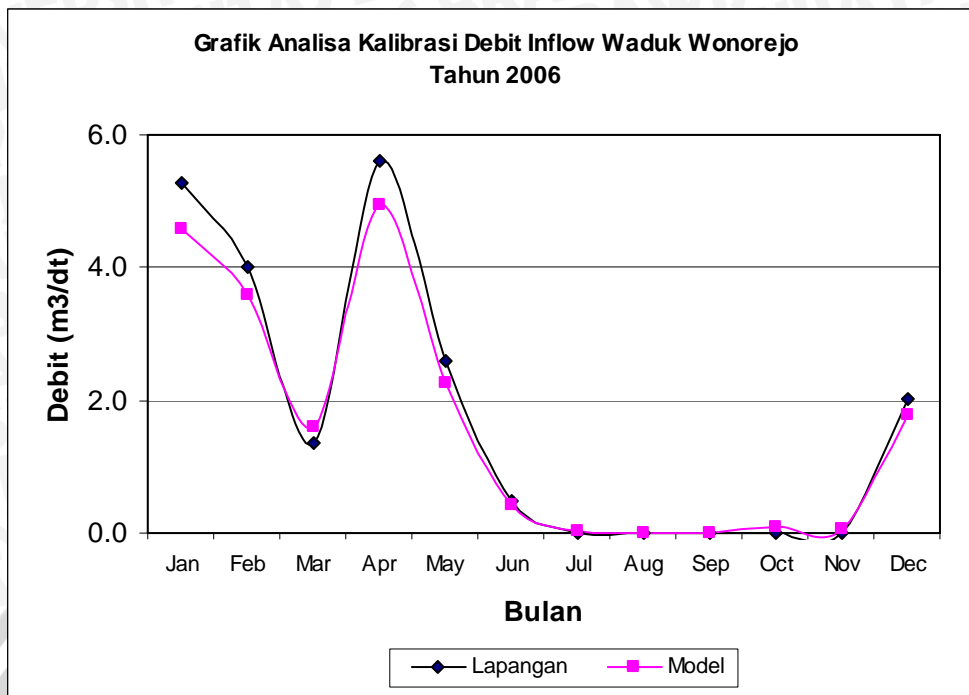
Sumber : Pengukuran Lapangan dan Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.36 Hasil Analisa Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan Sesudah Kalibrasi Tahun 2003 - 2005



Gambar 4.37 Hasil Analisa Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan AVSWAT 2000 Sesudah Kalibrasi Tahun 2005



Gambar 4.38 Hasil Analisa Perbandingan Debit Inflow Pengukuran Lapangan dengan Pemodelan AVSWAT 2000 Sesudah Kalibrasi Tahun 2006

Analisa : Berdasarkan hasil pencarian nilai kesalahan relatif permodelan di atas, diketahui bahwa pada tahun 2006 nilai kesalahan relatif lebih besar daripada tahun 2005. Hal ini dikeranakan dalam permodelan AVSWAT 2000 sebagai pencarian atau penyesuaian kondisi lahan atau alam sangat sulit dilakukan untuk sesuai kejadian yang diinginkan. Contohnya yaitu pencarian inisial kondisi tanah pada musim kemarau dan hujan, yang niali tersebut mempengaruhi besar jumlah air baik yang ada dilahan maupun yang masuk ke badan sungai. Penyesuaian kondisi lahan atau alam tersebut akan mempengaruhi besar nilai debit sungai pada musim kering atau hujanterhadap nilai dilapangan.

4.5.2 Simulasi Pasca Kalibrasi

Simulasi ini adalah tahapan lanjutan setelah simulasi terkalibrasinya aliran/debit, tambahan untuk simulasi ini adalah dengan memasukkan data input parameter sumber polutan. Sesuai dengan batasan masalah pada studi ini yaitu hanya membahas sumber polutan akibat pengolahan lahan pertanian, maka input parameter polutan hanya berasal dari jadwal tata tanam, dan jadwal pemupukan,

4.5.2.1 Data Input Sumber Polutan

Data Pupuk

Pupuk yang dipakai dalam studi ini adalah pupuk yang mengandung unsur Nitrogen dan Phosphor. Jenis-jenis pupuk yang dipakai dalam studi ini adalah :

1. Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)

Keterangan :

- Kadar N 45-46 %.
- Kebanyakan berbentuk kristal berwarna putih, atau butir-butir bulat.
- Untuk dapat diserap tanaman, nitrogen dalam urea harus diubah dulu menjadi amonium dengan bantuan enzim tanah.

Contoh pupuk urea :

- Produsen : PT. Pupuk Kaltim
- Merk dagang : Daun Buah
- Kadar N : 46 %
- Berat : 50 kg
- SNI : SNI-02-2801-1998
- Kode Subsidi : Pr 985/DEPTAN/XI/2004

2. Amonium Sulfat (ZA) ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)

Keterangan :

- Kadar N 20.5-21 %.
- Biasanya dalam bentuk kristal, berwarna putih, abu-abu.
- Mudah larut dalam air dan cepat bekerjanya.

Contoh pupuk ZA :

- Produsen : PT. Petrokimia Gresik
- Merk dagang : ZA
- Kadar N : 21 %
- Kadar S : 24 %
- Berat : 50 kg
- SNI : SNI
- Kode Subsidi : Pr 967/DEPTAN/X/2004

3. SP-36

Keterangan :

- Kadar P_2O_5 36 %.
- Dapat dicampur dengan pupuk urea dan pupuk ZA pada saat penggunaan.

- Unsur hara phosphor hampir seluruhnya larut dalam air.

Contoh pupuk SP-36 :

- Produsen : PT. Petrokimia Gresik
- Merk dagang : Kerbau Emas
- Kadar P_2O_5 : 36 %
- Kadar S : 5 %
- Berat : 50 kg
- SNI : SNI
- Kode Subsidi : Pr 969/DEPTAN/X/2004

4. Kalium Klorida (KCL)

Keterangan :

- Kadar K_2O 42-45 %.
- Agak higroskopis.
- Reaksi fisiologis masam lemah.

Contoh pupuk KCL :

- Produsen : PT. Parna Raya
- Merk dagang : Berlian
- Kadar K : 36 %
- Berat : 50 kg
- SNI : SNI-02-1760-1990
- Kode Subsidi : -

Pola Tanam

Pemberian pupuk sesuai dengan yang dianjurkan Dinas Pertanian Kabupaten Malang. Untuk tanaman padi sawah adalah :

- Pupuk dasar : Urea (1/3 bagian) + TSP (bersamaan tanam)
- Pupuk susulan I : Urea (1/3 bagian) + KCL (21 hari setelah tanam)
- Pupuk susulan II : Urea (1/3 bagian) (45 hari setelah tanam)

dengan dosis :

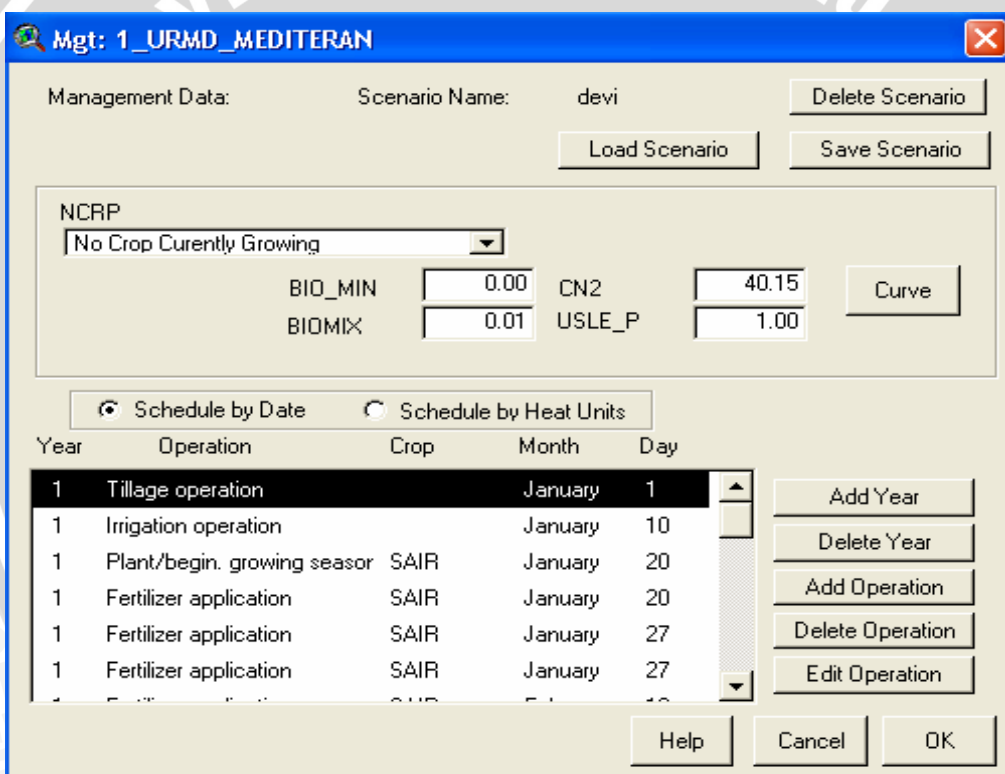
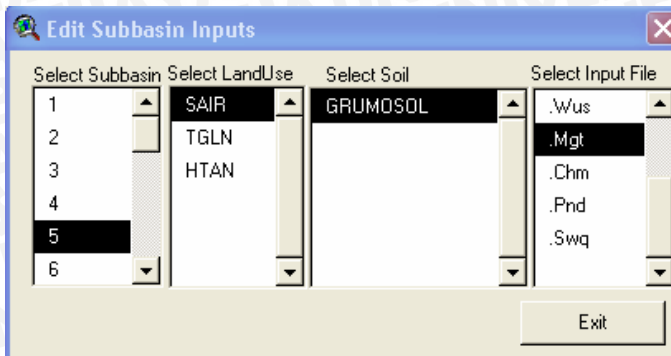
- Urea : 250 kg/ha
- SP-36 : 100 kg/ha
- KCL : 75 kg/ha
- ZA : 100 kg/ha

Pengairan diberikan dengan jadwal sebagai berikut :

- I : diairi macak-macak selama 7 hari.
- II : digenangi setinggi 5-7 cm selama 10 hari

- III : diairi pada masa pertumbuhan tunas
- IV : diairi lagi pada masa premordia bunga

Pemberian pupuk dan cara penanaman pada lahan pertanian sesuai dengan yang dianjurkan Dinas Pertanian.



Gambar 4.39 Input Pupuk

4.5.2.2 Kalibrasi Nutrisi

Yang dimaksud kalibrasi nutrisi adalah proses penyesuaian nilai hasil pemodelan dengan data kualitas air, besar kandungan polutan di lapangan. Didalam proses kalibrasi ini terdapat beberapa tahapan skenario proses kalibrasi nutrisi yaitu :

1. Merubah parameter di input data pertanian (*Management Data*)
2. Merubah parameter nutrisi di input swg (*Stream Water Quality Data*)

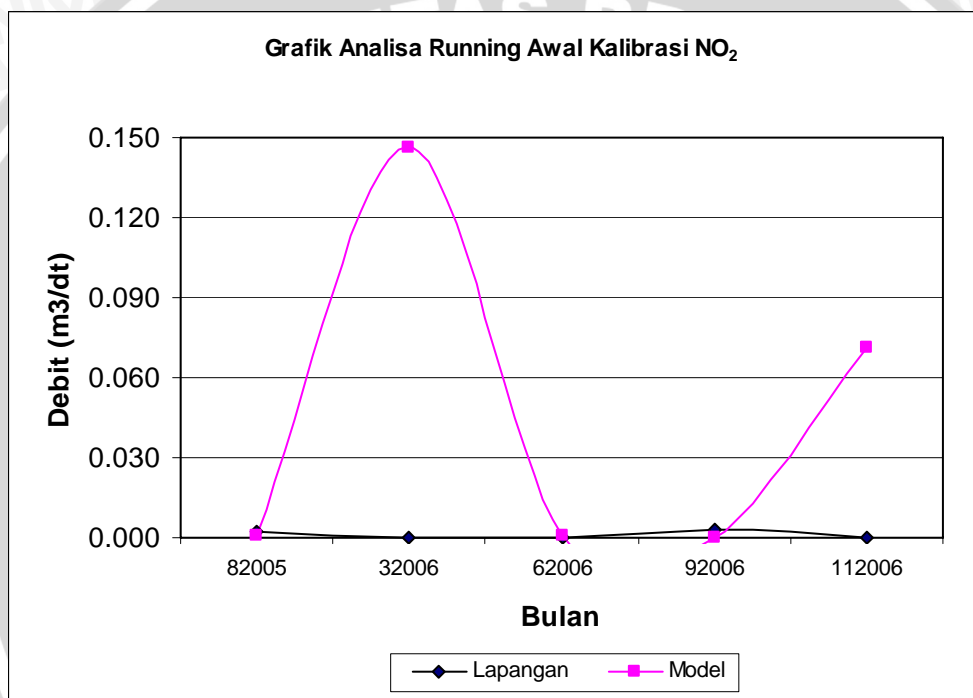


Dengan tahapan skenario diatas maka skenario berikut di dapatkan satu hasil nutrisi sebelum dan sesudah kalibrasi Nitrit (NO_2) dan NH_3 sebagai berikut :

Tabel 4.30 Hasil Awal Sebelum Kalibrasi Nitrit (NO_2)

Titik Outlet	Date	Lapangan (mg/l)	Model (mg/l)	Selisih (%)
21	82005	0.002	0.001	50
21	32006	0.003	0.146	100
21	62006	0	0.001	100
21	92006	0.003	0	100
21	112006	0	0.071	100

Sumber : Analisa Hasil Pemodelan ASWAT 2000

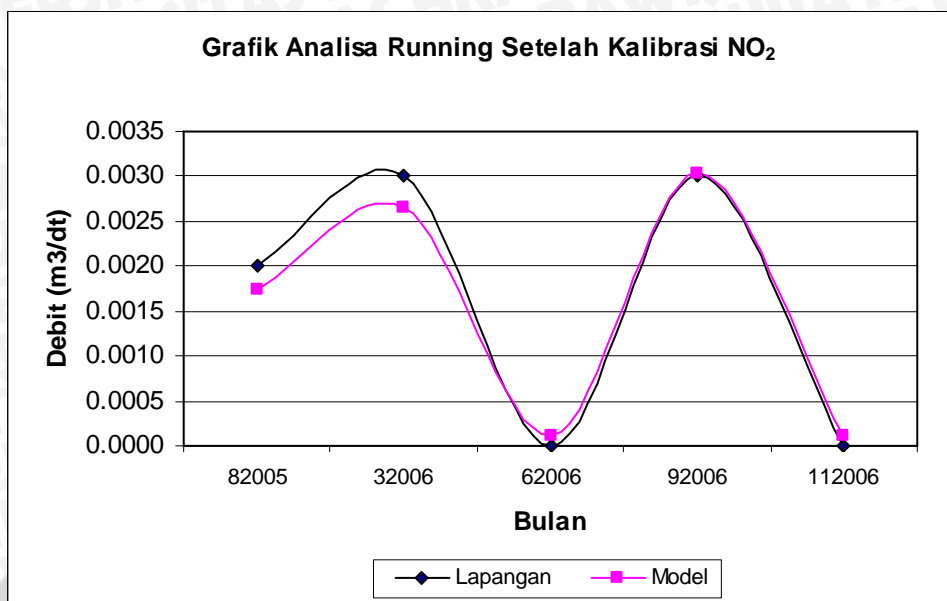


Gambar 4.40 Grafik Analisa Running Awal Nutrisi Nitrit (NO_2) Sebelum Kalibrasi

Tabel 4.31 Hasil Sesudah Kalibrasi Nitrit (NO_2)

Titik Outlet	Date	Lapangan (mg/l)	Model (mg/l)	Selisih (%)
21	82005	0.002	0.00175	12.569944
21	32006	0.003	0.00264	11.897087
21	62006	0	0.00012	-
21	92006	0.003	0.00303	0.9583158
21	112006	0	0.00012	-

Sumber : Analisa Hasil Pemodelan ASWAT 2000

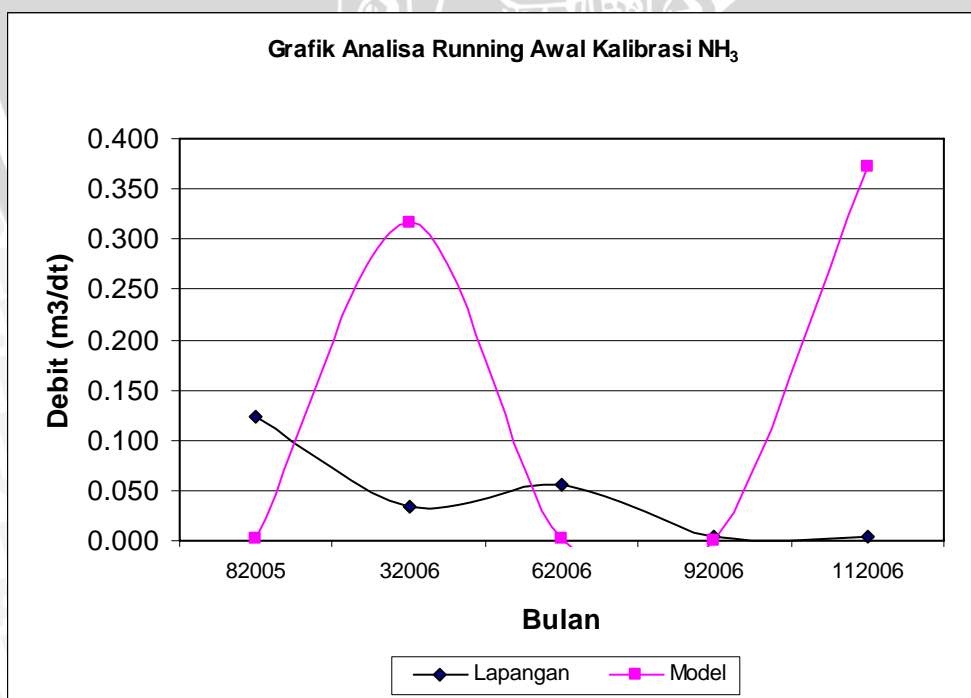


Gambar 4.41 Grafik Hasil Analisa Nitrit (NO₂) Sesudah Kalibrasi

Tabel 4.32 Hasil Awal Sebelum Kalibrasi NH₃

Titik Outlet	Date	Lapangan (mg/l)	Model (mg/l)	Selisih (%)
21	82005	0.124	0.001	99.194
21	32006	0.033	0.317	89.590
21	62006	0.056	0.001	98.214
21	92006	0.003	0	100.000
21	112006	0.003	0.373	99.196

Sumber : Analisa Hasil Pemodelan ASWAT 2000



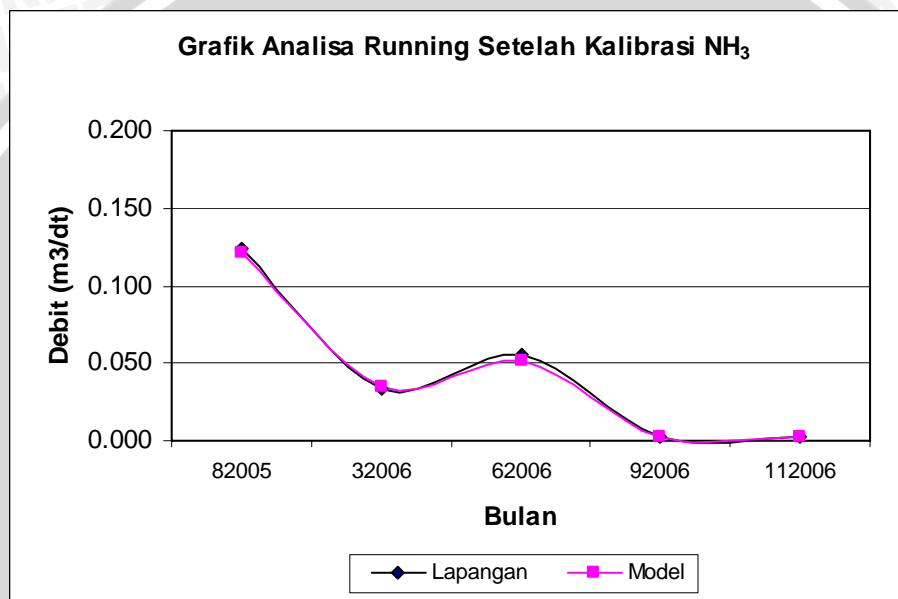
Gambar 4.42 Grafik Analisa Running Awal Sebelum Kalibrasi NH₃

Hasil Running didapatkan konsentrasi NH_3 sesudah kalibrasi sebagai berikut ini:

Tabel 4.33 Hasil Sesudah Kalibrasi NH_3

Titik Outlet	Date	Lapangan (mg/l)	Model (mg/l)	Selisih (%)
21	82005	0.124	0.1216	1.955
21	32006	0.033	0.0353	6.474
21	62006	0.056	0.0520	7.212
21	92006	0.003	0.0027	9.661
21	112006	0.003	0.0028	6.720

Sumber : Analisa Hasil Pemodelan ASWAT 2000



Gambar 4.43 Grafik Hasil Running Awal NH_3 Sesudah Kalibrasi

4.5.2.3 Simulasi Hasil Pemodelan

Pada sub bab ini, telah dipaparkan kesemua hasil pemodelan AVSWAT 2000 setelah pasca kalibrasi diatas, dengan penyusunan pembahasan hasil sebagai berikut :

Pada dasarnya AVSWAT dalam mensimulasikan pemodelannya terbagi menjadi 3 fase pemodelan dan hasil, yaitu Fase di lahan, fase di sungai, dan fase di waduk atau danau. Maka berikut di bawah ini sebagai sistematika pembahasan hasil simulasi pemodelan akan dibahas secara berurutan yaitu :

1. Fase di lahan
2. Fase di sungai
3. Fase di Waduk

4.5.2.4 Fase Di Lahan

Pada fase ini merupakan sebagai kontrol jumlah air, sedimen, nutrisi dan pestisida yang akan masuk ke sistim jaringan sungai. Siklus hidrologi seperti yang disimulasikan oleh SWAT adalah menjadi dasar perumusan persamaan Water Ballance :

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

dengan :

SW_t = Kandungan air dalam tanah (mm H₂O)

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

t = Waktu (hari)

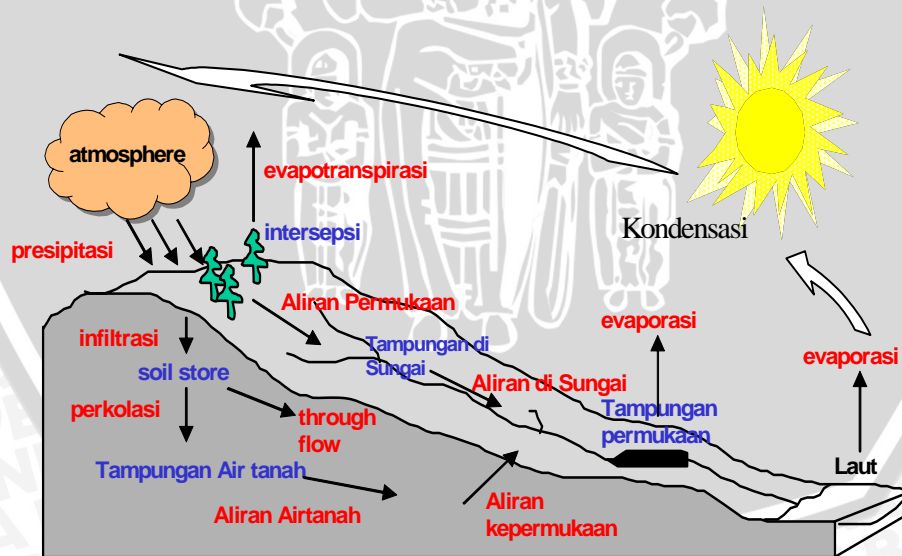
R = Besaran hujan yang terjadi pada hari ke i (mm H₂O)

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)



Gambar 4.44 Siklus Hidrologi

4.5.2.4.1 Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan merupakan salah satu faktor penting dalam sistem transport berbagai material yang akan terbawa masuk pengaliran sungai. Limpasan permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi. Setelah laju

infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan atau depresi pada permukaan tanah. Setelah pengisian selesai maka air akan mengalir dengan bebas dipermukaan tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan bisa dikelompokkan ke dalam faktor-faktor yang berhubungan dengan curah hujan yang berhubungan karakteristik daerah pengaliran sungai. Lama waktu hujan, intensitas dan penyebaran hujan mempengaruhi laju dan volume limpasan permukaan. Pengaruh DAS terhadap limpasan permukaan adalah melalui bentuk dan ukuran DAS, topografi, geologi, dan keadaan tata guna lahan.

Ada banyak metode yang dapat dipakai untuk menganalisa dan memprediksi besaran limpasan permukaan, dalam studi ini menggunakan persamaan SCS (*Soil Conservation Services*).

SCS merupakan model empirikal yang telah umum digunakan diberbagai kawasan dunia, model ini dibangun guna menyediakan estimasi yang konsisten untuk memperkirakan besarnya limpasan permukaan berdasarkan data tata guna lahan dan jenis tanah yang bervariasi. Persamaanya adalah sebagai berikut :

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

dengan :

Ia = abstraksi awal (*initial abstraction*) (mm)

Pe = hujan berlebih (mm)

S = volume dari total tampungan (mm)

P = tinggi hujan (mm)

Abstraksi awal adalah air hujan yang terinfiltrasi lebih dahulu ke dalam tanah sebelum terjadi limpasan permukaan, yang termasuk dalam komponen abstraksi awal adalah simpanan permukaan (*retention*), air yang diserap oleh tumbuhan, evaporasi dan infiltrasi. Abstraksi awal merupakan variabel yang berhubungan dengan kondisi jenis tanah dan faktor penutup lahan. Pendekatan yang digunakan untuk menghitung laju abstraksi awal adalah dengan persamaan :

$$Ia = 0.2 S$$

Dengan mensubstitusikan 2 persamaan tersebut maka persamaan pendugaan limpasan akan menjadi :

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

sedangkan S merupakan deskripsi hubungan antara jenis tanah dan tata guna lahan dari suatu kawasan yang diperoleh dari bilangan *Curve Number* (CN), bilangan CN ini berkisar antara 0 – 100 yang juga merepresentasikan besar potensi dari air limpasan permukaan yang akan terjadi. S dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Berdasarkan landasan teori diatas, maka berikut ini akan dibahas secara satu persatu parameter yang digunakan untuk menganalisa besar limpasan permukaan yang terjadi di Wilayah DAS Waduk Wonorejo, yaitu sebagai berikut :

A. Intensitas dan Penyebaran Hujan

Hujan yang jatuh merupakan input utama dalam perhitungan penyebaran transpor polutan. Sebagaimana telah diketahui bahwa karakteristik hujan untuk suatu daerah akan sangat berbeda dengan daerah lainnya, dengan demikian untuk dapat memperkirakan besarnya curah hujan yang akan terjadi pada suatu daerah, distribusi hujan per satuan Luas DAS perlu untuk dianalisa dan dihitung. Sedangkan gambar stasiun hujan yang dipakai untuk analisa tersebut adalah stasiun hujan seperti tertera pada **Gambar 4.8** dan nilai distribusi hujan rerata maksimum bulanan persatuan DAS .

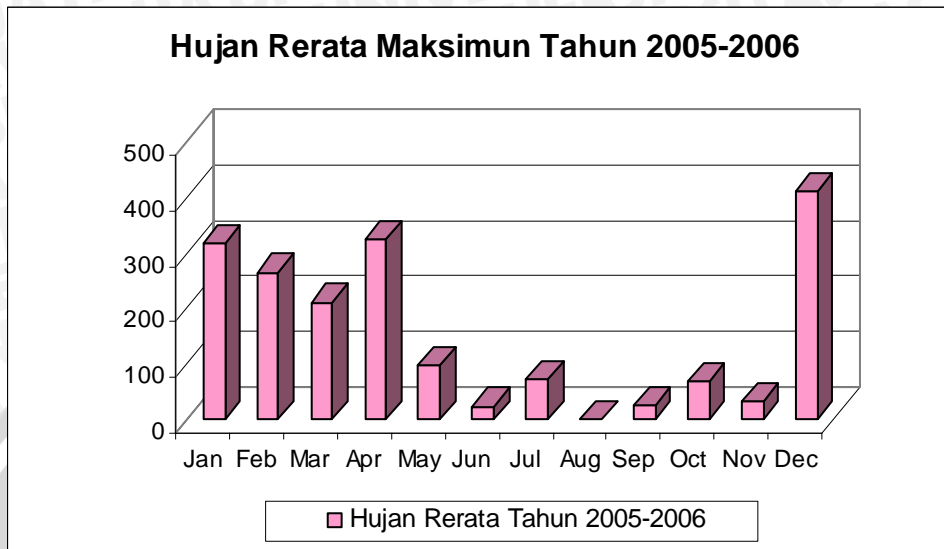
Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat ditarik satu kesimpulan bahwa hujan rerata maksimum yang terjadi di lahan Sub DAS Waduk Selorejo tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.34 Hujan Rerata Maksimum (mm) DAS Waduk Wonorejo

Subbasin	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
2	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
3	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
4	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
5	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
6	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
7	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
8	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
9	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
10	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
11	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
12	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
13	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
14	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
15	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
16	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
17	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
18	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558

Subbasin	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
19	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
20	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558
21	359	294	248	397	194	46	145	0	49	119	256	558

Sumber : Pengolahan data



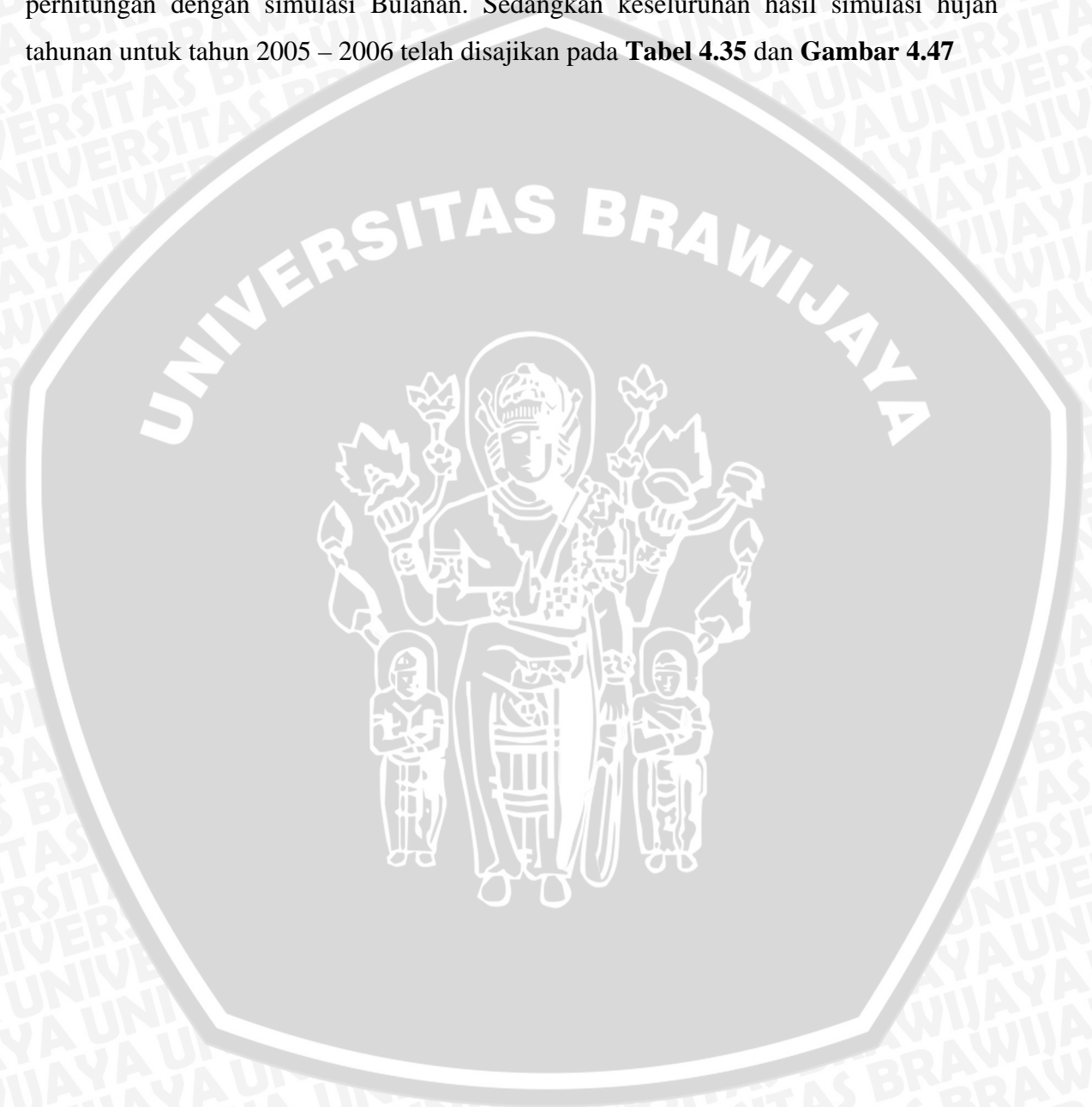
Gambar 4.45 Grafik Hujan Rerata Maksimum DAS Waduk Wonorejo

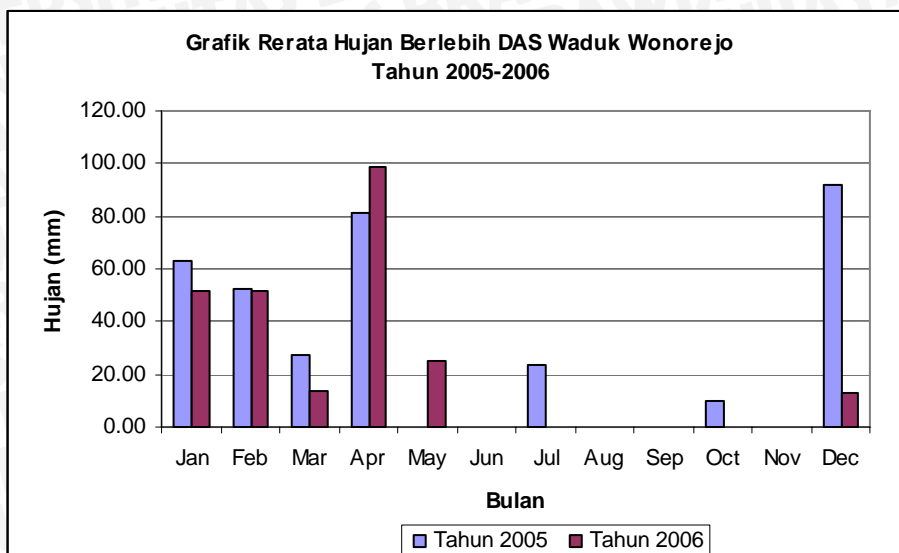
B. Kemiringan Lahan Masing Masing Sub DAS

Besarnya laju limpasan permukaan juga dipengaruhi oleh karakteristik kemiringan lahan pada masing-masing daerah pengaliran. Hubungannya adalah semakin tinggi kemiringan lahan maka akan semakin berkurang air yang akan meresap kedalam tanah dan akan semakin besar air yang akan melimpas dipermukaan lahan. Hasil identifikasi karakteristik kemiringan lahan (%) untuk masing-masing Sub DAS Wilayah Waduk Selorejo telah disajikan pada **Tabel 4.1** dan pada **Gambar 4.46**.

Hasil Analisa Limpasan Permukaan Pemodelan AVSWAT 2000

Berdasarkan parameter-parameter diatas maka didapatkan analisa hasil nilai laju limpasan permukaan yang terjadi di DAS Waduk Wonorejo dalam skala jumlah hujan berlebih di lahan. Berikut ini **Tabel 4.36** menyajikan analisa hasil besaran Limpasan yang terjadi pada DAS Waduk Wonorejo sebagai suatu contoh gambaran hasil perhitungan dengan simulasi Bulanan. Sedangkan keseluruhan hasil simulasi hujan tahunan untuk tahun 2005 – 2006 telah disajikan pada **Tabel 4.35** dan **Gambar 4.47**



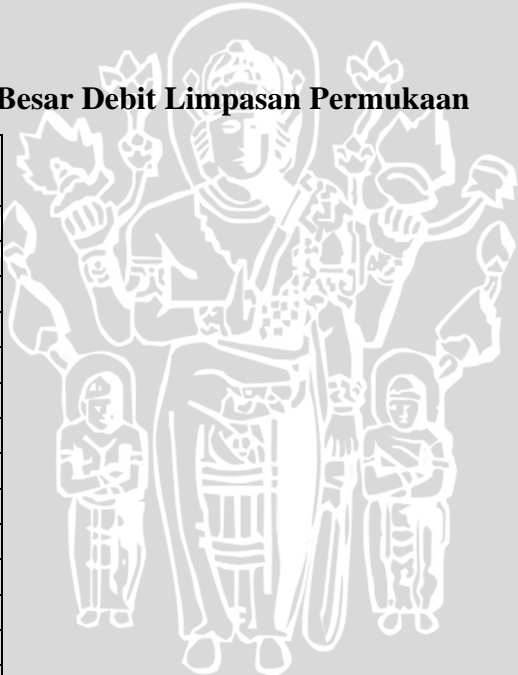


Grafik 4.47 Grafik Rerata Hujan Berlebih DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006

Tabel 4.36 Analisa Hasil Besar Debit Limpasan Permukaan

Subbasin	Debit di Lahan (m ³ /dt)
1	0.1337
2	0.1130
3	0.0641
4	0.0906
5	0.1501
6	0.0566
7	0.0635
8	0.0481
9	0.0032
10	0.0361
11	0.0657
12	0.0767
13	0.0552
14	0.0060
15	0.0988
16	0.0032
17	0.0158
18	0.0435
19	0.0156
20	0.1097
21	0.2128

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



4.5.2.4.2 Erosi

Erosi adalah suatu peristiwa hilang atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut ke tempat lain, baik disebabkan oleh pergerakan air ataupun angin. Proses erosi bermula dengan terjadinya penghancuran agregat-agregat tanah sebagai akibat pukulan air hujan yang mempunyai energi lebih besar daripada daya tahan tanah.

Begitu air hujan mengenai kulit bumi, maka secara langsung hal ini akan menyebabkan hancurnya agregat tanah. Pada keadaan ini, penghancuran agregat tanah dipercepat dengan adanya daya penghancuran dan daya urai dari air itu sendiri. Hancuran dari agregat tanah ini akan menyumbat pori-pori tanah, sehingga kapasitas infiltrasi akan berkurang. Sebagai akibat lebih lanjut, akan mengalir di permukaan tanah, yang disebut sebagai limpasan permukaan tanah (*run off*). Air yang mengalir pada permukaan kulit bumi ini mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-partikel yang telah hancur, baik oleh air hujan maupun oleh adanya limpasan permukaan itu sendiri.

Pada studi ini besaran erosi dihitung berdasarkan rumus Modifikasi USLE :

$$\text{sed} = 11.8 (Q_{\text{surf}} \times q_{\text{peak}} \times A) K \times C \times P \times LS \times \text{CFRG}$$

dengan :

sed = Sediment yied (ton)

Qsurf = Volume limpasan permukaan (mm/ha)

Qpeak = Debit puncak (m³/det)

A = Luas DAS (ha)

K = Erodibilitas tanah

C = Faktor tanaman

P = Faktor pengelolaan lahan

LS = Faktor lereng

CFRG = Faktor kekasaran material tanah

Berdasarkan kajian tersebut diatas dan landasan teori pada Bab II, maka bersumber dari input data hujan, jenis tanah, tataguna lahan, dan karakteristik DAS/Sub DAS, secara spasial model AVSWAT 2000 secara otomatis dapat menentukan faktor laju erosi seperti diatas untuk analisisnya.

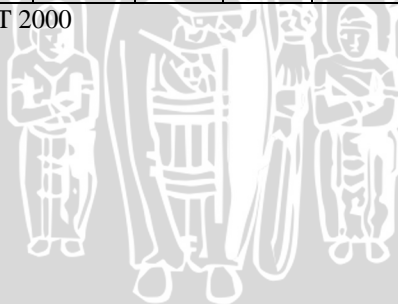
AVSWAT 2000 dalam simulasi yang dilakukan menghasilkan nilai laju erosi lahan hasil SDR/*Sediment Delivery Ratio* atau sering disebut dengan *sediment yield* yaitu potensi sedimen yang akan masuk ke jaringan sungai, berikut hasil analisa

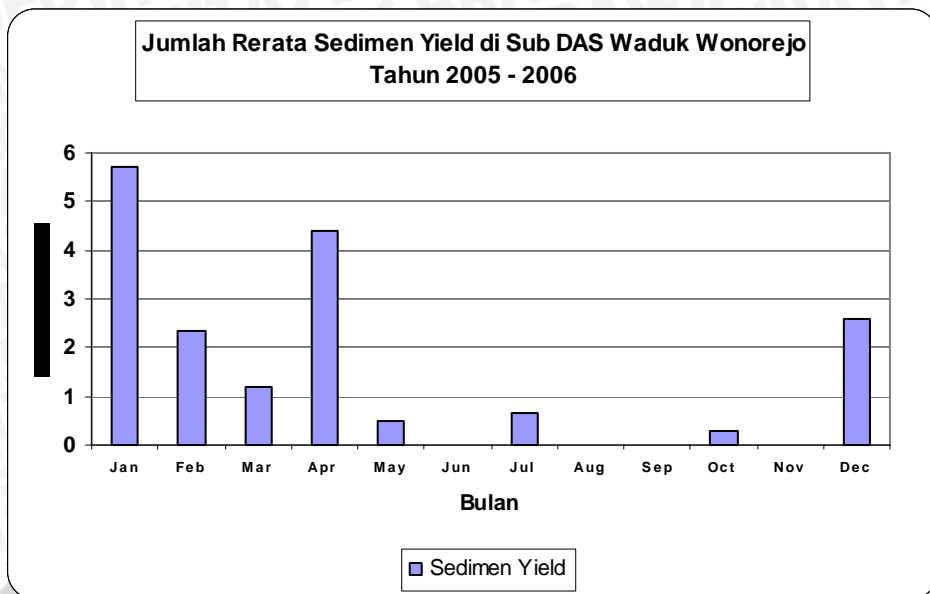
model tersebut untuk simulasi waktu tahun 2005 - 2006 dalam bentuk **Tabel 4.37** dan **Gambar 4.48**

Tabel 4.37 Jumlah Rerata Sedimen Yield di Lahan DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

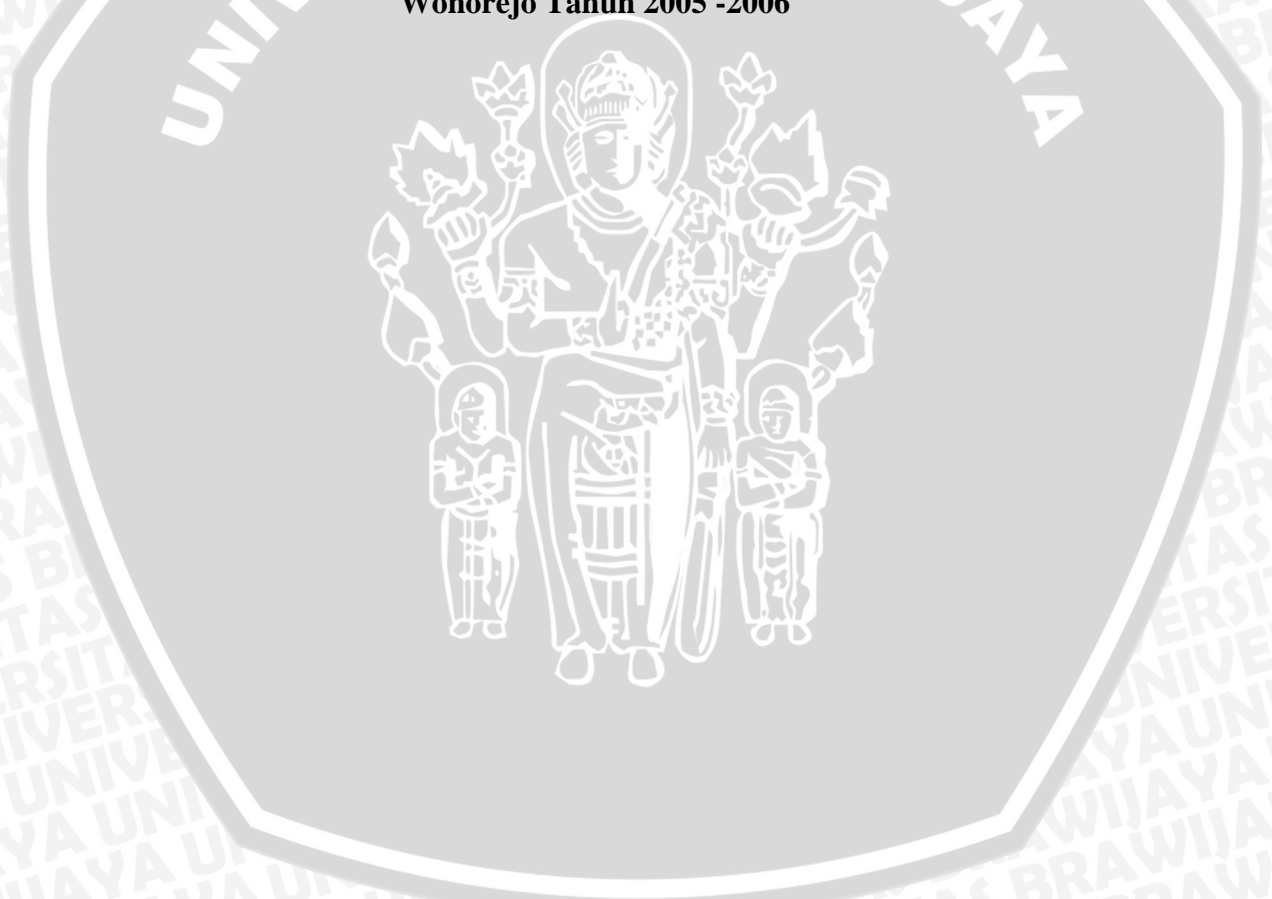
Subbasin	Sedimen Yield (Ton/Ha)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	27.763	14.640	7.318	26.860	3.197	0.000	5.139	0.000	0.010	2.265	0.074	24.581
2	1.087	0.540	0.272	1.080	0.105	0.000	0.148	0.000	0.000	0.061	0.001	0.682
3	1.817	0.978	0.725	2.658	0.248	0.000	0.286	0.000	0.000	0.148	0.001	1.221
4	1.351	0.671	0.462	1.669	0.163	0.000	0.192	0.000	0.000	0.097	0.001	0.797
5	1.618	0.656	0.282	1.271	0.118	0.000	0.170	0.000	0.001	0.065	0.000	0.718
6	1.826	0.854	0.424	1.701	0.165	0.000	0.230	0.000	0.000	0.096	0.001	1.026
7	1.752	0.498	0.217	1.066	0.107	0.000	0.119	0.000	0.001	0.051	0.000	0.304
8	1.253	0.610	0.386	1.591	0.140	0.000	0.173	0.000	0.000	0.080	0.001	0.734
9	0.280	0.087	0.029	0.355	0.015	0.000	0.025	0.000	0.000	0.006	0.000	0.120
10	0.688	0.335	0.198	0.827	0.070	0.000	0.095	0.000	0.000	0.042	0.000	0.426
11	1.452	0.715	0.428	1.674	0.151	0.000	0.202	0.000	0.000	0.091	0.001	0.882
12	0.887	0.405	0.139	0.661	0.062	0.000	0.106	0.000	0.000	0.035	0.000	0.515
13	1.167	0.348	0.184	0.870	0.081	0.000	0.087	0.000	0.001	0.041	0.000	0.236
14	0.463	0.101	0.045	0.281	0.022	0.000	0.024	0.000	0.000	0.010	0.000	0.081
15	1.174	0.538	0.339	1.294	0.130	0.000	0.151	0.000	0.000	0.074	0.001	0.602
16	1.338	0.485	0.256	1.148	0.108	0.000	0.127	0.000	0.001	0.057	0.000	0.447
17	0.624	0.297	0.168	0.921	0.066	0.000	0.084	0.000	0.000	0.034	0.000	0.375
18	18.395	6.687	3.291	12.417	1.295	0.000	1.797	0.000	0.019	0.682	0.000	5.875
19	16.908	6.502	3.373	11.700	1.315	0.000	1.787	0.000	0.019	0.733	0.009	5.942
20	2.215	0.576	0.257	1.243	0.133	0.000	0.134	0.000	0.001	0.062	0.000	0.253
21	35.576	12.809	6.430	20.702	2.461	0.000	2.937	0.000	0.040	1.284	0.001	8.681
Rerata	5.697	2.349	1.201	4.380	0.483	0.000	0.667	0.000	0.004	0.286	0.004	2.595

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000





Gambar 4.48 Jumlah Kandungan Sedimen Yield di Lahan Sub DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 -2006



4.5.2.4.3 Nutrients/Pesticides

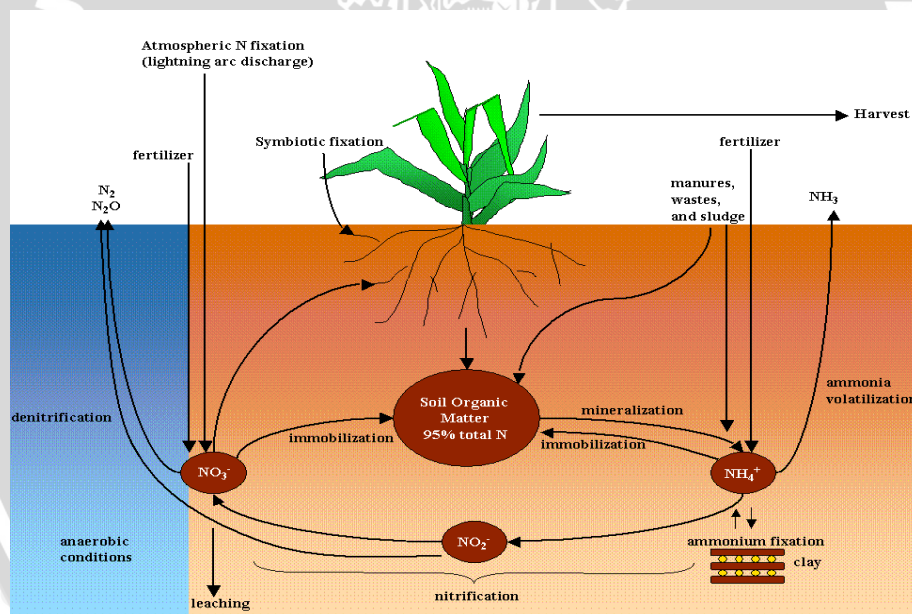
a. Nitrogen

Siklus nitrogen di dalam tanah adalah bagian dari siklus nitrogen global yang bisa dikatakan sebagai sebuah ringkasan konsep interaksi perubahan N secara kimia, fisika, dan biologi di dalam tanah.

Tampak pada gambar di bawah, perubahan N terjadi karena reaksi-reaksi berikut :

- siklus perubahan N dalam bentuk organik dan anorganik (*mineralization and immobilization*)
- hilangnya gas N ke atmosfer (*ammonia volatilization and denitrification*)
- hilangnya N karena pergerakan air dalam tanah (*leaching and erosion*)
- dan Fiksasi N biologis (*biological N fixation*)

Mikro-organisme di dalam tanah mempunyai peranan penting dalam banyak proses perubahan reaksi siklus nitrogen dalam tanah.



Gambar 4.50 Siklus Nitrogen

Inisial tingkat nitrogen di dalam tanah di bedakan oleh kedalaman menggunakan hubungan :

$$NO3_{conc,z} = 7. \exp\left(\frac{-z}{1000}\right)$$

dengan :

$NO3_{conc,z}$ = Konsentrasi nitrat di dalam tanah pada kedalaman z (mg/kg atau ppm)

z = Kedalaman dari permukaan tanah (mm)

Tingkatan nitrogen organik mengasumsikan bahwa perbandingan C:N untuk bahan humus adalah 14:1. Konsentrasi humus nitrogen organik pada suatu lapisan tanah dihitung dengan rumus :

$$orgN_{hum,ly} = 10^4 \cdot \left(\frac{orgC_{ly}}{14} \right)$$

dengan :

$orgN_{hum,ly}$ = Konsentrasi humus nitrogen organik pada lapisan (mg/kg atau ppm)

$orgC_{ly}$ = Jumlah karbon organik pada lapisan (%)

Organik N humus dibagi menjadi bentuk aktif dan bentuk stabil menggunakan persamaan berikut :

$$orgN_{act,ly} = orgN_{hum,ly} \cdot fr_{actN}$$

$$orgN_{sta,ly} = orgN_{hum,ly} \cdot (1 - fr_{actN})$$

dengan :

$orgN_{act,ly}$ = Konsentrasi nitrogen pada bentuk organik aktif (mg/kg)

$orgN_{hum,ly}$ = Konsentrasi humus nitrogen organik pada lapisan (mg/kg)

fr_{actN} = Fraksi humus nitrogen dalam bentuk aktif (ditentukan dengan angka 0,02)

$orgN_{sta,ly}$ = Konsentrasi nitrogen dalam bentuk organik stabil (mg/kg)

Nitrogen di dalam bentuk organik baru di set ke angka 0 pada semua lapisan kecuali lapisan atas 10 mm dari tanah diset pada 0.15% dari jumlah inisial residu pada permukaan tanah.

$$orgN_{frsh,surf} = 0.0015 \cdot rsd_{surf}$$

dengan :

$orgN_{frsh,surf}$ = Nitrogen organik fresh pada lapisan atas 10 mm dari permukaan tanah (kgN/ha)

rsd_{surf} = Material di dalam bentuk residu untuk lapisan atas 10 mm dari permukaan tanah (kg/ha)

Ammonium untuk nitrogen tanah, NH_4ly , ditunjukkan pada 0 ppm. Masukan data nutrient sebagai konsentrasi. Untuk mengkonversi konsentrasi ke satuan umum, konsentrasi dikalikan kepadatan dan kedalaman lapisan dibagi 100.

$$\frac{conc_N \cdot \rho_b \cdot depth_{ly}}{100} = \frac{kgN}{ha}$$

dengan :

$conc_N$ = Konsentrasi nitrogen pada suatu lapisan (mg/kg atau ppm)

ρ_b = Kepadatan pada lapisan (mg/m³)

$depth_{ly}$ = Kedalaman lapisan (mm)

b. Pergerakan Nitrat

Nitrat di dalam tanah diangkut ke dalam aliran dan badan air akibat peristiwa limpasan, aliran lateral atau perkolasi. Untuk menghitung jumlah nitrat yang terangkut, konsentrasi nitrat di dalam air yang bergerak diperhitungkan.

$$conc_{NO_3, mobile} = \frac{NO_3_{ly} \cdot \exp\left[\frac{-w_{mobile}}{(1-\theta_e) \cdot SAT_{ly}}\right]}{w_{mobile}}$$

dengan :

$conc_{NO_3, mobile}$ = Konsentrasi nitrat dalam air yang bergerak pada lapisan tanah (kg N/mm³ H₂O)

NO_3_{ly} = Jumlah nitrat pada lapisan tanah (kg N/ha)

w_{mobile} = Jumlah air yang bergerak pada lapisan tanah (mm H₂O)

θ_e = Fraksi porositas anion

SAT_{ly} = Air yang memenuhi lapisan tanah (mm H₂O)

Jumlah air yang bergerak pada lapisan tanah adalah jumlah air yang hilang oleh limpasan, aliran lateral atau perkolasi.

$$w_{mobile} = Q_{surf} + Q_{lat,ly} + w_{perc,ly}$$

untuk lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah

$$w_{mobile} = Q_{lat,ly} + w_{perc,ly}$$

untuk lapisan lebih dari 10 mm dibawah permukaan tanah.

dengan :

w_{mobile} = Jumlah air yang bergerak pada lapisan tanah (mm H₂O)

Q_{surf} = Debit air limpasan permukaan (mm H₂O)

$Q_{lat,ly}$ = Debit air pada lapisan tanah oleh aliran lateral (mm H₂O)

$w_{perc,ly}$ = Jumlah air yang terperkolasi (mm H₂O)

Nitrat yang terbawa aliran air limpasan permukaan dihitung dengan :

$$NO_3_{surf} = \beta_{NO_3} \cdot conc_{NO_3, mobile} \cdot Q_{surf}$$

dengan :

NO_3_{surf} = Nitrat yang terbawa aliran air limpasan (kg N/ha)

β_{NO3} = Koefisien perkolasi nitrat

$concNO3_{,mobile}$ = Konsentrasi nitrat yang terbawa air yang bergerak pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/mm H₂O)

Q_{surf} = Debit limpasan permukaan (mm H₂O)

Nitrat yang terbawa aliran air lateral dalam tanah dihitung dengan :

$$NO3_{lat,ly} = \beta_{NO3} \cdot concNO3_{,mobile} \cdot Q_{lat,ly}$$

untuk lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah

$$NO3_{lat,ly} = concNO3_{,mobile} \cdot Q_{lat,ly}$$

untuk lapisan lebih dari 10 mm dibawah permukaan tanah

dengan :

$NO3_{lat,ly}$ = Nitrat yang terbawa aliran air lateral (kg N/ha)

β_{NO3} = Koefisien perkolasi nitrat

$concNO3_{,mobile}$ = Konsentrasi nitrat yang terbawa air yang bergerak pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/mm H₂O)

$Q_{lat,ly}$ = Debit aliran air lateral (mm H₂O)

Nitrat yang terbawa air karena proses perkolasi dihitung dengan :

$$NO3_{perc,ly} = concNO3_{,mobile} \cdot Q_{perc,ly}$$

dengan :

$NO3_{perc,ly}$ = Nitrat yang terbawa air karena proses perkolasi (kg N/ha)

$concNO3_{,mobile}$ = Konsentrasi nitrat yang terbawa air yang bergerak (kg N/mm H₂O)

$Q_{perc,ly}$ = Jumlah air yang terperkolasi (mm H₂O)

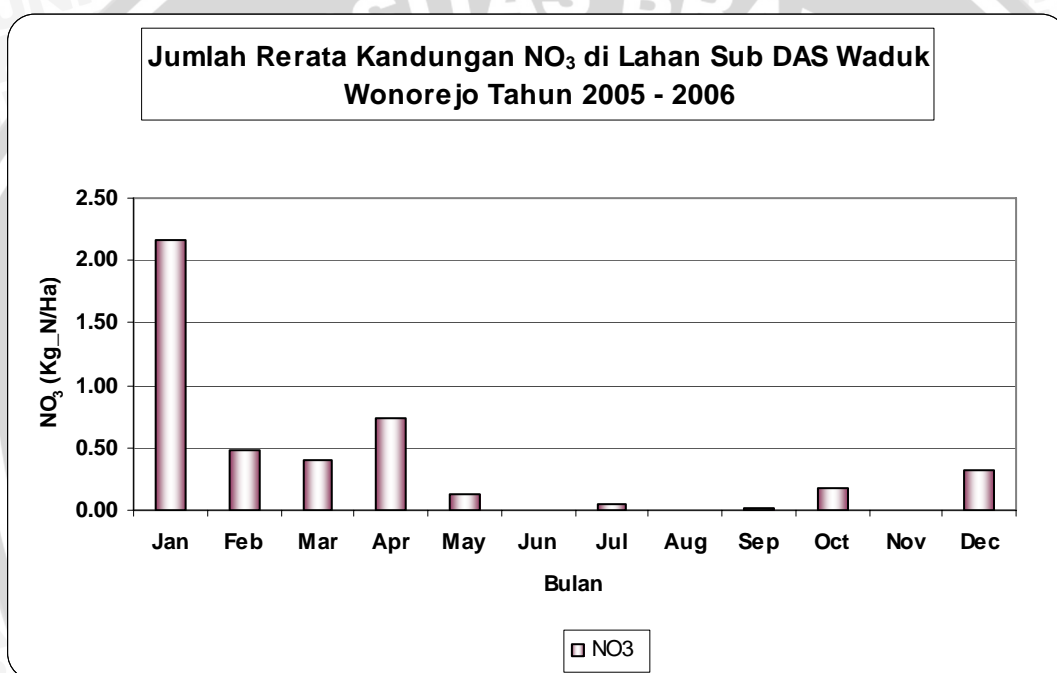
Berikut di bawah ini adalah hasil Jumlah rerata NO₃ Tahunan nilai untuk masing-masing DAS Waduk Wonorejo untuk tahun 2005 - 2006

Tabel 4.38 Nilai Kandungan Polutan NO₃ Pada Lahan DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	NO ₃ (Kg_N/Ha)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0.138	0.090	0.036	0.160	0.020	0.000	0.023	0.000	0.001	0.009	0.001	0.150
2	0.415	0.100	0.042	0.180	0.033	0.000	0.020	0.000	0.000	0.017	0.001	0.164
3	0.936	0.154	0.084	0.277	0.056	0.000	0.028	0.000	0.000	0.043	0.002	0.256
4	2.493	0.510	0.427	0.801	0.140	0.000	0.050	0.000	0.013	0.187	0.002	0.387
5	3.424	0.773	0.691	1.175	0.187	0.000	0.063	0.000	0.023	0.290	0.000	0.428
6	1.621	0.363	0.295	0.570	0.094	0.000	0.037	0.000	0.009	0.125	0.001	0.273
7	9.967	2.169	2.009	3.278	0.515	0.000	0.156	0.000	0.071	0.864	0.000	1.006
8	1.819	0.386	0.313	0.617	0.106	0.000	0.040	0.000	0.009	0.135	0.001	0.307
9	0.483	0.112	0.094	0.190	0.029	0.000	0.011	0.000	0.003	0.039	0.000	0.074
10	0.392	0.081	0.038	0.149	0.029	0.000	0.016	0.000	0.000	0.018	0.001	0.133

Subbasin	NO ₃ (Kg_N/Ha)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
11	1.104	0.233	0.171	0.382	0.068	0.000	0.029	0.000	0.005	0.075	0.001	0.228
12	0.151	0.058	0.019	0.107	0.019	0.000	0.012	0.000	0.000	0.005	0.000	0.095
13	9.993	2.163	1.981	3.292	0.541	0.000	0.156	0.000	0.071	0.861	0.001	1.013
14	2.529	0.548	0.506	0.836	0.133	0.000	0.039	0.000	0.018	0.218	0.000	0.257
15	3.703	0.784	0.690	1.212	0.206	0.000	0.067	0.000	0.023	0.299	0.001	0.482
16	6.191	1.355	1.244	2.057	0.333	0.000	0.102	0.000	0.043	0.529	0.001	0.682
17	0.438	0.103	0.062	0.193	0.033	0.000	0.016	0.000	0.001	0.025	0.001	0.132
18	7.165	2.454	2.393	2.704	0.136	0.000	0.181	0.000	0.021	0.502	0.000	1.388
19	7.864	2.844	2.672	3.032	0.222	0.000	0.211	0.000	0.023	0.560	0.000	1.610
20	14.276	3.084	2.859	4.661	0.731	0.000	0.219	0.000	0.103	1.238	0.000	1.406
21	10.299	3.133	3.421	3.724	0.102	0.000	0.229	0.000	0.027	0.722	0.000	1.863
rerata	2.1687	0.474	0.403	0.739	0.121	0	0.044	0	0.013	0.172	7E-04	0.318

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.51 Jumlah Polutan NO₃ di Lahan Tahun 2005 - 2006

4.5.2.4.4 N Organik Pada Aliran Limpasan Permukaan

N organik pada aliran limpasan permukaan dihitung menggunakan rumus yang dikembangkan oleh McElroy et al (1976) dan dimodifikasi oleh Williams & Hann (1978).

$$orgN_{surf} = 0.001 \cdot conc_{orgN} \cdot \frac{sed}{area_{hru}} \cdot \varepsilon_{N:sed}$$

dengan :

$orgN_{surf}$ = Jumlah N organik yang terbawa limpasan (kg N/ha)

$conc_{orgN}$ = Konsentrasi N organik pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/metrik ton tanah)

sed = Jumlah sedimen (metrik ton)

$area_{hru}$ = Area unit respon hidrologi/daerah tangkapan (ha)

$\varepsilon_{N:sed}$ = Perbandingan Norganik : sedimen

Konsentrasi N organik pada lapisan permukaan tanah dihitung dengan :

$$conc_{orgN} = 100 \cdot \frac{(orgN_{frsh,surf} + orgN_{sta,surf} + orgN_{act,surf})}{\rho_b \cdot depth_{surf}}$$

dengan :

$orgN_{surf}$ = N organik dalam fresh pool pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/ha)

$conc_{orgN}$ = Konsentrasi N organik dalam *stable pool* pada lapisan 10 mm di bawah permukaan tanah (kg N/ha)

ρ_b = Kerapatan tanah padah lapisan tanah pertama (mg/m³)

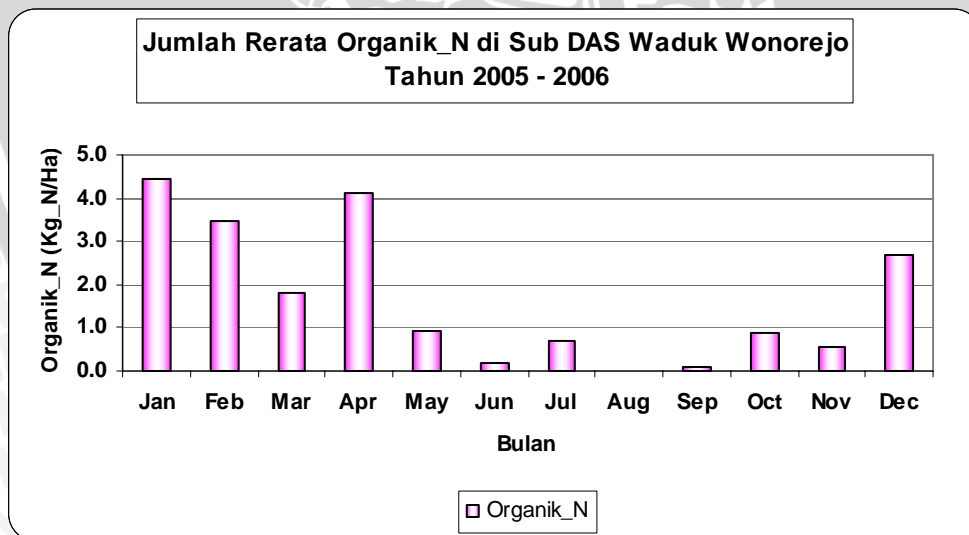
$depth_{surf}$ = Kedalaman lapisan tanah (10mm)

Hasil simulasi pemodelan kondisi transpor N Organik oleh limpasan yang terjadi pada lahan disajikan sebagai berikut :

Tabel 4.39 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Organik N Kg_N/Ha Di Lahan DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Organik_N (Kg_N/Ha)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	3.937	2.034	0.998	3.822	0.318	0.000	0.587	0.000	0.000	0.239	0.001	2.609
2	5.910	3.416	2.393	2.814	0.636	0.000	1.039	0.000	0.000	0.509	0.004	4.100
3	5.219	2.547	1.697	6.047	0.523	0.000	0.813	0.000	0.001	0.401	0.003	3.042
4	6.752	2.566	1.085	5.912	0.507	0.000	0.864	0.000	0.003	0.335	0.001	3.032
5	6.346	3.015	1.420	5.913	0.507	0.000	0.918	0.000	0.001	0.364	0.002	3.659
6	9.730	2.394	1.068	8.094	0.775	0.000	1.050	0.000	0.007	0.461	0.000	2.331
7	4.781	2.314	1.409	5.687	0.451	0.000	0.724	0.000	0.001	0.329	0.002	2.817
8	1.148	0.350	0.123	1.404	0.063	0.000	0.115	0.000	0.000	0.031	0.000	0.515
9	2.523	1.272	0.746	2.946	0.216	0.000	0.377	0.000	0.000	0.162	0.001	1.637
10	5.049	2.575	1.451	5.470	0.435	0.000	0.786	0.000	0.001	0.334	0.002	3.153
11	3.165	1.515	0.515	2.468	0.198	0.000	0.430	0.000	0.000	0.138	0.000	1.998
12	6.542	1.677	0.877	5.954	0.545	0.000	0.715	0.000	0.005	0.324	0.001	1.638
13	2.462	0.498	0.225	1.952	0.164	0.000	0.219	0.000	0.002	0.095	0.000	0.571
14	4.970	2.132	1.323	5.354	0.485	0.000	0.713	0.000	0.002	0.340	0.002	0.484
15	6.585	2.094	1.070	6.117	0.556	0.000	0.792	0.000	0.004	0.351	0.001	2.271
16	2.323	1.137	0.650	3.322	0.213	0.000	0.341	0.000	0.000	0.136	0.001	1.464
17	2.426	13.643	6.056	0.833	3.239	0.000	0.991	0.000	0.092	3.592	0.000	3.574
18	1.935	14.649	6.803	0.899	3.413	0.000	0.974	0.000	0.095	3.628	0.010	3.480
19	8.560	2.916	1.331	10.587	1.050	0.000	1.368	0.000	0.010	0.616	0.000	2.640
20	1.392	9.591	3.725	0.298	4.961	0.000	1.235	0.000	0.161	6.453	0.001	6.258
21	2.033	0.678	3.033	0.316	0.000	3.587	0.000	0.003	1.122	0.019	11.260	5.114
Rerata	4.466	3.477	1.809	4.105	0.917	0.171	0.716	0.000	0.072	0.898	0.537	2.685

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.53 Jumlah Rerata Kandungan Organik N di Lahan Tahun 2005 - 2006

4.5.2.4.5 Organik P dan Mineral P yang Menyertai Sedimen Pada Lahan DAS Waduk Wonorejo

Mekanisme utama dari pergerakan phosphor di dalam tanah adalah disebabkan oleh difusi. Difusi adalah perpindahan ion dalam jarak pendek (1 – 2mm) dalam larutan tanah sebagai hasil sebuah gradien prosentasi. Mengacu pada pergerakan phosphor yang lambat, limpasan permukaan hanya akan berinteraksi dengan kandungan phosphor yang berada pada lapisan tanah 10 mm dibawah permukaan tanah. Jumlah kandungan phosphor yang terangkut pada limpasan permukaan adalah dihitung dengan rumus berikut:

$$P_{surf} = \frac{P_{solution, surf} \cdot Q_{surf}}{\rho_b \cdot depth_{surf} \cdot k_{d, surf}}$$

dengan :

P_{surf} = Jumlah phosphor terlarut yang terbawa limpasan (kg P/ha)

$P_{solution, surf}$ = Jumlah phosphor pada lapisan tanah 10 mm dibawah permukaan tanah (kg P/ha)

Q_{surf} = Debit aliran limpasan permukaan (mm H₂O)

ρ_b = Kerapatan tanah pada lapisan tanah pertama (mg/m³)

$depth_{surf}$ = Kedalaman lapisan tanah (10mm)

$k_{d, surf}$ = Koefisien tanah phosphor (m³/mg)

Koefisien tanah phosphor adalah perbandingan dari konsentrasi phosphor terlarut pada lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah dengan konsentrasi phosphor yang terlarut pada aliran limpasan permukaan.

Organik P dan mineral yang menyertai sedimen pada limpasan permukaan menuju aliran sungai utama untuk phosphor ini dihubungkan dengan muatan sedimen dari unit respon hidrologi dan perubahan muatan sedimen akan direfleksikan dalam bentuk muatan phosphor. Jumlah phosphor yang terangkut sedimen menuju aliran sungai dihitung dengan rumus fungsi muatan yang dikembangkan oleh McElroy et al. (1976) dan dimodifikasi oleh William & Hann (1978).

$$sedP_{surf} = 0,001 \cdot conc_{sedp} \cdot \frac{sed}{area_{hru}} \cdot \epsilon_{p, sed}$$

dengan :

$sedP_{surf}$ = Jumlah phosphor terangkut bersama sedimen menuju aliran utama dalam limpasan permukaan (kg P/ha)

$conc_{sedP}$ = Konsentrasi phosphor yang menyertai sedimen pada lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah (g P/metrik ton tanah)

sed = Sedimen (metrik ton)

$area_{hru}$ = Area unit respon hidrologi/daerah tangkapan (ha)

$\epsilon_{P:sed}$ = Perbandingan P organik : sedimen

Konsentrasi phosphor yang menyertai sedimen pada permukaan tanah dihitung dengan :

$$conc_{sedP} = 100 \cdot \frac{(\min P_{act,surf} + \min P_{hum,surf} + orgP_{fish,surf})}{\rho_b \cdot depth_{surf}}$$

dengan :

$conc_{sedP}$ = Jumlah phosphor dalam bentuk mineral aktif pada lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah (kg P/ha)

$\min P_{act,surf}$ = Jumlah phosphor dalam bentuk aktif mineral pada lapisan 10mm dibawah permukaan tanah (kg P/ha)

$\min P_{sta,surf}$ = Jumlah phosphor dalam bentuk stabil mineral pada lapisan 10mm dibawah permukaan tanah (kg P/ha)

$orgP_{fish,surf}$ = Jumlah phosphor dalam bentuk *fresh* organik pada lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah

$orgP_{hum,surf}$ = Jumlah phosphor dalam bentuk humus organik pada lapisan 10 mm dibawah permukaan tanah

ρ_b = Kerapatan tanah pada lapisan tanah pertama (mg/m^3)

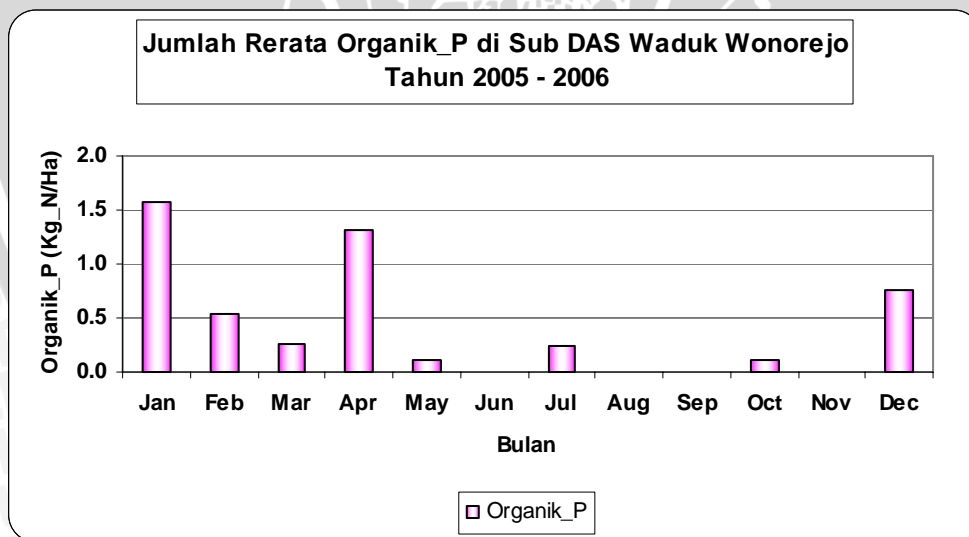
$depth_{surf}$ = Kedalaman lapisan tanah (10mm)

Organik P dan mineral P yang menyertai sedimen pada limpasan permukaan menuju aliran sungai utama untuk phosphor adalah sebagai berikut :

Tabel 4.40 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Organik P Kg P/Ha Di Lahan DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Organik_P (Kg_P/Ha)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	2.697	1.444	0.676	1.794	0.039	0.000	0.439	0.000	0.001	0.137	0.002	1.376
2	0.481	0.249	0.123	0.467	0.039	0.000	0.072	0.000	0.000	0.029	0.000	0.319
3	0.723	0.418	0.293	0.956	0.078	0.000	0.127	0.000	0.000	0.062	0.001	0.501
4	0.628	0.310	0.207	0.725	0.063	0.000	0.098	0.000	0.000	0.048	0.001	0.368
5	0.797	0.309	0.131	0.681	0.059	0.000	0.101	0.000	0.001	0.039	0.000	0.359
6	0.764	0.367	0.173	0.706	0.061	0.000	0.111	0.000	0.000	0.044	0.000	0.442
7	1.108	0.280	0.125	0.874	0.085	0.000	0.115	0.000	0.001	0.051	0.000	0.251
8	0.577	0.282	0.172	0.684	0.054	0.000	0.087	0.000	0.000	0.040	0.000	0.341
9	0.138	0.043	0.015	0.169	0.008	0.000	0.014	0.000	0.000	0.004	0.000	0.063
10	0.308	0.156	0.092	0.360	0.027	0.000	0.046	0.000	0.000	0.020	0.000	0.200
11	0.613	0.315	0.177	0.663	0.053	0.000	0.096	0.000	0.000	0.041	0.000	0.384
12	0.387	0.186	0.063	0.302	0.024	0.000	0.053	0.000	0.000	0.017	0.000	0.244
13	0.747	0.196	0.103	0.652	0.060	0.000	0.079	0.000	0.001	0.036	0.000	0.179
14	0.283	0.058	0.026	0.213	0.018	0.000	0.024	0.000	0.000	0.011	0.000	0.063
15	0.590	0.258	0.161	0.630	0.057	0.000	0.085	0.000	0.000	0.041	0.000	0.297
16	0.764	0.250	0.128	0.690	0.063	0.000	0.090	0.000	0.001	0.040	0.000	0.261
17	0.284	0.139	0.080	0.406	0.026	0.000	0.042	0.000	0.000	0.017	0.000	0.179
18	5.400	1.575	0.717	4.307	0.367	0.000	0.911	0.000	0.010	0.388	0.000	2.693
19	5.333	1.692	0.807	4.243	0.384	0.000	0.914	0.000	0.010	0.394	0.001	2.679
20	1.460	0.337	0.154	1.127	0.114	0.000	0.147	0.000	0.001	0.067	0.000	0.274
21	8.968	2.251	1.033	6.790	0.568	0.000	1.519	0.000	0.018	0.693	0.000	4.287
Rerata	1.574	0.529	0.260	1.306	0.107	0.000	0.246	0.000	0.002	0.105	0.000	0.750

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

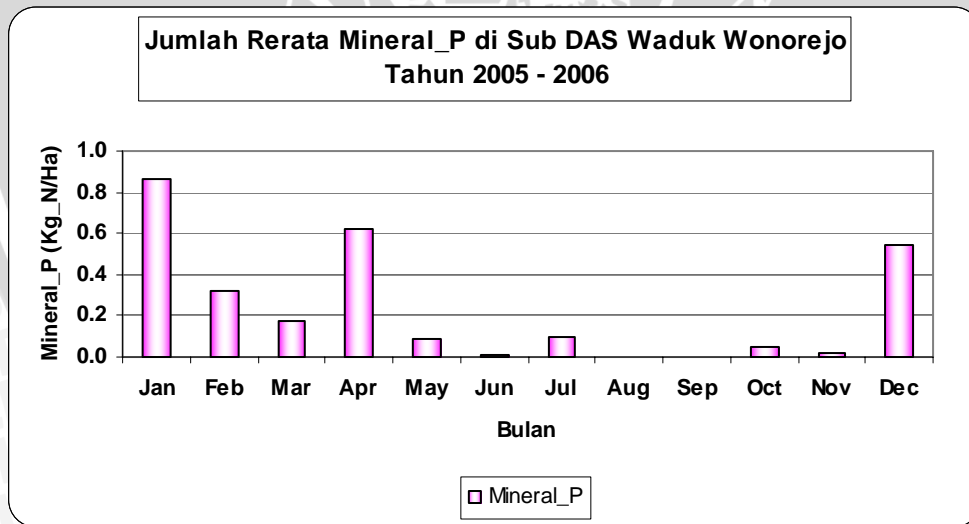


Gambar 4.55 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Organik P di Lahan Tahun 2005-2006

Tabel 4.41 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Mineral P Kg_P/Ha Di Lahan DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Mineral_P (Kg_P/Ha)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0.130	0.065	0.031	0.120	0.011	0.000	0.018	0.000	0.000	0.007	0.000	0.079
2	0.197	0.109	0.075	0.247	0.022	0.000	0.031	0.000	0.000	0.016	0.000	0.125
3	0.220	0.095	0.060	0.229	0.026	0.000	0.027	0.000	0.000	0.014	0.000	0.109
4	0.355	0.120	0.055	0.291	0.039	0.000	0.033	0.000	0.000	0.016	0.000	0.136
5	0.265	0.112	0.053	0.229	0.026	0.000	0.030	0.000	0.000	0.014	0.000	0.129
6	0.698	0.186	0.091	0.561	0.089	0.000	0.051	0.000	0.001	0.030	0.000	0.200
7	0.194	0.084	0.049	0.207	0.021	0.000	0.024	0.000	0.000	0.012	0.000	0.097
8	0.047	0.014	0.005	0.052	0.004	0.000	0.004	0.000	0.000	0.002	0.000	0.019
9	0.083	0.041	0.023	0.092	0.008	0.000	0.012	0.000	0.000	0.005	0.000	0.050
10	0.188	0.088	0.049	0.188	0.018	0.000	0.025	0.000	0.000	0.011	0.000	0.102
11	0.105	0.048	0.016	0.077	0.007	0.000	0.013	0.000	0.000	0.004	0.000	0.060
12	0.458	0.123	0.065	0.385	0.059	0.000	0.034	0.000	0.001	0.020	0.000	0.132
13	0.163	0.039	0.020	0.127	0.019	0.000	0.011	0.000	0.000	0.007	0.000	0.045
14	0.244	0.091	0.053	0.234	0.030	0.000	0.026	0.000	0.000	0.014	0.000	0.103
15	0.407	0.123	0.062	0.349	0.051	0.000	0.034	0.000	0.001	0.019	0.000	0.134
16	0.079	0.037	0.021	0.105	0.008	0.000	0.011	0.000	0.000	0.004	0.000	0.045
17	3.513	1.331	0.602	2.453	0.371	0.000	0.422	0.000	0.008	0.230	0.000	2.386
18	3.446	1.362	0.620	2.468	0.389	0.000	0.421	0.000	0.008	0.230	0.001	2.357
19	0.972	0.252	0.125	0.778	0.126	0.000	0.069	0.000	0.001	0.042	0.000	0.268
20	6.069	2.175	1.009	3.888	0.570	0.000	0.730	0.000	0.014	0.411	0.000	4.176
21	0.396	0.179	0.491	0.017	0.000	0.115	0.000	0.000	0.038	0.001	0.372	0.727
Rerata	0.868	0.318	0.170	0.623	0.090	0.005	0.096	0.000	0.003	0.053	0.018	0.546

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.56 Jumlah Rerata Kandungan Polutan Mineral P di Lahan Tahun 2005-2006

4.5.2.5 Fase di Sungai

4.5.2.5.1 Pola Penyebaran Polutan di Sungai

Fase pada aliran sungai dapat didefinisikan sebagai pergerakan air, sedimen, nutrisi dan pestisida melalui aliran sungai menuju ke outlet masing-masing Sub DAS. SWAT dalam menentukan kandungan air, sedimen, nutrisi dan pestisida menuju sungai, kandungan tersebut ditelusuri melalui jaringan sungai pada masing-masing Sub DAS. Pada tahap ini pencarian *routing* masa pada sungai, SWAT juga memodelkan transformasi dari kimia - kimia yang terkandung dalam aliran sungai. *Routing* pada sungai-sungai utama dapat dibagi menjadi 3 komponen :

1. **Routing Banjir**, Seperti aliran pada daerah *downstream*, besar kehilangan air yang berkaitan dengan proses evapotranspirasi dan transmisi melewati dasar sungai atau disebabkan penggunaan air sungai untuk pertanian dan kebutuhan penduduk. Jumlah air pada sungai dapat bersumber dari besaran hujan yang jatuh kepermukaan bumi mengalir ke sungai dan atau bersumber dari debit - debit keluaran sumber lain. Besarnya aliran yang mengalir melewati sungai, dicari menggunakan metode *Muskingum*.
2. **Sedimen Routing**, Transpor sedimen sungai memiliki 2 proses yang terkandung yaitu Degradasi dan Deposisi. Pada model SWAT ini persamaan yang digunakan lebih simpel, yaitu nilai maksimum sedimen yang dapat terangkut dari setiap sekmen sungai adalah memakai persamaan kecepatan puncak yang dapat terjadi pada sungai.
3. **Nutrient Routing**, Transformasi nutrient pada aliran sungai adalah dikontrol dengan komponen kualitas air pada model, yang persamaannya dengan mengadopsi dari model *QUAL2E*. Model penjalaran nutrient terlarut dalam air sungai dan nutrient terkandung dalam sedimen. Larutan nutrient terangkut dengan air sementara itu yang terkandung dalam sedimen jumlahnya tetap hingga proses pengendapan sedimen pada dasar sungai.

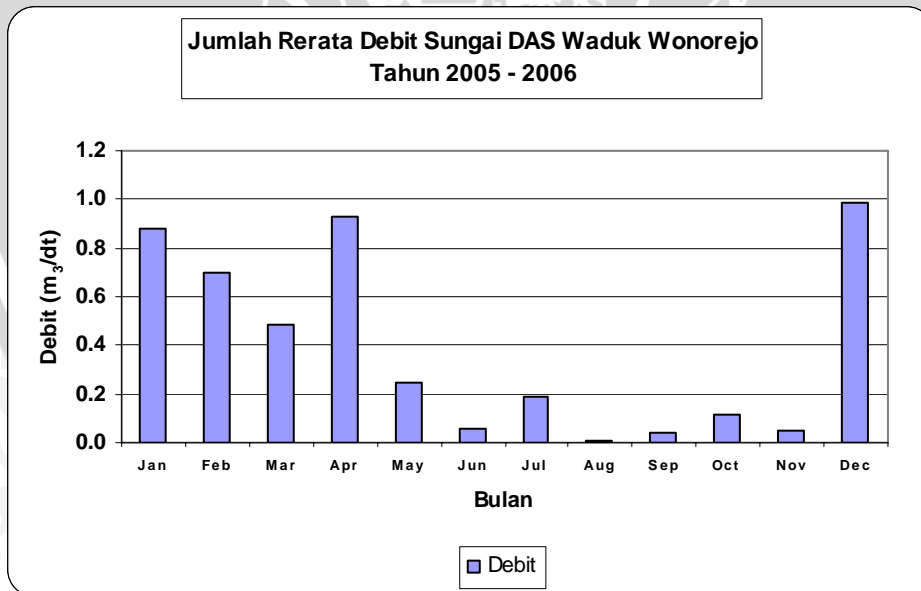
4.5.2.5.2 Penelusuran Debit di Sungai

AVSWAT 2000 juga mampu mensimulasikan besaran debit yang mengalir di sungai, sebagai salah satu mekanisme transpor polutan pada DAS. Hasil simulasi penelusuran rerata debit di DAS Waduk Wonorejo untuk tiap outlet-outlet Sub DAS Konto adalah sebagai berikut :

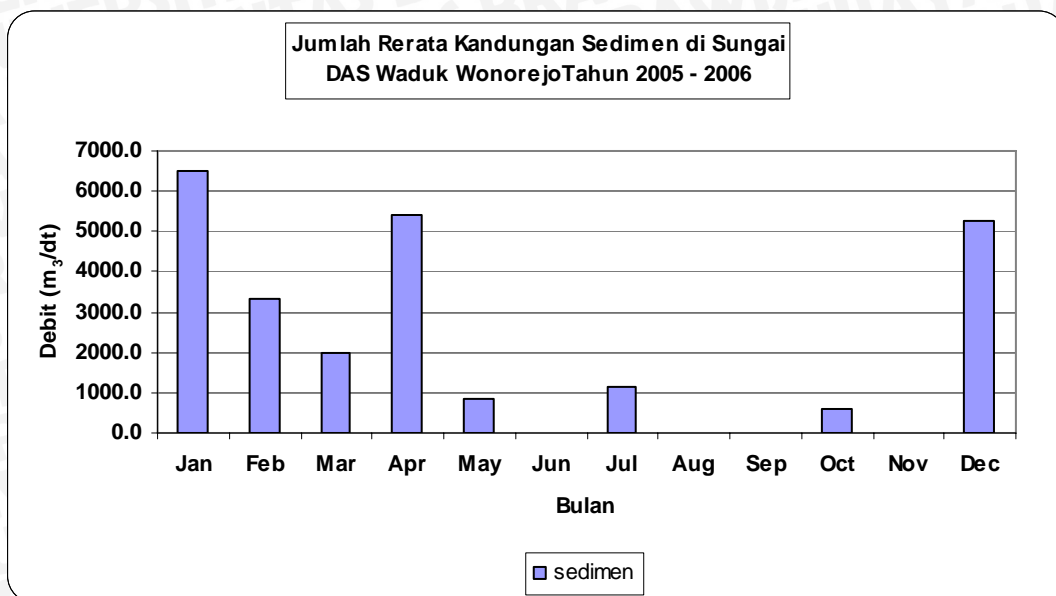
Tabel 4.42 Penelusuran Rerata Debit Inflow Sungai DAS Waduk Selorejo (m³/dt)

Subbasin	Rerata Debit Inflow Di Sungai (m ³ /dt)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0.389	0.370	0.269	0.465	0.189	0.061	0.084	0.015	0.010	0.025	0.012	0.359
2	0.165	0.130	0.092	0.170	0.040	0.008	0.036	0.000	0.008	0.024	0.011	0.203
3	0.105	0.083	0.059	0.114	0.026	0.005	0.023	0.000	0.005	0.015	0.007	0.130
4	0.309	0.241	0.169	0.330	0.076	0.014	0.067	0.000	0.016	0.045	0.019	0.374
5	0.078	0.060	0.041	0.080	0.019	0.004	0.017	0.000	0.004	0.011	0.005	0.092
6	0.781	0.675	0.484	0.868	0.283	0.079	0.169	0.015	0.030	0.081	0.037	0.836
7	1.040	0.866	0.611	1.133	0.345	0.091	0.223	0.015	0.042	0.118	0.050	1.125
8	0.104	0.081	0.057	0.110	0.025	0.005	0.023	0.000	0.005	0.015	0.007	0.126
9	0.649	0.507	0.360	0.672	0.158	0.031	0.140	0.000	0.033	0.093	0.042	0.793
10	0.471	0.368	0.261	0.484	0.114	0.022	0.102	0.000	0.024	0.068	0.031	0.576
11	0.195	0.153	0.108	0.204	0.047	0.009	0.042	0.000	0.010	0.028	0.013	0.238
12	0.212	0.166	0.117	0.214	0.051	0.010	0.046	0.000	0.011	0.030	0.014	0.259
13	1.817	1.466	1.032	1.938	0.532	0.128	0.390	0.015	0.081	0.229	0.099	2.057
14	0.174	0.133	0.094	0.177	0.042	0.009	0.037	0.000	0.009	0.025	0.011	0.206
15	0.807	0.624	0.438	0.860	0.198	0.037	0.175	0.000	0.040	0.117	0.049	0.969
16	0.440	0.329	0.224	0.459	0.106	0.020	0.093	0.000	0.021	0.063	0.024	0.503
17	2.684	2.114	1.462	2.833	0.749	0.170	0.566	0.018	0.120	0.344	0.141	2.986
18	2.223	1.768	1.226	2.352	0.638	0.149	0.469	0.018	0.097	0.278	0.116	2.457
19	2.041	1.636	1.145	2.165	0.590	0.139	0.434	0.016	0.091	0.257	0.110	2.291
20	0.132	0.093	0.059	0.135	0.031	0.006	0.027	0.000	0.006	0.019	0.005	0.137
21	3.621	2.826	1.939	3.822	0.971	0.212	0.760	0.018	0.162	0.469	0.192	4.040
Rerata	0.878	0.699	0.488	0.933	0.249	0.058	0.187	0.006	0.039	0.112	0.047	0.988

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.59 Rerata Debit Sungai DAS Waduk Wonorejo



Gambar 4.60 Rerata Sedimen di Sungai DAS Waduk Selorejo Tahun 2005 - 2006

4.5.2.5.3 *In-Stream Nutrient Processes/Proses Nutrien Pada Aliran*

Parameter yang mempengaruhi kualitas air dan dapat digolongkan sebagai indikator polusi termasuk nutrien (zat hara), total zat padat, BOD, nitrat, dan mikroorganisme (Loehr, 1970; Paine, 1973). Parameter penting sekunder lainnya antara lain bau, rasa dan kekeruhan (Azevedo dan Stout, 1974).

Algoritma kualitas air SWAT pada *in-stream* yang menggabungkan komponen interaksi dan hubungan digunakan dalam model QUAL2E (Brown dan Barnwell, 1987). Dokumentasi yang digunakan dalam sub bab ini diambil dari Brown dan Barnwell (1987). Model transformasi *nutrient in-stream* memiliki beberapa ciri model SWAT. Untuk menelusuri pemuatan nutrien pada *downstream* tanpa mensimulasi perubahan bentuk (transformasi), variabel IWQ pada file kode kontrol input (.cod) harus diset menjadi 0. Untuk mengaktifkan simulasi transformasi *nutrient in-stream*, variabel ini harus diset menjadi 1.

a. DAUR NITROGEN

Pada air aerobik, terjadi suatu perubahan bentuk (transformasi) bertahap dari nitrogen organik menjadi ammonia, menjadi nitrit, dan akhirnya menjadi nitrat. Nitrogen organik dapat juga dipindahkan dari sungai melalui pengendapan. Sub bab ini merangkum persamaan yang digunakan untuk mensimulasi daur nitrogen di sungai.

Nitrogen Organik

Besarnya nitrogen organik di sungai dapat meningkat karena konversi dari nitrogen biomassa alga menjadi nitrogen organik. Konsentrasi nitrogen organik di sungai dapat berkurang karena konversi dari nitrogen organik menjadi NH_4^+ atau pengendapan dari nitrogen organik bersama sedimen. Perubahan dari nitrogen organik dalam satu hari adalah :

$$\Delta \text{orgN}_{str} = (\alpha_1 \cdot \rho_a \cdot \text{algae} - \beta_{N,3} \cdot \text{orgN}_{str} - \sigma_4 \cdot \text{orgN}_{str}) \cdot TT$$

dengan :

ΔorgN_{str} = Perubahan konsentrasi nitrogen organik (mg N/L),

α_1 = Fraksi dari biomassa alga yaitu nitrogen (mg N/mg alg biomass),

ρ_a = Respirasi lokal atau laju pembusukan alga (day^{-1}),

algae = Konsentrasi biomassa alga pada awal hari (mg alg/L),

$\beta_{N,3}$ = Konstanta tingkat hidrolisa dari nitrogen organik menjadi nitrogen ammonia (koefisien laju oksidasi ammonia) (day^{-1}),

orgN_{str} = Konsentrasi nitrogen organik pada awal hari (mg N/L),

σ_4 = Koefisien laju pengendapan nitrogen organik (day^{-1}), dan

TT = Waktu rambat aliran pada bentangan pias (day).

Fraksi dari biomassa alga yaitu nitrogen ditentukan oleh *user*. Persamaan 4.117 mendeskripsikan perhitungan dari tingkat respirasi lokal dari alga.

User menentukan konstanta laju hidrolisa dari nitrogen organik menjadi NH_4^+ pada suhu 20°C . Laju hidrolisa dari nitrogen organik ditambahkan pada temperatur air lokal menggunakan hubungan berikut :

$$\beta_{N,3} = \beta_{N,3,20} \cdot 1.047^{(T_{water}-20)}$$

dengan :

$\beta_{N,3}$ = Konstanta laju hidrolisa dari nitrogen organik menjadi NH_4^+ (day^{-1}),

$\beta_{N,3,20}$ = Konstanta laju hidrolisa lokal dari nitrogen organik menjadi NH_4^+ pada suhu 20°C (day^{-1}), dan

T_{water} = Temperatur air rata-rata pada hari tersebut ($^\circ \text{C}$).

User menentukan koefisien laju pengendapan nitrogen organik pada suhu 20°C . Laju pengendapan nitrogen organik ditambahkan pada temperatur air lokal menggunakan hubungan berikut :

$$\sigma_4 = \sigma_{4,20} \cdot 1.024^{(T_{water}-20)}$$

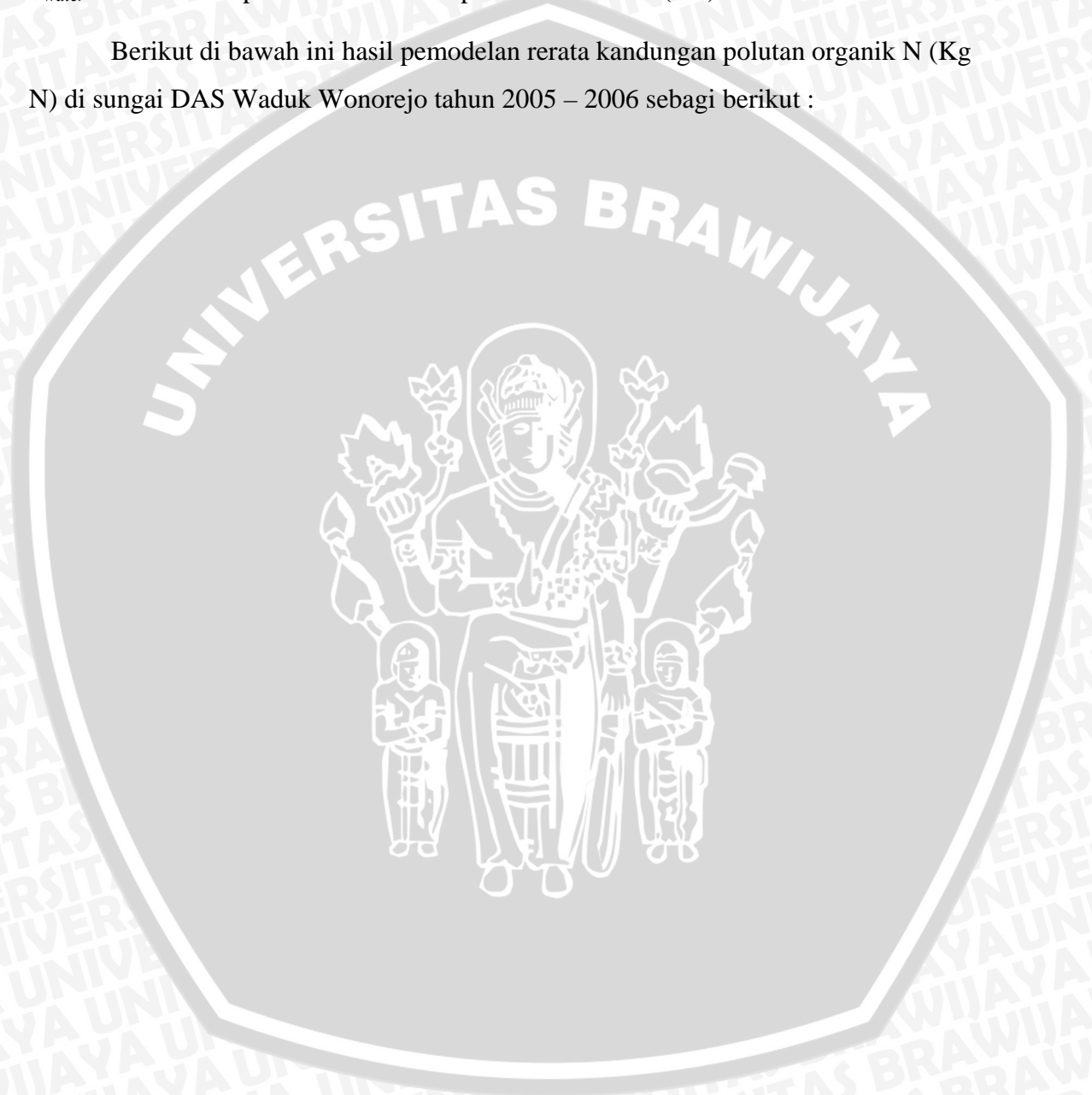
dengan :

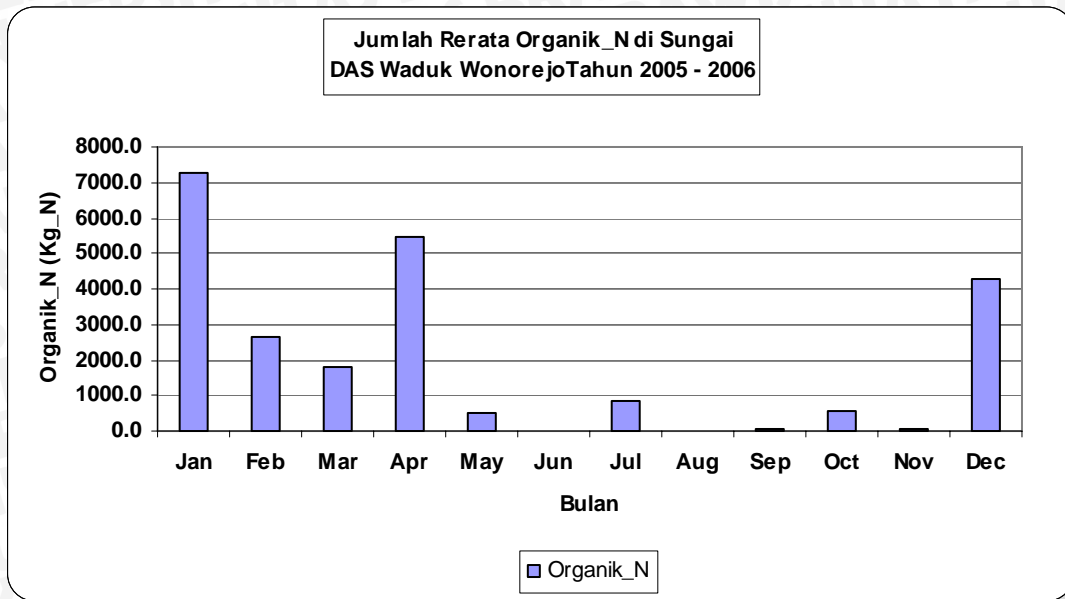
σ_4 = Koefisien laju pengendapan nitrogen organik (day^{-1}),

$\sigma_{4,20}$ = Koefisien laju pengendapan nitrogen organik pada suhu 20°C (day^{-1}), dan

T_{water} = Temperatur air rata-rata pada hari tersebut ($^\circ \text{C}$).

Berikut di bawah ini hasil pemodelan rerata kandungan polutan organik N (Kg N) di sungai DAS Waduk Wonorejo tahun 2005 – 2006 sebagai berikut :





Gambar 4.61 Rerata Jumlah Kandungan Polutan Organik N di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Ammonia

Besarnya jumlah ammonia (NH_4^+) pada sungai dapat meningkat karena mineralisasi dari nitrogen organik dan difusi dari amonia dari sedimen di dasar sungai. Konsentrasi amonia di sungai dapat menurun karena konversi dari NH_4^+ menjadi NO_2^- atau penyerapan NH_4^+ oleh alga. Perubahan kadar amonia dalam satu hari dihitung dengan :

$$\Delta NH4_{str} = \left(\beta_{N,3} \cdot orgN_{str} - \beta_{N,1} \cdot NH4_{str} + \frac{\sigma_3}{(1000 \cdot depth)} - fr_{NH4} \cdot \alpha_1 \cdot \mu_a \cdot algae \right) \cdot TT$$

dengan :

$\Delta NH4_{str}$ = Perubahan konsentrasi amonia (mg N/L),

$\beta_{N,3}$ = Konstanta laju hidrolisa dari nitrogen organik menjadi NH_4^+ (day^{-1}),

$orgN_{str}$ = Konsentrasi nitrogen organik di awal hari (mg N/L),

$\beta_{N,1}$ = Konstanta laju oksidasi biologi dari nitrogen amonia (day^{-1}),

$NH4_{str}$ = Konsentrasi amonia di awal hari (mg N/L),

σ_3 = Laju benthos/sedimen untuk amonia ($mg\ N/m^2\ \text{-day}$),

$depth$ = Kedalaman air pada saluran (m),

fr_{NH4} = Fraksi pengambilan nitrogen alga dari kolam amonia,

α_1 = Fraksi dari biomassa alga yaitu nitrogen ($mg\ N/mg\ \text{alg biomass}$),

μ_a = Laju pertumbuhan lokal alga (day^{-1}),

$algae$ = Konsentrasi biomassa alga pada awal hari ($mg\ \text{alg/L}$), dan

TT = Waktu rambat aliran pada bentangan pias (day).

Konstanta laju hidrolisa dari nitrogen organik menjadi NH_4^+ dihitung dengan persamaan 4.120.

Konstanta laju oksidasi biologi nitrogen amonia akan berubah sebagai fungsi dari konsentrasi oksigen *in-stream* dan temperatur. Konstanta laju tersebut dihitung dengan :

$$\beta_{N,1} = \beta_{N,1,20} \cdot (1 - \exp[-0.6 \cdot \text{Ox}_{str}]) \cdot 1.083^{(T_{water}-20)}$$

dengan :

$\beta_{N,1}$ = Konstanta laju oksidasi biologi dari nitrogen amonia (day^{-1}),

$\beta_{N,1,20}$ = Konstanta laju oksidasi biologi dari nitrogen amonia pada suhu 20°C (day^{-1}),

Ox_{str} = Konsentrasi oksigen terlarut di sungai ($\text{mg O}_2/\text{L}$), dan

T_{water} = Temperatur air rata-rata pada hari tersebut ($^\circ\text{C}$).

Syarat kedua dari sisi kanan persamaan 4.123, $(1 - \exp[-0.6 \cdot \text{Ox}_{str}])$, adalah faktor koreksi penghambatan nitrifikasi. Faktor ini menghambat proses nitrifikasi pada konsentrasi oksigen terlarut rendah.

User menentukan laju sumber sedimen amonia pada suhu 20°C . Laju sumber sedimen nitrogen amonia ditambahkan pada temperatur air lokal menggunakan hubungan berikut :

$$\sigma_3 = \sigma_{3,20} \cdot 1.074^{(T_{water}-20)}$$

dengan :

σ_3 = Laju benthos/sedimen untuk amonia ($\text{mg N}/\text{m}^2\text{-day}$),

$\sigma_{3,20}$ = Laju benthos/sedimen untuk nitrogen amonia pada suhu 20°C ($\text{mg N}/\text{m}^2\text{-day}$), dan

T_{water} = Temperatur air rata-rata pada hari tersebut ($^\circ\text{C}$).

Fraksi nitrogen alga yang terambil dari kolam amonia dihitung dengan :

$$fr_{\text{NH}_4} = \frac{f_{\text{NH}_4} \cdot \text{NH}_4_{str}}{(f_{\text{NH}_4} \cdot \text{NH}_4_{str} + (1 - f_{\text{NH}_4}) \cdot \text{NO}_3_{str})}$$

dengan :

fr_{NH_4} = Fraksi pengambilan nitrogen alga dari kolam amonia,

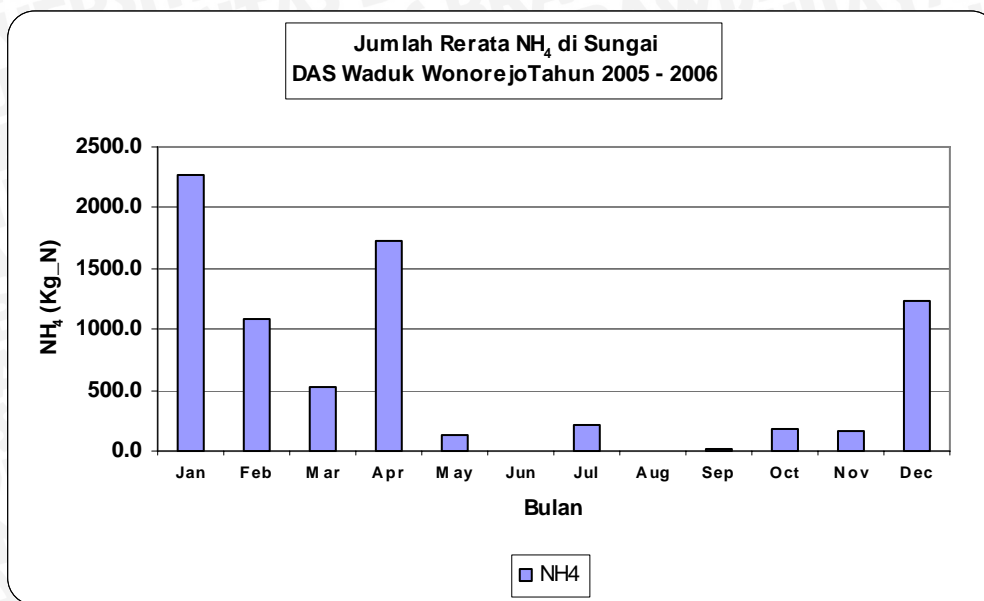
f_{NH_4} = Faktor kecenderungan nitrogen amonia,

NH_{4str} = Konsentrasi amonia di sungai (mg N/L), dan

NO_{3str} = Konsentrasi nitrat di sungai (mg N/L).

Tabel hasil pemodelan NH_4 (Kg N/Ha) di sungai DAS Waduk Wonorejo sebagai berikut :





Gambar 4.62 Jumlah Rerata Kandungan NH₄ di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006

Nitrit

Besarnya jumlah nitrit (NO₂⁻) di sungai dapat meningkat karena konversi dari NH₄⁺ menjadi NO₂⁻ dan menurun karena konversi dari NO₂⁻ menjadi NO₃⁻. Konversi dari NO₂⁻ menjadi NO₃⁻ terjadi lebih cepat dari konversi dari NH₄⁺ menjadi NO₂⁻, sehingga jumlah nitrit yang ada di sungai biasanya sangat kecil. Perubahan kadar nitrit dalam satu hari dihitung dengan:

$$\Delta NO2_{str} = (\beta_{N,1} \cdot NH4_{str} - \beta_{N,2} \cdot NO2_{str}) \cdot TT$$

dengan :

$\Delta NO2_{str}$ = Perubahan konsentrasi nitrit (mg N/L),

$\beta_{N,1}$ = Konstanta laju oksidasi biologi dari nitrogen amonia (day⁻¹),

$NH4_{str}$ = Konsentrasi amonia di awal hari (mg N/L),

$\beta_{N,2}$ = Konstanta laju oksidasi biologi dari nitrit menjadi nitrat (day⁻¹),

$NO2_{str}$ = Konsentrasi nitrit di awal hari (mg N/L), dan

TT = Waktu rambat aliran pada bentangan pias (day).

Konstanta laju oksidasi biologi lokal dari nitrogen amonia dihitung dengan persamaan 4.123. onstanta laju oksidasi biologi dari nitrit menjadi nitrat akan berubah sebagai fungsi dari konsentrasi oksigen *in-stream* dan temperatur. Konstanta laju tersebut dihitung dengan :

$$\beta_{N,2} = \beta_{N,2,20} \cdot (1 - \exp[-0.6 \cdot Ox_{str}]) \cdot 1.047^{(T_{water}-20)}$$

dengan :

$\beta_{N,2}$ = Konstanta laju oksidasi biologi dari nitrit menjadi nitrat (day^{-1}),

$\beta_{N,2,20}$ = Konstanta laju oksidasi biologi dari nitrit menjadi nitrat pada suhu 20°C (day^{-1}),

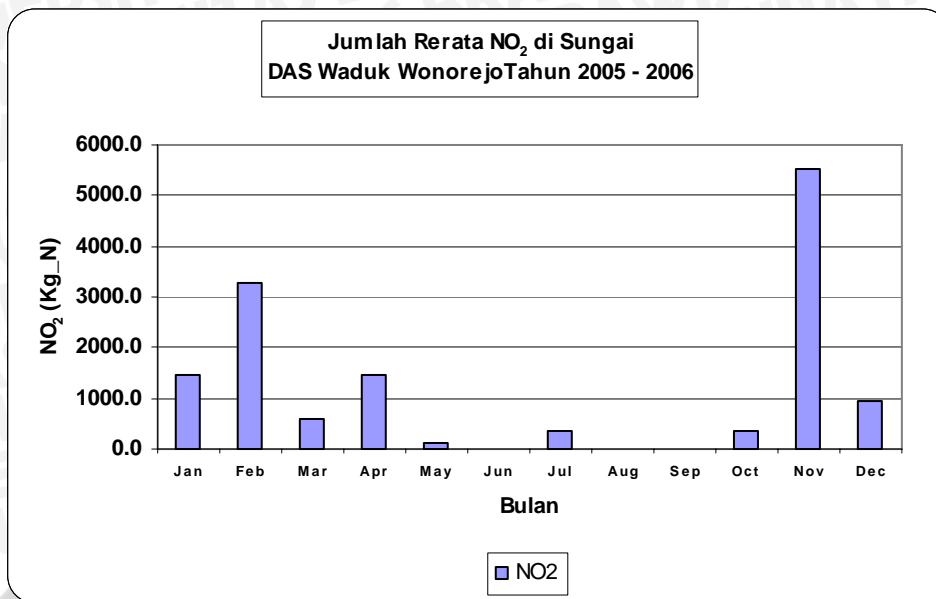
Ox_{str} = Konsentrasi oksigen terlarut di sungai ($\text{mg O}_2/\text{L}$), dan

T_{water} = Temperatur air rata-rata pada hari tersebut ($^\circ\text{C}$).

Syarat kedua dari sisi kanan persamaan 4.123, $(1 - \exp[-0.6 \cdot Ox_{str}])$, adalah faktor koreksi penghambatan nitrifikasi. Faktor ini menghambat proses nitrifikasi pada konsentrasi oksigen terlarut rendah.

Tabel hasil pemodelan Nitrit (NO_2^-) Kg N untuk masing-masing sub DAS Waduk Wonorejo sebagai berikut :





Gambar 4.63 Jumlah Rerata Kandungan Nitrit (NO₂⁻) di DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006

Nitrat

Besarnya jumlah nitrat di sungai dapat meningkat karena oksidasi NO₂⁻. Konsentrasi nitrat di sungai dapat berkurang karena pengambilan NO₃⁻ oleh alga. Perubahan kadar nitrat dalam satu hari dihitung dengan :

$$\Delta NO3_{str} = (\beta_{N,2} \cdot NO2_{str} - (1 - fr_{NH4}) \cdot \alpha_1 \cdot \mu_a \cdot algae) \cdot TT$$

dengan :

$\Delta NO3_{str}$ = Perubahan konsentrasi nitrat (mg N/L),

$\beta_{N,2}$ = Konstanta laju oksidasi biologi dari nitrit menjadi nitrat (day⁻¹),

$NO2_{str}$ = Konsentrasi nitrit di awal hari (mg N/L),

fr_{NH4} = Fraksi pengambilan nitrogen alga dari kolam amonia,

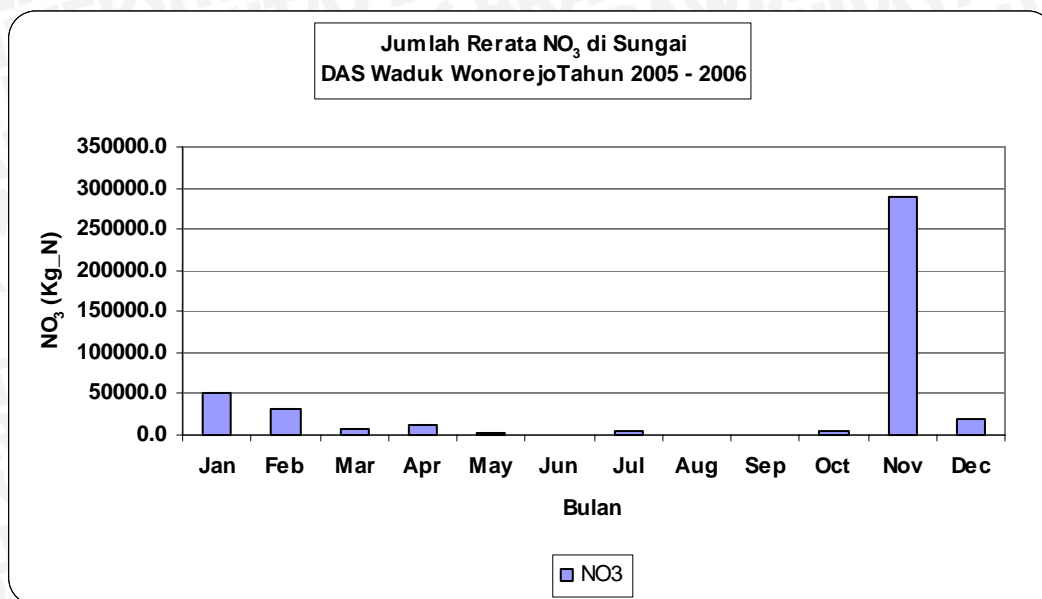
α_1 = Fraksi dari biomassa alga yaitu nitrogen (mg N/mg alg biomass),

μ_a = Laju pertumbuhan lokal alga (day⁻¹),

$algae$ = Konsentrasi biomassa alga pada awal hari (mg alg/L), dan

TT = Waktu rambat aliran pada bentangan pias (day)

Tabel hasil pemodelan Nitrat (NO₃⁻) Kg N untuk masing-masing sub DAS Waduk Wonorejo sebagai berikut :



Gambar 4.64 Jumlah Rerata Kandungan Nitrat (NO₃) di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006

Phospor Organik

Besarnya jumlah dari phospor organik di sungai dapat meningkat karena konversi dari phospor biomassa alga menjadi phospor organik. Konsentrasi phospor organik di sungai dapat menurun karena konversi dari phospor organik menjadi phospor inorganik terlarut atau pengendapan dari phospor organik oleh sedimen. Perubahan kadar phospor organik dalam satu hari dihitung dengan :

$$\Delta orgP_{str} = (\alpha_2 \cdot \rho_a \cdot algae - \beta_{p,4} \cdot orgP_{str} - \sigma_5 \cdot orgP_{str}) \cdot TT$$

dengan :

$\Delta orgP_{str}$ = Perubahan konsentrasi phospor (mg N/L),

α_2 = Fraksi dari biomassa alga yaitu phospor (mg N/mg alg biomass),

ρ_a = Respirasi lokal atau laju pembusukan alga (day⁻¹),

$algae$ = Konsentrasi biomassa alga pada awal hari (mg alg/L),

$\beta_{p,4}$ = Konstanta laju mineralisasi dari phospor organik (day⁻¹),

$orgP_{str}$ = Konsentrasi phospor organik di awal hari (mg P/L),

σ_5 = Koefisien laju pengendapan phospor organik (day⁻¹), dan

TT = Waktu rambat aliran pada bentangan pias (day).

Fraksi dari biomassa alga yaitu phospor ditentukan oleh user. Persamaan 4.117 menguraikan perhitungan laju respirasi lokal pada alga.

User diharuskan untuk menentukan konstanta laju mineralisasi lokal dari fosfor organik pada suhu 20° C. Laju mineralisasi fosfor organik ditambahkan pada temperatur air lokal menggunakan hubungan berikut :

$$\beta_{P,4} = \beta_{P,4,20} \cdot 1.047^{(T_{water}-20)}$$

dengan :

$\beta_{P,4}$ = Konstanta laju mineralisasi dari fosfor organik (day⁻¹),

$\beta_{P,4,20}$ = Konstanta laju mineralisasi dari fosfor organik pada suhu 20° C (day⁻¹),
dan

T_{water} = Temperatur air rata-rata pada hari tersebut (°C).

User diharuskan untuk menentukan konstanta laju pengendapan lokal dari fosfor organik pada suhu 20° C. Laju pengendapan fosfor organik ditambahkan pada temperatur air lokal menggunakan hubungan berikut :

$$\sigma_5 = \sigma_{5,20} \cdot 1.024^{(T_{water}-20)}$$

dengan :

σ_5 = Koefisien laju pengendapan fosfor organik (day⁻¹),

$\sigma_{5,20}$ = Koefisien laju pengendapan fosfor organik pada suhu 20° C (day⁻¹),

TT = Waktu rambat aliran pada bentangan pias (day).

Inorganik/Fospor Terlarut

Besarnya jumlah dari fosfor inorganik terlarut di sungai dapat meningkat karena mineralisasi fosfor organik dan difusi dari fosfor inorganik dari sedimen di dasar sungai. Konsentrasi dari fosfor terlarut dapat berkurang karena pengambilan P inorganik oleh alga. Perubahan dari kadar fosfor terlarut dalam satu hari dihitung dengan :

$$\Delta solP_{str} = \left(\beta_{P,4} \cdot orgP_{str} + \frac{\sigma_2}{(1000 \cdot depth)} - \alpha_2 \cdot \mu_a \cdot algae \right) \cdot TT$$

dengan :

$\Delta solP_{str}$ = Perubahan konsentrasi fosfor terlarut (mg N/L),

$\beta_{P,4}$ = Konstanta laju mineralisasi dari fosfor organik (day⁻¹),

$orgP_{str}$ = Konsentrasi fosfor organik di awal hari (mg P/L),

σ_2 = Laju sumber sedimen untuk P terlarut (mg P/m²-day),

$depth$ = Kedalaman air di saluran (m),

α_2 = Fraksi dari biomassa alga yaitu fosfor (mg P/mg alg biomass),

μ_a = Laju pertumbuhan lokal alga (day^{-1}),

$algae$ = Konsentrasi biomassa alga pada awal hari (mg alg/L), dan

TT = Waktu rambat aliran pada bentangan pias (day).

Konstanta laju mineralisasi fosfor organik dihitung dengan persamaan 4.130. User diharuskan untuk menentukan konstanta sumber sedimen untuk P terlarut pada suhu 20°C . Konstanta sumber sedimen untuk P terlarut ditambahkan pada temperatur air lokal menggunakan hubungan berikut :

$$\sigma_2 = \sigma_{2,20} \cdot 1.074^{(T_{\text{water}} - 20)}$$

dengan :

σ_2 = Laju sumber sedimen untuk P terlarut ($\text{mg P/m}^2\text{-day}$),

$\sigma_{2,20}$ = Laju sumber sedimen untuk P terlarut terlarut pada suhu 20°C ($\text{mg P/m}^2\text{-day}$),

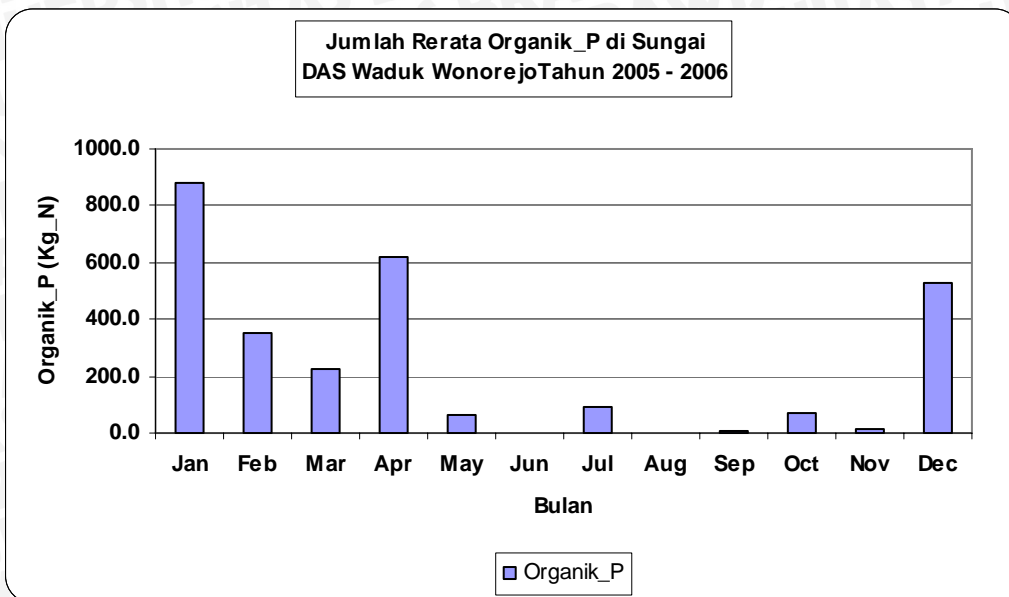
dan

T_{water} = Temperatur air rata-rata pada hari tersebut ($^\circ \text{C}$).

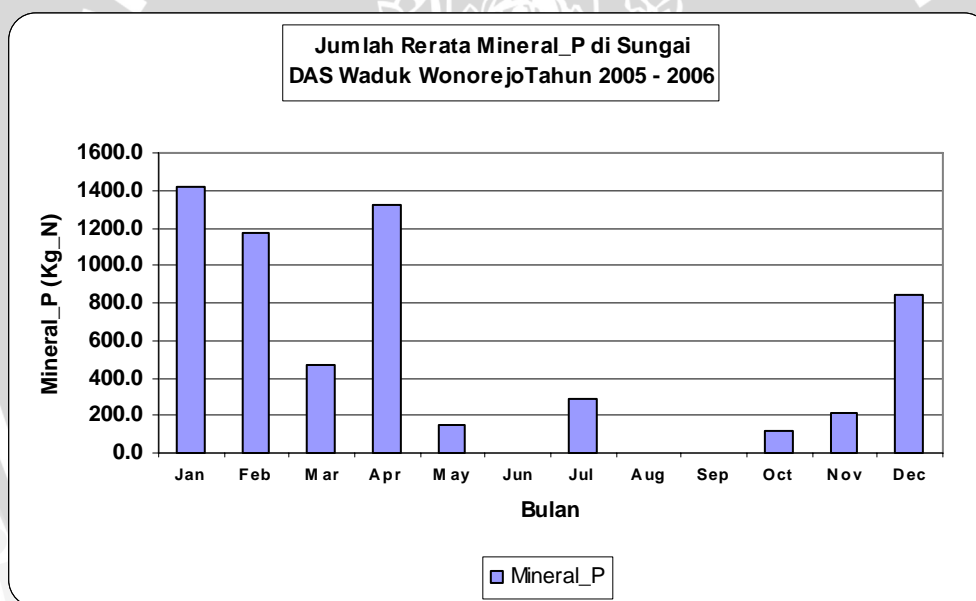
Tabel 4.48 Variabel yang Dibutuhkan SWAT untuk Menghitung Perubahan Konsentrasi Fosfor

Variable name	Definition	File Name
AI2	α_2 : Fraction of algal biomass that is phosphorus ($\text{mg P/mg alg biomass}$)	.wwq
RHOQ	$\rho_{a,20}$: Local algal respiration rate at 20°C (day^{-1})	.wwq
BC4	$\beta_{P,4,20}$: Local rate constant for organic phosphorus mineralization at 20°C (day^{-1})	.swq
RS5	$\sigma_{3,20}$: Local settling rate for organic phosphorus at 20°C (day^{-1})	.swq
RS2	$\sigma_{2,20}$: Benthos (sediment) source rate for soluble phosphorus at 20°C ($\text{mg P/m}^2\text{-day}$)	.swq

Tabel hasil pemodelan Organik P dan Mineral P Kg P untuk masing-masing sub DAS Waduk Wonorejo sebagai berikut :



Gambar 4.65 Jumlah Rerata Kandungan Organik P di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006



Gambar 4.66 Jumlah Rerata Kandungan Mineral P di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006

Carbonaceous Biological Oxygen Demand (CBOD)

Carbonaceous oxygen demand (CBOD) dari air adalah besarnya oksigen yang dibutuhkan untuk menyusun ulang material organik dalam air. CBOD ditambahkan di sungai bersama dengan pemuatan dari limpasan permukaan atau ujung sumber. Di dalam sungai, dua proses dimodelkan yang mempengaruhi level CBOD, yang keduanya berfungsi untuk mengurangi carbonaceous oxygen demand ketika air bergerak menuju downstream. Pada SWAT untuk menghitung muatan akhir CBOD dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$cbod_{surq} = \frac{2,7.orgC_{surq}}{Q_{surf}.area_{hru}} \quad (2.43)$$

Dimana:

$Cbod_{surq}$ = konsentrasi cbod di limpasan permukaan (mg cbod/L)

Q_{surf} = Debit aliran limpasan permukaan pada hari ditentukan (mm H₂O)

$orgC_{surq}$ = kandungan carbon organik di limpasan permukaan (kg . orgC)

$Area_{hru}$ = Area unit respon hidrologi/daerah tangkapan (km²)

Jumlah kandungan carbon organik ditentukan oleh rumus sebagai berikut :

$$orgC_{surq} = 1000 \frac{orgC_{surf}}{1000} . sed . \epsilon_{c:sed} \quad (2.44)$$

Dimana :

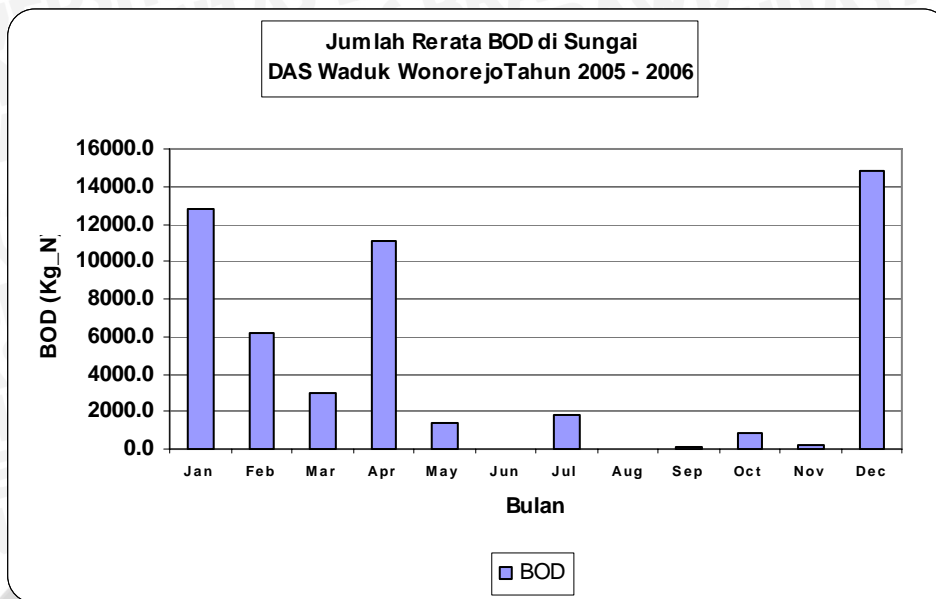
$orgC_{surq}$ = kandungan carbon organik di limpasan permukaan (kg . orgC)

$orgC_{surf}$ = persen carbon organik yang berada 10 mm diatas permukaan tanah (%)

sed = jumlah muatan sedimen (tons)

$\epsilon_{c:sed}$ = rasio konsentrasi carbon

Tabel hasil pemodelan CBOD (Kg N) untuk masing-masing sub DAS Waduk Wonorejo sebagai berikut :



Gambar 4.67 Jumlah Rerata Kandungan CBOD di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006

Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah DO adalah banyaknya kandungan oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter. Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotoran limbah yang ada. Hujan diasumsikan memiliki kandungan oksigen. Untuk mengetahui kandungan oksigen yang pada limpasan permukaan digunakan rumus sebagai berikut :

$$ox_{surf} = ox_{sat} - k1.cbod_{surq} \cdot \frac{t_{ov}}{24} \tag{2.45}$$

Dimana:

OXsurf = konsentrasi oksigen terlarut pada limpasan permukaan (mg. O₂ / L)

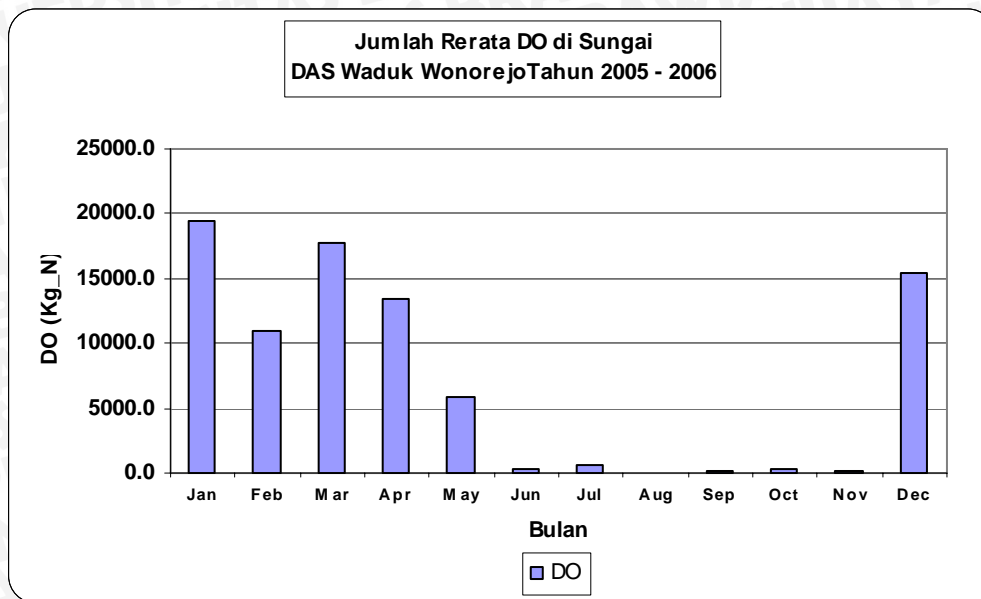
Oxsat = konsentrasi oksigen terlarut (mg. O₂ / L)

k1 = rasio CBOD (hari⁻¹)

Pada SWAT diasumsikan nilai k1 = 1,047 hari⁻¹

Cbod_{surq} = konsentrasi cbod di limpasan permukaan (mg cbod/L)

t_{ov} = waktu konsentrasi (hr)



Gambar 4.68 Jumlah Rerata Kandungan DO di Sungai DAS Waduk Wonorejo Tahun 2005-2006

4.5.2.6 Fase di Waduk

4.5.2.6.1 Kandungan Polutan Waduk Selorejo Akibat Akumulasi Inflow Jaringan Sungainya

a. Nutrients In Water Bodies

SWAT menggunakan suatu model empiris sederhana untuk memprediksi status tropis dari badan air. Untuk studi yang membutuhkan model detail dari kualitas air danau, SWAT telah dihubungkan untuk mendistribusikan model kualitas air danau seperti WASP.

SWAT menentukan empat tipe badan air yang berbeda: kolam, daerah basah, Badan Air dan pothole. Proses nutrisi yang dimodelkan di dalam kolam, daerah basah, dan Badan Air adalah serupa. Proses nutrisi belum dapat dimodelkan di dalam potholes.

Ketika menghitung transformasi nutrisi di dalam badan air, SWAT mengasumsikan sistem sebagai sistem campuran. Dalam suatu sistem campuran, ketika sedimen memasuki badan air maka akan secara langsung terdistribusi di seluruh volume. Asumsi dari suatu sistem campuran kompleks tersebut mengabaikan stratifikasi danau dan intensifikasi dari phytoplankton di dalam epilimnion.

Jumlah nitrogen dan fosfor mula-mula dalam badan air dalam satu hari dihitung dengan menjumlahkan massa nutrisi yang masuk ke dalam badan air pada hari tersebut dengan massa nutrisi yang sudah ada di dalam badan air.

$$M_{\text{initial}} = M_{\text{stored}} + M_{\text{flowin}}$$

dengan :

M_{initial} = Massa nutrien mula-mula dalam badan air pada satu hari (kg),

M_{stored} = Massa nutrien dalam badan air pada akhir hari sebelumnya (kg),

M_{flowin} = Massa nutrien yang ditambahkan dalam badan air pada hari tersebut (kg).

Dengan cara yang sama, volume air mula-mula dalam badan air dihitung dengan menjumlahkan volume air yang masuk ke dalam badan air pada hari tersebut dengan volume yang telah ada di dalam badan air sebelumnya.

$$V_{\text{initial}} = V_{\text{stored}} + V_{\text{flowin}}$$

dengan :

V_{initial} = Volume air mula-mula dalam badan air pada satu hari ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}$),

V_{stored} = Volume air dalam badan air pada akhir hari sebelumnya ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}$),

V_{flowin} = Volume air yang masuk ke dalam badan air pada hari tersebut ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}$).

Konsentrasi nurien mula-mula dalam badan air dihitung dengan membagi massa nutrien mula-mula dengan volume air mula-mula.

Transformasi nutrien yang disimulasikan pada kolam, daerah basah dan Badan Air dibatasi pada perpindahan nutrien karena pengendapan. Transformasi antara kolam nutrien (contohnya $\text{NO}_3 \Leftrightarrow \text{NO}_2 \Leftrightarrow \text{NH}_4$) dianggap diabaikan.

b. Keseimbangan Total

Dengan mengasumsikan bahwa volume air pada badan air adalah tetap sepanjang waktu, proses yang telah dijelaskan di atas (inflow, pengendapan, outflow) dapat dikombinasikan ke dalam persamaan massa seimbang berikut untuk badan air tercampur:

$$V \cdot \frac{dc}{dt} = W(t) - Q \cdot c - v \cdot c \cdot A_s$$

dengan :

V = Volume sistem ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}$),

c = Konsentrasi nutrien dalam sistem ($\text{kg}/\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}$),

dt = Panjang jangka waktu (1 day),

$W(t)$ = Jumlah nutrien yang masuk ke dalam badan air sepanjang hari (kg/day),

Q = Debit aliran air yang keluar dari badan air ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{day}$),

v = Kecepatan pengendapan nyata (m/day), dan A_s adalah luas area dari permukaan sedimen-air (m^2)

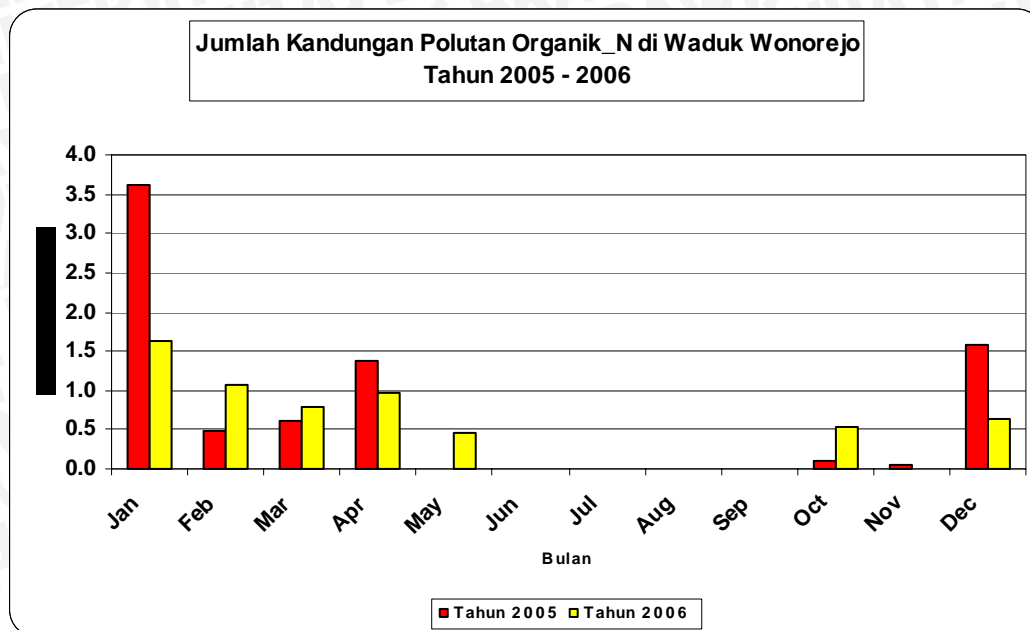
4.5.2.6.2 Analisa Hasil Simulasi Penyebaran Polutan di Waduk Wonorejo

Berikut adalah rekapitulasi hasil penyebaran polutan sesuai dengan kejadian proses seperti pada penyebaran polutan disungai, yang sudah dibahas diatas Sebagai pemodelan monitring besar penyebaran polutan di Waduk Selorejo, maka berikut di bawah ini di sajikan pola penyebarannya dalam simulasi pemodelan di Waduk tahunan mulai tahun 2005 – 2006 sebagai gambaran pola penyebaran per-tahunnya.

Tabel 4.53 Jumlah Kandungan Polutan Organik N di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Organik_N (Kg N)	Organik_N (mg/dt)	Organik_N (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	22800.000	8512.545	3.618
21	02-2005	3215.000	3739.000	1545.552	0.481
21	03-2005	3379.000	5617.000	2097.148	0.621
21	04-2005	4389.000	15740.000	6072.531	1.384
21	05-2005	175.700	0.011	0.004	0.000
21	06-2005	179.000	0.007	0.003	0.000
21	07-2005	452.000	1.027	0.383	0.001
21	08-2005	33.360	0.009	0.003	0.000
21	09-2005	13.000	0.000	0.000	0.000
21	10-2005	216.000	60.150	22.457	0.104
21	11-2005	280.000	33.340	12.863	0.046
21	12-2005	5672.000	24090.000	8994.176	1.586
21	01-2006	4579.000	20050.000	7485.812	1.635
21	02-2006	3578.000	9224.000	3812.831	1.066
21	03-2006	1590.000	3322.000	1240.293	0.780
21	04-2006	4957.000	12430.000	4795.525	0.967
21	05-2006	2249.000	2769.000	1033.826	0.460
21	06-2006	434.700	0.012	0.005	0.000
21	07-2006	38.030	0.008	0.003	0.000
21	08-2006	13.600	0.003	0.001	0.000
21	09-2006	4.840	0.000	0.000	0.000
21	10-2006	88.560	125.300	46.782	0.528
21	11-2006	65.900	0.002	0.001	0.000
21	12-2006	1781.000	3086.000	1152.180	0.647

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



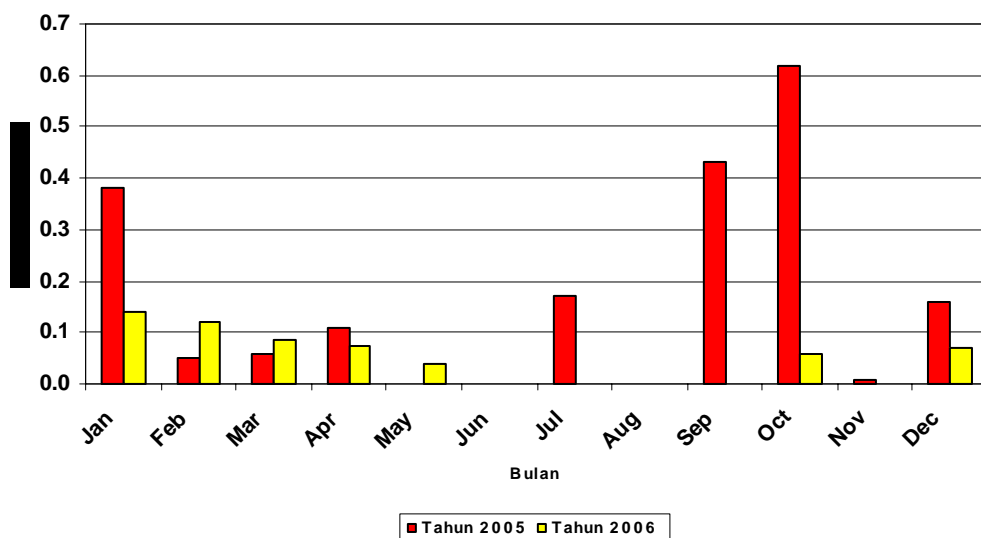
Gambar 4.69 Jumlah Kandungan Organik N di Waduk Selorejo Tahun 2005 – 2006

Tabel 4.54 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Organik_P (Kg P)	Organik_P (mg/dt)	Organik_P (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	2413.000	900.911	0.383
21	02-2005	3215.000	388.000	160.384	0.050
21	03-2005	3379.000	515.100	192.316	0.057
21	04-2005	4389.000	1254.000	483.796	0.110
21	05-2005	175.700	0.013	0.005	0.000
21	06-2005	179.000	0.006	0.002	0.000
21	07-2005	452.000	205.000	76.538	0.169
21	08-2005	33.360	0.010	0.004	0.000
21	09-2005	13.000	49.980	5.634	0.433
21	10-2005	216.000	358.200	133.737	0.619
21	11-2005	280.000	6.213	2.397	0.009
21	12-2005	5672.000	2439.000	910.618	0.161
21	01-2006	4579.000	1739.000	649.268	0.142
21	02-2006	3578.000	1052.000	434.854	0.122
21	03-2006	1590.000	366.700	136.910	0.086
21	04-2006	4957.000	933.300	360.069	0.073
21	05-2006	2249.000	245.500	91.659	0.041
21	06-2006	434.700	0.014	0.006	0.000
21	07-2006	38.030	0.010	0.004	0.000
21	08-2006	13.600	0.003	0.001	0.000
21	09-2006	4.840	0.000	0.000	0.000
21	10-2006	88.560	13.560	5.063	0.057
21	11-2006	65.900	0.002	0.001	0.000
21	12-2006	1781.000	325.300	121.453	0.068

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

**Jumlah Kandungan Polutan Organik_P di Waduk Wonorejo
Tahun 2005 - 2006**

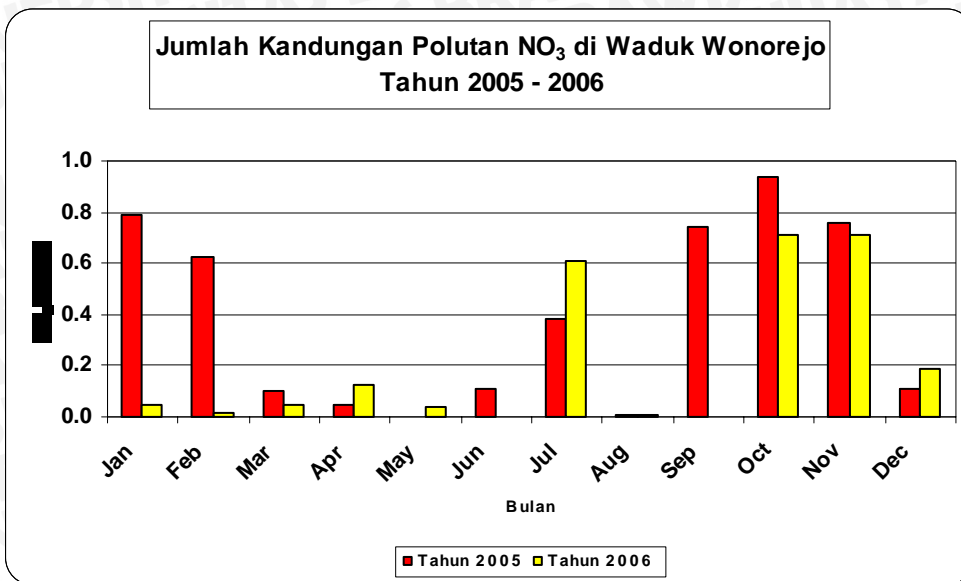


**Gambar 4.70 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo
Tahun 2005 – 2006**

**Tabel 4.55 Jumlah Kandungan Polutan NO₃ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 –
2006**

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO ₃ (Kg N)	NO ₃ (mg/dt)	NO ₃ (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	4977.000	1858.199	0.790
21	02-2005	3215.000	4879.000	2016.782	0.627
21	03-2005	3379.000	945.100	352.860	0.104
21	04-2005	4389.000	498.600	192.361	0.044
21	05-2005	175.700	0.191	0.071	0.000
21	06-2005	179.000	51.170	19.742	0.110
21	07-2005	452.000	467.100	174.395	0.386
21	08-2005	33.360	0.414	0.154	0.005
21	09-2005	13.000	25.100	9.684	0.745
21	10-2005	216.000	543.100	202.770	0.939
21	11-2005	280.000	548.265	211.522	0.755
21	12-2005	5672.000	1614.000	602.599	0.106
21	01-2006	4579.000	529.100	197.543	0.043
21	02-2006	3578.000	130.100	53.778	0.015
21	03-2006	1590.000	191.600	71.535	0.045
21	04-2006	4957.000	1576.000	608.025	0.123
21	05-2006	2249.000	238.000	88.859	0.040
21	06-2006	434.700	0.647	0.250	0.001
21	07-2006	38.030	62.320	23.268	0.612
21	08-2006	13.600	0.151	0.056	0.004
21	09-2006	4.840	0.000	0.000	0.000
21	10-2006	88.560	169.100	63.135	0.713
21	11-2006	65.900	121.800	46.991	0.713
21	12-2006	1781.000	878.500	327.994	0.184

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

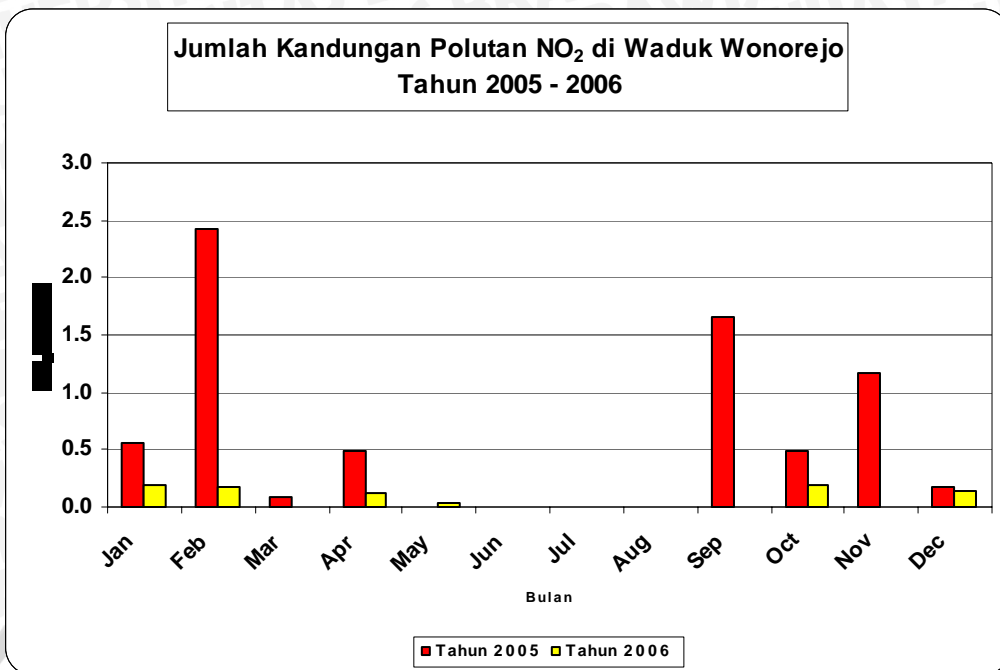


Gambar 4.71 Jumlah Kandungan Polutan NO³ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Tabel 4.56 Jumlah Kandungan Polutan NO₂ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO ₂ (Kg N)	NO ₂ (mg/dt)	NO ₂ (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	3489.000	1302.643	0.554
21	02-2005	3215.000	18890.000	7808.366	2.429
21	03-2005	3379.000	751.900	280.727	0.083
21	04-2005	4389.000	5508.000	2125.000	0.484
21	05-2005	175.700	0.220	0.082	0.000
21	06-2005	179.000	2.547	0.983	0.005
21	07-2005	452.000	10.215	3.814	0.008
21	08-2005	33.360	0.156	0.058	0.002
21	09-2005	13.000	55.600	21.451	1.650
21	10-2005	216.000	8946.000	105.363	0.488
21	11-2005	280.000	850.300	328.048	1.172
21	12-2005	5672.000	2740.000	1022.999	0.180
21	01-2006	4579.000	2352.000	878.136	0.192
21	02-2006	3578.000	1535.000	634.507	0.177
21	03-2006	1590.000	11.256	4.203	0.003
21	04-2006	4957.000	1654.000	638.117	0.129
21	05-2006	2249.000	158.400	59.140	0.026
21	06-2006	434.700	0.133	0.051	0.000
21	07-2006	38.030	0.070	0.026	0.001
21	08-2006	13.600	0.074	0.028	0.002
21	09-2006	4.840	0.038	0.015	0.003
21	10-2006	88.560	47.190	17.619	0.199
21	11-2006	65.900	0.020	0.008	0.000
21	12-2006	1781.000	662.200	247.237	0.139

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

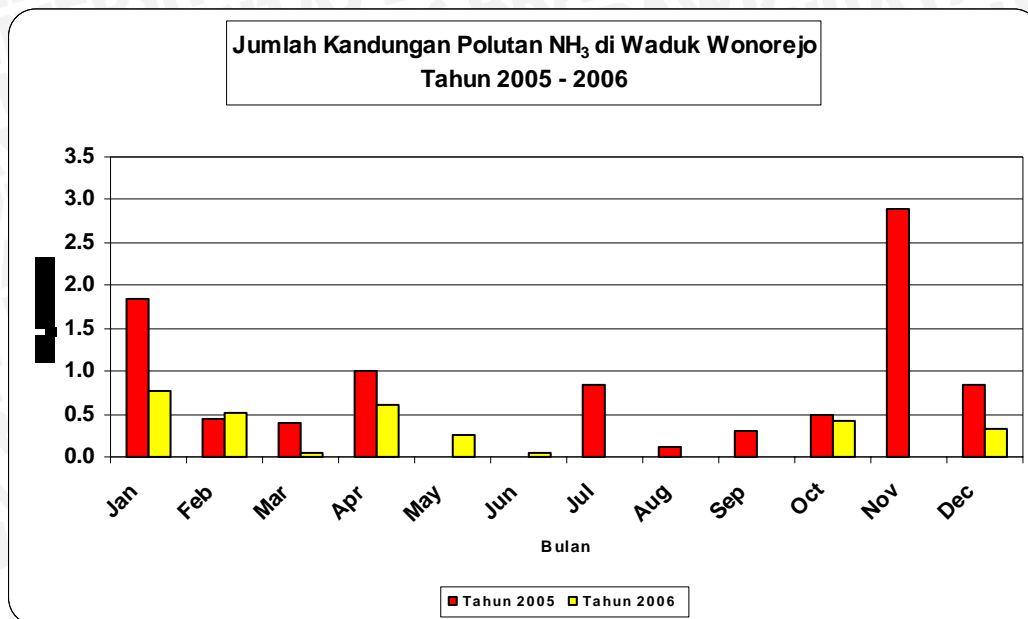


Gambar 4.72 Jumlah Kandungan Polutan NO² di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Tabel 4.57 Jumlah Kandungan Polutan NH₃ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NH ₃ (Kg N)	NH ₃ (mg/dt)	NH ₃ (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	11650.000	4349.612	1.849
21	02-2005	3215.000	3385.000	1399.223	0.435
21	03-2005	3379.000	3543.000	1322.805	0.391
21	04-2005	4389.000	11480.000	4429.012	1.009
21	05-2005	175.700	0.414	0.155	0.001
21	06-2005	179.000	0.517	0.199	0.001
21	07-2005	452.000	1026.560	383.274	0.848
21	08-2005	33.360	10.863	4.056	0.122
21	09-2005	13.000	9.867	3.807	0.293
21	10-2005	216.000	1909.000	105.363	0.488
21	11-2005	280.000	2104.000	811.728	2.899
21	12-2005	5672.000	12820.000	4786.440	0.844
21	01-2006	4579.000	9307.000	3474.836	0.759
21	02-2006	3578.000	4470.000	1847.718	0.516
21	03-2006	1590.000	150.264	56.102	0.035
21	04-2006	4957.000	7800.000	3009.259	0.607
21	05-2006	2249.000	1513.000	564.889	0.251
21	06-2006	434.700	58.547	22.588	0.052
21	07-2006	38.030	0.121	0.045	0.001
21	08-2006	13.600	0.097	0.036	0.003
21	09-2006	4.840	0.034	0.013	0.003
21	10-2006	88.560	96.990	36.212	0.409
21	11-2006	65.900	0.478	0.184	0.003
21	12-2006	1781.000	1596.000	595.878	0.335

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

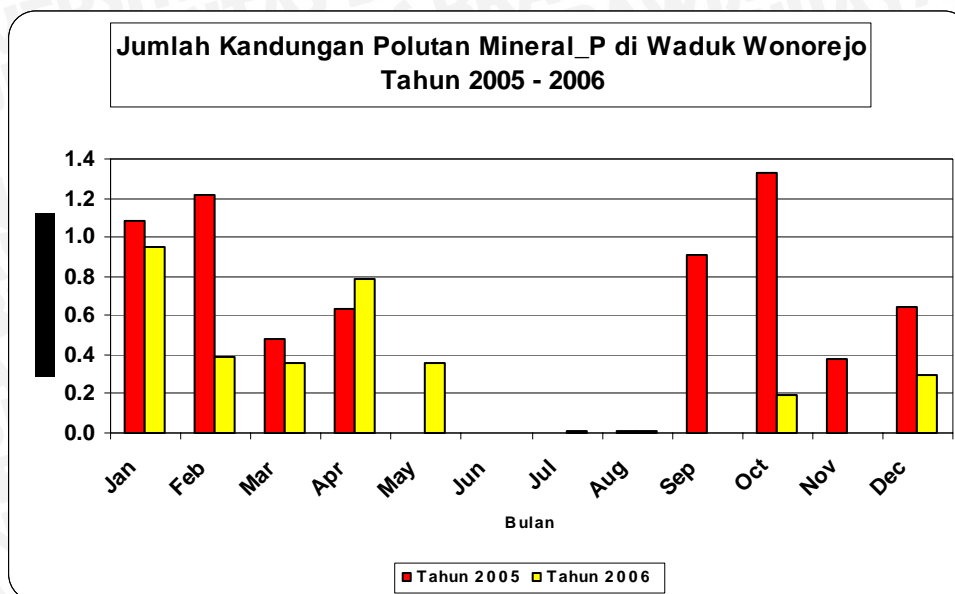


Gambar 4.73 Jumlah Kandungan Polutan NH₃ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Tabel 4.58 Jumlah Kandungan Mineral P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Mineral_P (Kg P)	Mineral_P (mg/dt)	Mineral_P (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	6812.000	2543.309	1.081
21	02-2005	3215.000	9424.000	3895.503	1.212
21	03-2005	3379.000	4340.000	1620.370	0.480
21	04-2005	4389.000	7150.000	2758.488	0.629
21	05-2005	175.700	0.442	0.165	0.001
21	06-2005	179.000	0.939	0.362	0.002
21	07-2005	452.000	0.987	0.368	0.001
21	08-2005	33.360	0.564	0.211	0.006
21	09-2005	13.000	30.567	11.793	0.907
21	10-2005	216.000	770.000	287.485	1.331
21	11-2005	280.000	2470.000	106.250	0.379
21	12-2005	5672.000	9718.000	3628.286	0.640
21	01-2006	4579.000	11700.000	4368.280	0.954
21	02-2006	3578.000	3405.000	1407.490	0.393
21	03-2006	1590.000	1512.000	564.516	0.355
21	04-2006	4957.000	10060.000	3881.173	0.783
21	05-2006	2249.000	2150.000	802.718	0.357
21	06-2006	434.700	0.416	0.161	0.000
21	07-2006	38.030	1.235	0.461	0.012
21	08-2006	13.600	0.242	0.090	0.007
21	09-2006	4.840	0.000	0.000	0.000
21	10-2006	88.560	44.990	16.797	0.190
21	11-2006	65.900	0.028	0.011	0.000
21	12-2006	1781.000	1436.000	536.141	0.301

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.74 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

4.5.3 Simulasi Tahun 1 Januari 2006 – 31 Desember 2008

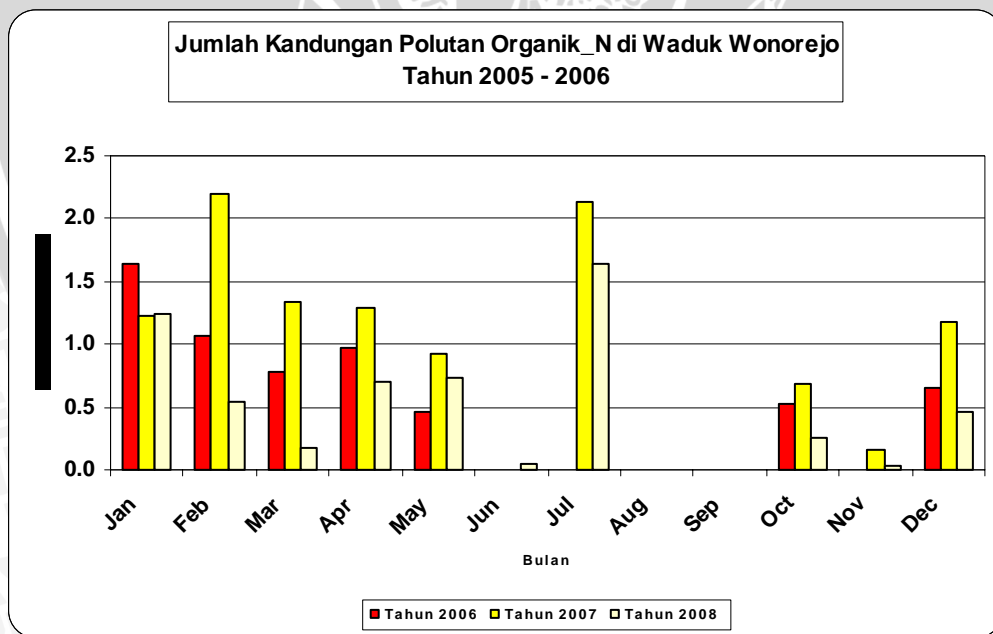
Berdasarkan simulasi yang dilakukan yaitu simulasi pemodelan AVSWAT 2000 periode 1 Januari 2005 – 31 Desember 2006, didalam penelitian ini juga melakukan proses simulasi pemodelan AVSWAT 2000 periode waktu simulasi 1 Januari 2006 – 31 Desember 2008 dengan tidak merubah kondisi tataguna lahan dan juga menggunakan beberapa parameter-parameter yang sama didalam proses simulasi pemodelan AVSWAT 2000 periode 1 Januari 2005 – 31 Desember 2006. Perkiraan hasil kualitas air (Nitrogen dan Phospor) pemodelan untuk simulasi 1 Januari 2006 – 1 Januari 2008 dapat ditampilkan sebagai berikut :

Tabel 4.59 Jumlah Kandungan Polutan Organik N di Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Organik_N (Kg N)	Organik_N (mg/dt)	Organik_N (mg/l)
21	01-2006	4579.000	20050.000	7485.812	1.635
21	02-2006	3578.000	9224.000	3812.831	1.066
21	03-2006	1590.000	3322.000	1240.293	0.780
21	04-2006	4957.000	12430.000	4795.525	0.967
21	05-2006	2249.000	2769.000	1033.826	0.460
21	06-2006	434.700	0.012	0.005	0.000
21	07-2006	38.030	0.008	0.003	0.000
21	08-2006	13.600	0.003	0.001	0.000
21	09-2006	4.840	0.000	0.000	0.000
21	10-2006	88.560	125.300	46.782	0.528
21	11-2006	65.900	0.002	0.001	0.000
21	12-2006	1781.000	3086.000	1152.180	0.647

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Organik_N (Kg N)	Organik_N (mg/dt)	Organik_N (mg/lt)
21	01-2007	2894.000	9500.000	3546.894	1.226
21	02-2007	2902.000	15470.000	6394.676	2.204
21	03-2007	3305.000	11780.000	4398.148	1.331
21	04-2007	2763.000	9193.000	3546.682	1.284
21	05-2007	1507.000	3706.000	1383.662	0.918
21	06-2007	72.190	0.012	0.005	0.000
21	07-2007	244.800	1402.000	523.447	2.138
21	08-2007	63.890	0.001	0.001	0.000
21	09-2007	3.510	0.000	0.000	0.000
21	10-2007	562.600	1041.000	388.665	0.691
21	11-2007	3159.000	1281.000	494.213	0.156
21	12-2007	7536.000	23650.000	8829.898	1.172
21	01-2008	6945.000	23050.000	8605.884	1.239
21	02-2008	3161.000	4083.000	1687.748	0.534
21	03-2008	1491.000	704.400	262.993	0.176
21	04-2008	947.400	1714.000	661.265	0.698
21	05-2008	1189.000	2329.000	869.549	0.731
21	06-2008	172.700	20.190	7.789	0.045
21	07-2008	419.300	1843.000	688.097	1.641
21	08-2008	6.650	0.002	0.001	0.000
21	09-2008	0.240	0.000	0.000	0.000
21	10-2008	816.400	542.200	202.434	0.248
21	11-2008	1655.000	117.200	45.216	0.027
21	12-2008	4795.000	5997.000	2239.023	0.467

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



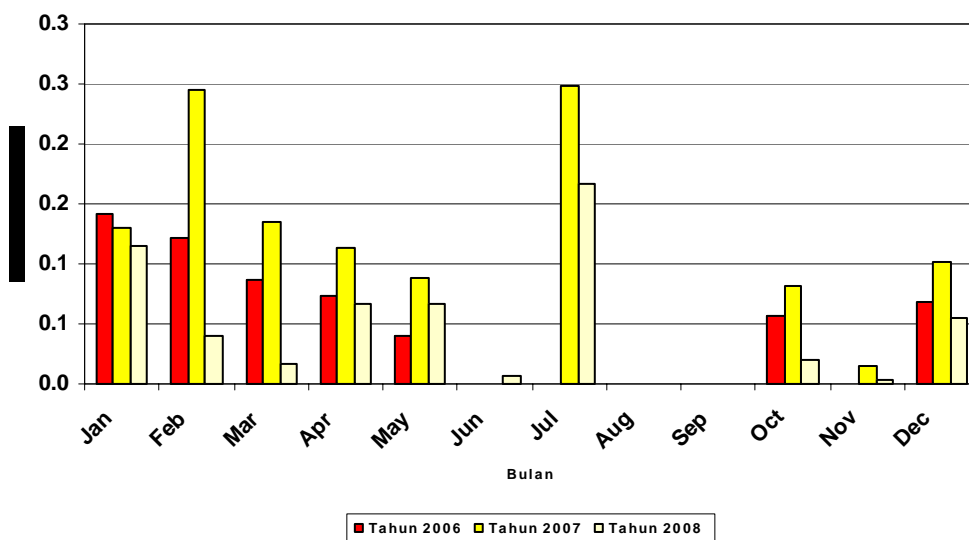
Gambar 4.75 Jumlah Kandungan Organik N di Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

Tabel 4.60 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Organik_P (Kg P)	Organik_P (mg/dt)	Organik_P (mg/lt)
21	01-2006	4579.000	1739.000	649.268	0.142
21	02-2006	3578.000	1052.000	434.854	0.122
21	03-2006	1590.000	366.700	136.910	0.086
21	04-2006	4957.000	933.300	360.069	0.073
21	05-2006	2249.000	245.500	91.659	0.041
21	06-2006	434.700	0.014	0.006	0.000
21	07-2006	38.030	0.010	0.004	0.000
21	08-2006	13.600	0.003	0.001	0.000
21	09-2006	4.840	0.000	0.000	0.000
21	10-2006	88.560	13.560	5.063	0.057
21	11-2006	65.900	0.002	0.001	0.000
21	12-2006	1781.000	325.300	121.453	0.068
21	01-2007	2894.000	1003.000	374.477	0.129
21	02-2007	2902.000	1721.000	711.392	0.245
21	03-2007	3305.000	1199.000	447.655	0.135
21	04-2007	2763.000	814.200	314.120	0.114
21	05-2007	1507.000	357.100	133.326	0.088
21	06-2007	72.190	0.014	0.006	0.000
21	07-2007	244.800	162.700	60.745	0.248
21	08-2007	63.890	0.002	0.001	0.000
21	09-2007	3.510	0.000	0.000	0.000
21	10-2007	562.600	123.100	45.960	0.082
21	11-2007	3159.000	126.600	48.843	0.015
21	12-2007	7536.000	2051.000	765.756	0.102
21	01-2008	6945.000	2142	799.731	0.115
21	02-2008	3161.000	306.4	126.653	0.040
21	03-2008	1491.000	68.51	25.579	0.017
21	04-2008	947.400	164.7	63.542	0.067
21	05-2008	1189.000	214.1	79.936	0.067
21	06-2008	172.700	3.119	1.203	0.007
21	07-2008	419.300	186.4	69.594	0.166
21	08-2008	6.650	0.00169	0.001	0.000
21	09-2008	0.240	0	0.000	0.000
21	10-2008	816.400	42.79	15.976	0.020
21	11-2008	1655.000	12.12	4.676	0.003
21	12-2008	4795.000	716.9	267.660	0.056

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

**Jumlah Kandungan Polutan Organik_P di Waduk Wonorejo
Tahun 2006 - 2008**



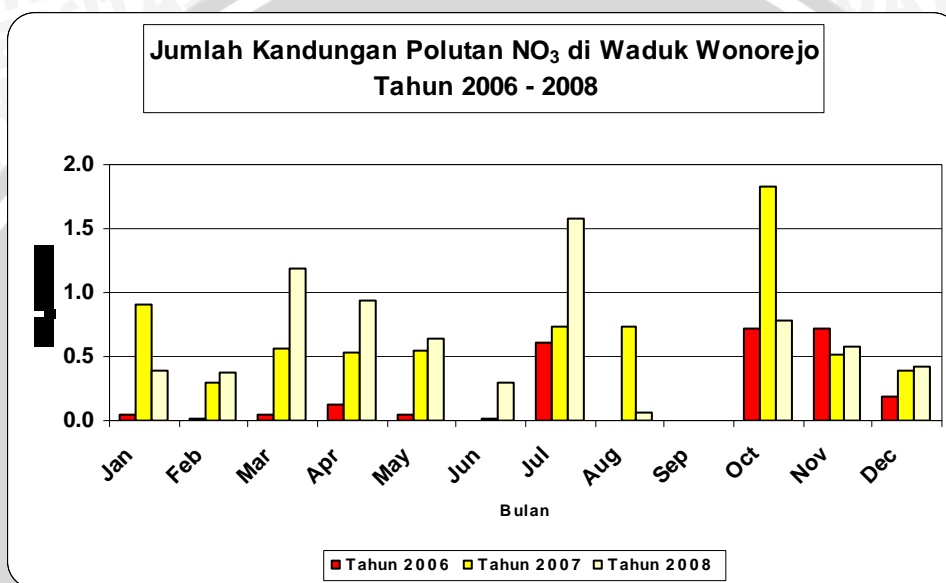
**Gambar 4.76 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo
Tahun 2006 – 2008**

**Tabel 4.61 Jumlah Kandungan Polutan NO₃ di Waduk Waduk Wonorejo Tahun
2006 – 2008**

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO ₃ (Kg N)	NO ₃ (mg/dt)	NO ₃ (mg/lt)
21	01-2006	4579.000	529.100	197.543	0.043
21	02-2006	3578.000	130.100	53.778	0.015
21	03-2006	1590.000	191.600	71.535	0.045
21	04-2006	4957.000	1576.000	608.025	0.123
21	05-2006	2249.000	238.000	88.859	0.040
21	06-2006	434.700	0.647	0.250	0.001
21	07-2006	38.030	62.320	23.268	0.612
21	08-2006	13.600	0.151	0.056	0.004
21	09-2006	4.840	0.000	0.000	0.000
21	10-2006	88.560	169.100	63.135	0.713
21	11-2006	65.900	121.800	46.991	0.713
21	12-2006	1781.000	878.500	327.994	0.184
21	01-2007	2894.000	7059.000	2635.529	0.911
21	02-2007	2902.000	2041.000	843.667	0.291
21	03-2007	3305.000	4952.000	1848.865	0.559
21	04-2007	2763.000	3752.000	1447.531	0.524
21	05-2007	1507.000	2209.000	824.746	0.547
21	06-2007	72.190	4.362	1.683	0.023
21	07-2007	244.800	486.250	181.545	0.742
21	08-2007	63.890	126.849	47.360	0.741
21	09-2007	3.510	0.000	0.000	0.000
21	10-2007	562.600	2747.000	1025.612	1.823
21	11-2007	3159.000	4183.000	1613.812	0.511
21	12-2007	7536.000	7881.000	2942.428	0.390
21	01-2008	6945.000	7273.000	2715.427	0.391

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO ₃ (Kg N)	NO ₃ (mg/dt)	NO ₃ (mg/lit)
21	02-2008	3161.000	2926.000	1209.491	0.383
21	03-2008	1491.000	4731.000	1766.353	1.185
21	04-2008	947.400	2296.000	885.802	0.935
21	05-2008	1189.000	2048.000	764.636	0.643
21	06-2008	172.700	134.100	51.736	0.300
21	07-2008	419.300	1776.000	663.082	1.581
21	08-2008	6.650	1.059	0.395	0.059
21	09-2008	0.240	0.000	0.000	0.000
21	10-2008	816.400	1710.000	638.441	0.782

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



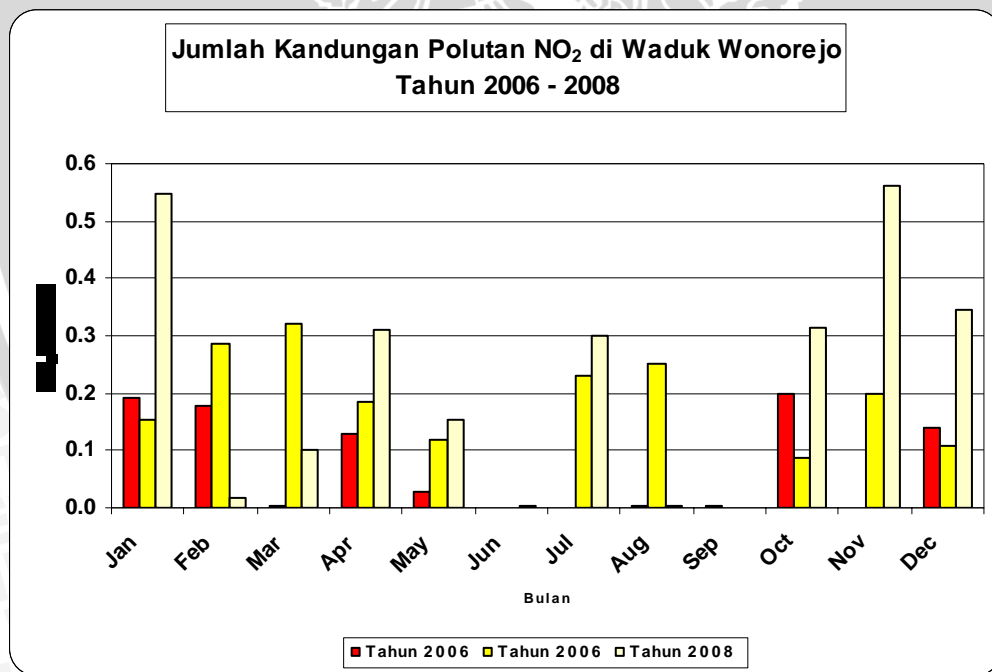
Gambar 4.77 Jumlah Kandungan Polutan NO³ di Waduk Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

Tabel 4.62 Jumlah Kandungan Polutan NO₂ di Waduk Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO ₂ (Kg N)	NO ₂ (mg/dt)	NO ₂ (mg/lit)
21	01-2006	4579.000	2352.000	878.136	0.192
21	02-2006	3578.000	1535.000	634.507	0.177
21	03-2006	1590.000	11.256	4.203	0.003
21	04-2006	4957.000	1654.000	638.117	0.129
21	05-2006	2249.000	158.400	59.140	0.026
21	06-2006	434.700	0.133	0.051	0.000
21	07-2006	38.030	0.070	0.026	0.001
21	08-2006	13.600	0.074	0.028	0.002
21	09-2006	4.840	0.038	0.015	0.003
21	10-2006	88.560	47.190	17.619	0.199
21	11-2006	65.900	0.020	0.008	0.000
21	12-2006	1781.000	662.200	247.237	0.139
21	01-2007	2894.000	1189.000	443.922	0.153
21	02-2007	2902.000	2005.000	828.786	0.286
21	03-2007	3305.000	2845.000	1062.201	0.321

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO2 (Kg N)	NO2 (mg/dt)	NO2 (mg/lt)
21	04-2007	2763.000	1317.000	508.102	0.184
21	05-2007	1507.000	479.700	179.099	0.119
21	06-2007	72.190	0.113	0.044	0.001
21	07-2007	244.800	150.000	56.004	0.229
21	08-2007	63.890	43.220	16.136	0.253
21	09-2007	3.510	0.000	0.000	0.000
21	10-2007	562.600	131.600	49.134	0.087
21	11-2007	3159.000	1627.000	627.701	0.199
21	12-2007	7536.000	2178.000	813.172	0.108
21	01-2008	6945.000	10200.000	3808.244	0.548
21	02-2008	3161.000	135.700	56.093	0.018
21	03-2008	1491.000	3994.000	149.589	0.100
21	04-2008	947.400	762.500	294.174	0.311
21	05-2008	1189.000	493.800	184.364	0.155
21	06-2008	172.700	0.943	0.364	0.002
21	07-2008	419.300	335.200	125.149	0.298
21	08-2008	6.650	0.037	0.014	0.002
21	09-2008	0.240	0.000	0.000	0.000
21	10-2008	816.400	690.200	257.691	0.316
21	11-2008	1655.000	2411.000	930.170	0.562
21	12-2008	4795.000	4433.000	1655.093	0.345

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

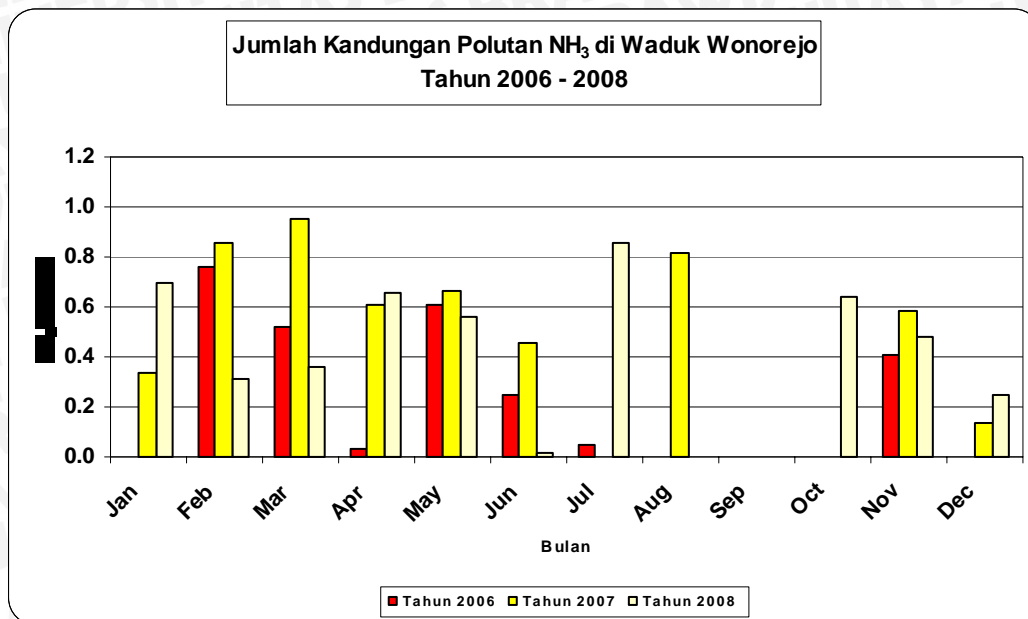


**Gambar 4.78 Jumlah Kandungan Polutan NO₂ di Waduk Waduk Wonorejo
Tahun 2006 – 2008**

Tabel 4.63 Jumlah Kandungan Polutan NH₃ di Waduk Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NH ₃ (Kg N)	NH ₃ (mg/dt)	NH ₃ (mg/lt)
21	01-2006	4579.000	9307.000	3474.836	0.759
21	02-2006	3578.000	4470.000	1847.718	0.516
21	03-2006	1590.000	150.264	56.102	0.035
21	04-2006	4957.000	7800.000	3009.259	0.607
21	05-2006	2249.000	1513.000	564.889	0.251
21	06-2006	434.700	58.547	22.588	0.052
21	07-2006	38.030	0.121	0.045	0.001
21	08-2006	13.600	0.097	0.036	0.003
21	09-2006	4.840	0.034	0.013	0.003
21	10-2006	88.560	96.990	36.212	0.409
21	11-2006	65.900	0.478	0.184	0.003
21	12-2006	1781.000	1596.000	595.878	0.335
21	01-2007	2894.000	6614.000	2469.385	0.853
21	02-2007	2902.000	6706.000	2771.991	0.955
21	03-2007	3305.000	5394.000	2013.889	0.609
21	04-2007	2763.000	4767.000	1839.120	0.666
21	05-2007	1507.000	1848.000	689.964	0.458
21	06-2007	72.190	0.259	0.100	0.001
21	07-2007	244.800	537.200	200.568	0.819
21	08-2007	63.890	0.673	0.251	0.004
21	09-2007	3.510	0.000	0.000	0.000
21	10-2007	562.600	878.100	327.845	0.583
21	11-2007	3159.000	1129.000	435.571	0.138
21	12-2007	7536.000	15450.000	5768.369	0.765
21	01-2008	6945.000	12920	4823.775	0.695
21	02-2008	3161.000	2356	973.876	0.308
21	03-2008	1491.000	1433	535.021	0.359
21	04-2008	947.400	1613	622.299	0.657
21	05-2008	1189.000	1791	668.683	0.562
21	06-2008	172.700	6.854	2.644	0.015
21	07-2008	419.300	959	358.050	0.854
21	08-2008	6.650	0.03721	0.014	0.002
21	09-2008	0.240	0	0.000	0.000
21	10-2008	816.400	1398	521.953	0.639
21	11-2008	1655.000	2062	795.525	0.481
21	12-2008	4795.000	3223	1203.330	0.251

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



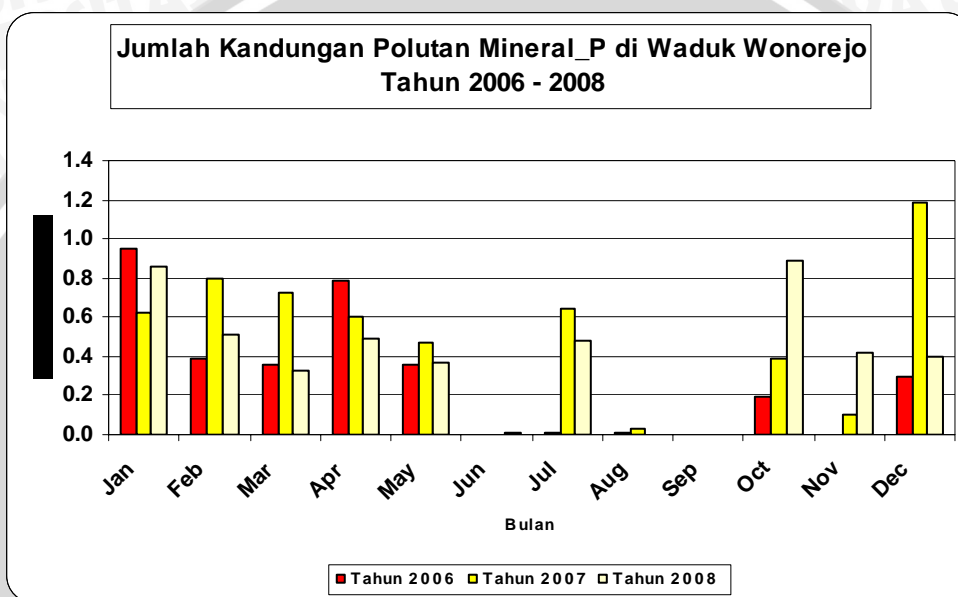
Gambar 4.79 Jumlah Kandungan Polutan NH₃ di Waduk Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

Tabel 4.64 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Mineral_P (Kg P)	Mineral_P (mg/dt)	Mineral_P (mg/lt)
21	01-2006	4579.000	11700.000	4368.280	0.954
21	02-2006	3578.000	3405.000	1407.490	0.393
21	03-2006	1590.000	1512.000	564.516	0.355
21	04-2006	4957.000	10060.000	3881.173	0.783
21	05-2006	2249.000	2150.000	802.718	0.357
21	06-2006	434.700	0.416	0.161	0.000
21	07-2006	38.030	1.235	0.461	0.012
21	08-2006	13.600	0.242	0.090	0.007
21	09-2006	4.840	0.000	0.000	0.000
21	10-2006	88.560	44.990	16.797	0.190
21	11-2006	65.900	0.028	0.011	0.000
21	12-2006	1781.000	1436.000	536.141	0.301
21	01-2007	2894.000	4803.000	1793.235	0.620
21	02-2007	2902.000	5609.000	2318.535	0.799
21	03-2007	3305.000	6420.000	2396.953	0.725
21	04-2007	2763.000	4345.000	1676.312	0.607
21	05-2007	1507.000	1905.000	711.246	0.472
21	06-2007	72.190	0.365	0.141	0.002
21	07-2007	244.800	419.600	156.661	0.640
21	08-2007	63.890	4.993	1.864	0.029
21	09-2007	3.510	0.000	0.000	0.000
21	10-2007	562.600	587.200	219.235	0.390
21	11-2007	3159.000	875.600	337.809	0.107
21	12-2007	7536.000	23920.000	8930.705	1.185
21	01-2008	6945.000	16030.000	5984.916	0.862
21	02-2008	3161.000	3911.000	1616.650	0.511
21	03-2008	1491.000	1321.000	493.205	0.331

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Mineral_P (Kg P)	Mineral_P (mg/dt)	Mineral_P (mg/lt)
21	04-2008	947.400	1201.000	463.349	0.489
21	05-2008	1189.000	1181.000	440.935	0.371
21	06-2008	172.700	2.343	0.904	0.005
21	07-2008	419.300	536.600	200.343	0.478
21	08-2008	6.650	0.081	0.030	0.005
21	09-2008	0.240	0.000	0.000	0.000
21	10-2008	816.400	1953.000	729.167	0.893
21	11-2008	1655.000	1793.000	691.744	0.418
21	12-2008	4795.000	5130.000	1915.323	0.399

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.80 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Waduk Wonorejo Tahun 2006 – 2008

4.5.4 Simulasi Tahun 1 Januari 2014 – 31 Desember 2014

Berdasarkan rumusan masalah yang ada pada bab I yaitu bagaimana tingkat pola penyebaran polutan Nitrogen (N) dan Phospor (P) untuk simulasi tahun 2010, di dalam studi ini proses simulasi tahun 1 Januari 2010 – 31 Desember 2010 penelitian ini melakukan proses adanya perubahan pada tataguna lahan yang ada pada simulasi 1 Januari 2005 – 31 Desember 2006. Dengan memprediksi besarnya polutan yang di akibatkan oleh perubahan tataguna lahan maka akan menggambarkan kecenderungan dan kondisi Waduk Selorejo pada tahun yang akan datang yaitu 2014. Pada simulasi ini prosentase isian tataguna lahan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.74 Prosentase Tataguna Lahan Tahun 2005 dan 2014

No	Tataguna Lahan	Tahun 2006		Tahun 2014		Selisih
		Luas (Km ²)	Prosentase (%)	Luas (Km ²)	Prosentase (%)	
1	Hutan	13.948	37.081	2.011	5.346	-31.735
2	Belukar	1.893	5.033	0.463	1.230	-3.803
3	Sawah Irigasi	1.918	18.310	12.823	34.090	15.780
4	Sawah Tadah Hujan	2.829	5.100	9.182	24.410	19.310
5	Kebun	6.887	7.521	4.839	12.866	5.345
6	Ladang	6.289	16.720	4.447	11.824	-4.896
7	Waduk	3.850	10.235	3.850	10.235	0.000
Total			100.000		100.000	

Sumber : Pengolahan Data AVSWAT 2000

Asumsi yang dilakukan diatas mengacu pada logika perkembangan lahan atau perubahan lahan seperti, hutan dapat berubah menjadi tegalan dan sawah, tegalan berubah menjadi sawah. Asumsi untuk tahun 2014 ini dominan ditekankan pada pengembangan areal persawahan. perubahan tataguna lahan tahun 2014 dapat dijelaskan pada **Gambar 4.81**.



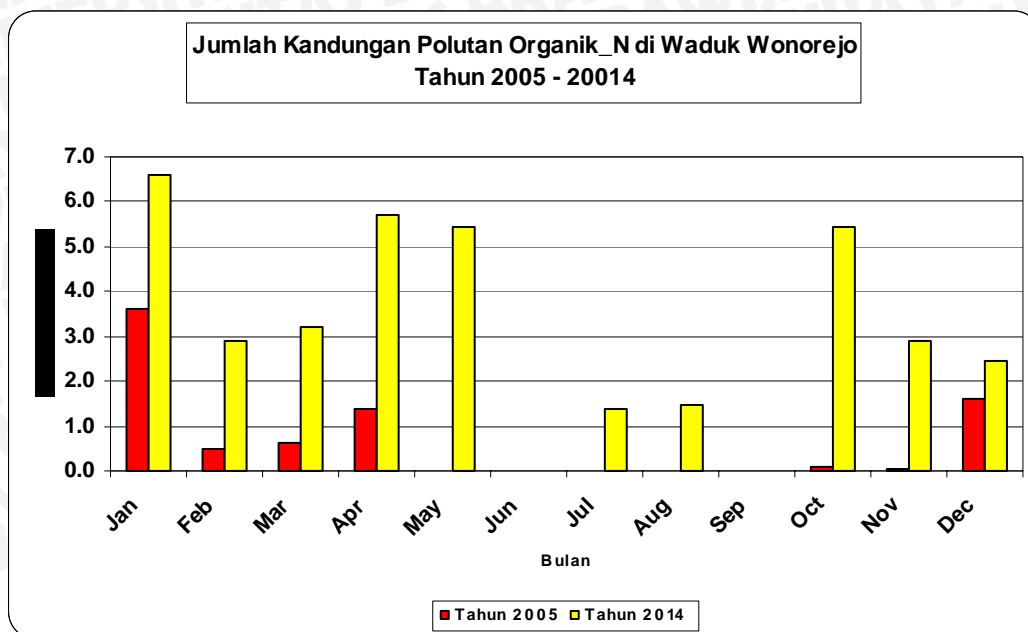
4.5.4.1 Analisa Hasil Simulasi AVSWAT 2000 pada Tahun 2014 setelah Perubahan Tataguna Lahan DAS Waduk Wonorejo

Berikut adalah rekapitulasi hasil penyebaran polutan sesuai dengan kejadian proses seperti pada penyebaran polutan di Lahan dan di sungai, yang sudah dibahas diatas Sebagai pemodelan monitoring besar penyebaran polutan di Waduk Wonorejo, maka berikut di bawah ini di sajikan pola penyebarannya dalam simulasi pemodelan tahun 2014 sebagai gambaran pola penyebaran polutan dengan perubahan tataguna lahan DAS Waduk Wonorejo.

Tabel 4.66 Jumlah Kandungan Polutan Organik N di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Organik_N (Kg N)	Organik_N (mg/dt)	Organik_N (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	22800.000	8512.545	3.618
21	02-2005	3215.000	3739.000	1545.552	0.481
21	03-2005	3379.000	5617.000	2097.148	0.621
21	04-2005	4389.000	15740.000	6072.531	1.384
21	05-2005	175.700	0.011	0.004	0.000
21	06-2005	179.000	0.007	0.003	0.000
21	07-2005	452.000	1.027	0.383	0.001
21	08-2005	33.360	0.009	0.003	0.000
21	09-2005	13.000	0.000	0.000	0.000
21	10-2005	216.000	60.150	22.457	0.104
21	11-2005	280.000	33.340	12.863	0.046
21	12-2005	5672.000	24090.000	8994.176	1.586
21	01-2014	3686.000	65120.000	24313.023	6.596
21	02-2014	2558.000	17870.000	7386.739	2.888
21	03-2014	3997.000	34300.000	12806.153	3.204
21	04-2014	3092.000	45770.000	17658.179	5.711
21	05-2014	2014.000	29350.000	10958.035	5.441
21	06-2014	53.070	0.006	0.002	0.000
21	07-2014	311.500	1169.000	436.455	1.401
21	08-2014	52.580	204.500	76.352	1.452
21	09-2014	0.050	0.000	0.000	0.000
21	10-2014	320.000	4655.000	1737.978	5.431
21	11-2014	1637.000	12330.000	4756.944	2.906
21	12-2014	5426.000	35650.000	13310.185	2.453

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

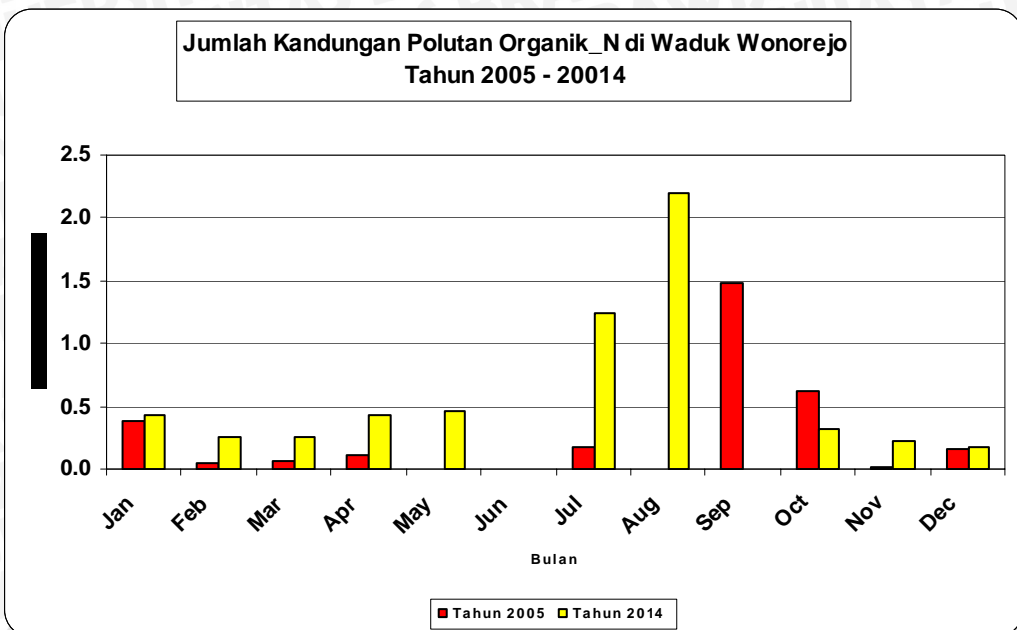


Gambar 4.82 Jumlah Kandungan Organik N di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Tabel 4.67 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Organik_P (Kg P)	Organik_P (mg/dt)	Organik_P (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	2413.000	900.911	0.383
21	02-2005	3215.000	388.000	160.384	0.050
21	03-2005	3379.000	515.100	192.316	0.057
21	04-2005	4389.000	1254.000	483.796	0.110
21	05-2005	175.700	0.013	0.005	0.000
21	06-2005	179.000	0.006	0.002	0.000
21	07-2005	452.000	205.000	76.538	0.169
21	08-2005	33.360	0.010	0.004	0.000
21	09-2005	13.000	49.980	19.282	1.483
21	10-2005	216.000	358.200	133.737	0.619
21	11-2005	280.000	6.213	2.397	0.009
21	12-2005	5672.000	2439.000	910.618	0.161
21	01-2014	3686.000	4214.000	1573.327	0.427
21	02-2014	2558.000	1581.000	653.522	0.255
21	03-2014	3997.000	2678.000	999.851	0.250
21	04-2014	3092.000	3486.000	1344.907	0.435
21	05-2014	2014.000	2461.000	918.832	0.456
21	06-2014	53.070	0.006	0.002	0.000
21	07-2014	311.500	1042.000	389.038	1.249
21	08-2014	52.580	309.100	115.405	2.195
21	09-2014	0.050	0.000	0.000	0.000
21	10-2014	320.000	275.000	102.673	0.321
21	11-2014	1637.000	953.800	367.978	0.225
21	12-2014	5426.000	2529.000	944.220	0.174

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

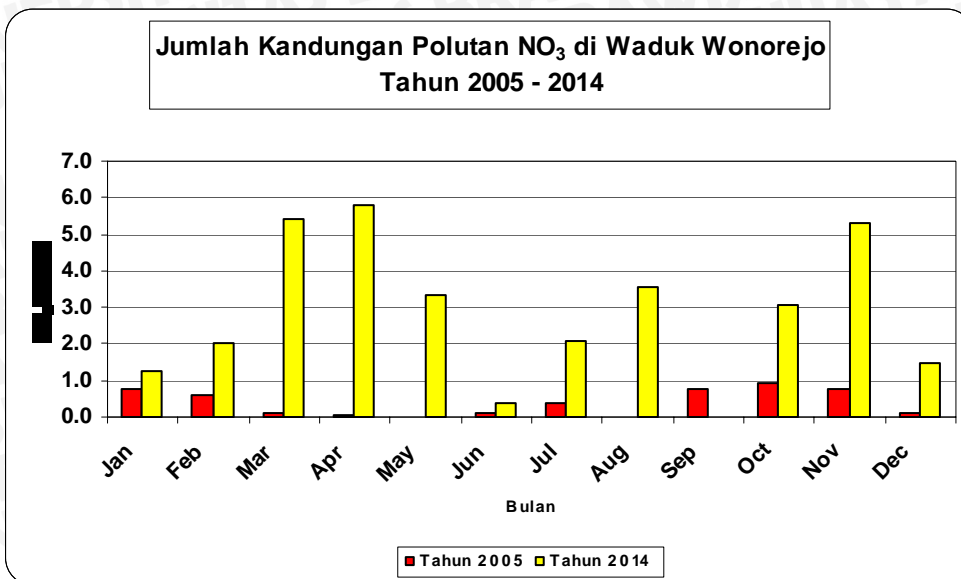


Gambar 4.83 Jumlah Kandungan Polutan Organik P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Tabel 4.68 Jumlah Kandungan Polutan NO³ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO ₃ (Kg N)	NO ₃ (mg/dt)	NO ₃ (mg/l)
21	01-2005	2353.000	4977.000	1858.199	0.790
21	02-2005	3215.000	4879.000	2016.782	0.627
21	03-2005	3379.000	945.100	352.860	0.104
21	04-2005	4389.000	498.600	192.361	0.044
21	05-2005	175.700	0.191	0.071	0.000
21	06-2005	179.000	51.170	19.742	0.110
21	07-2005	452.000	467.100	174.395	0.386
21	08-2005	33.360	0.414	0.154	0.005
21	09-2005	13.000	25.100	9.684	0.745
21	10-2005	216.000	543.100	202.770	0.939
21	11-2005	280.000	548.265	211.522	0.755
21	12-2005	5672.000	1614.000	602.599	0.106
21	01-2014	3686.000	12669.000	4730.063	1.283
21	02-2014	2558.000	12480.000	5158.730	2.017
21	03-2014	3997.000	58030.000	21665.920	5.421
21	04-2014	3092.000	46570.000	17966.821	5.811
21	05-2014	2014.000	18080.000	6750.299	3.352
21	06-2014	53.070	54.020	20.841	0.393
21	07-2014	311.500	1746.000	651.882	2.093
21	08-2014	52.580	500.300	186.791	3.553
21	09-2014	0.050	0.000	0.000	0.000
21	10-2014	320.000	2637.000	984.543	3.077
21	11-2014	1637.000	22610.000	8722.994	5.329
21	12-2014	5426.000	21140.000	7892.772	1.455

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

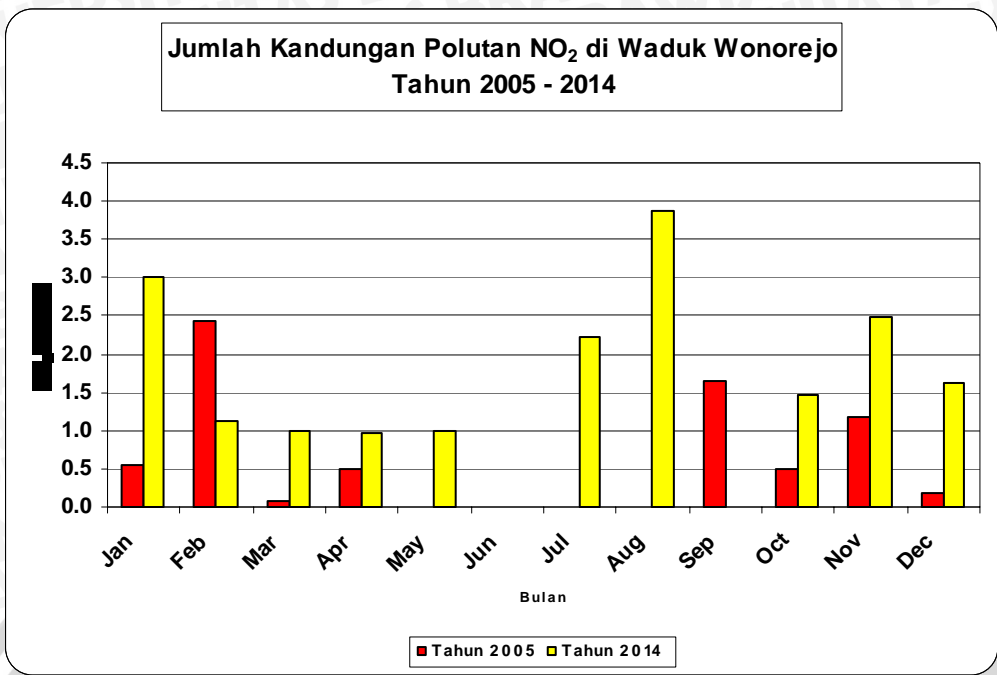


Gambar 4.84 Jumlah Kandungan Polutan NO³ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Tabel 4.69 Jumlah Kandungan Polutan NO₂ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO ₂ (Kg N)	NO ₂ (mg/dt)	NO ₂ (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	3489.000	1302.643	0.554
21	02-2005	3215.000	18890.000	7808.366	2.429
21	03-2005	3379.000	751.900	280.727	0.083
21	04-2005	4389.000	5508.000	2125.000	0.484
21	05-2005	175.700	0.220	0.082	0.000
21	06-2005	179.000	2.547	0.983	0.005
21	07-2005	452.000	10.215	3.814	0.008
21	08-2005	33.360	0.156	0.058	0.002
21	09-2005	13.000	55.600	21.451	1.650
21	10-2005	216.000	8946.000	105.363	0.488
21	11-2005	280.000	850.300	328.048	1.172
21	12-2005	5672.000	2740.000	1022.999	0.180
21	01-2014	3686.000	29760.000	11111.111	3.014
21	02-2014	2558.000	6987.000	2888.145	1.129
21	03-2014	3997.000	10720.000	4002.389	1.001
21	04-2014	3092.000	7782.000	3002.315	0.971
21	05-2014	2014.000	5340.000	1993.728	0.990
21	06-2014	53.070	1.638	0.632	0.012
21	07-2014	311.500	1850.000	690.711	2.217
21	08-2014	52.580	544.000	203.106	3.863
21	09-2014	0.050	0.000	0.000	0.000
21	10-2014	320.000	1266.000	472.670	1.477
21	11-2014	1637.000	10522.900	4059.761	2.480
21	12-2014	5426.000	23690.000	8844.833	1.630

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



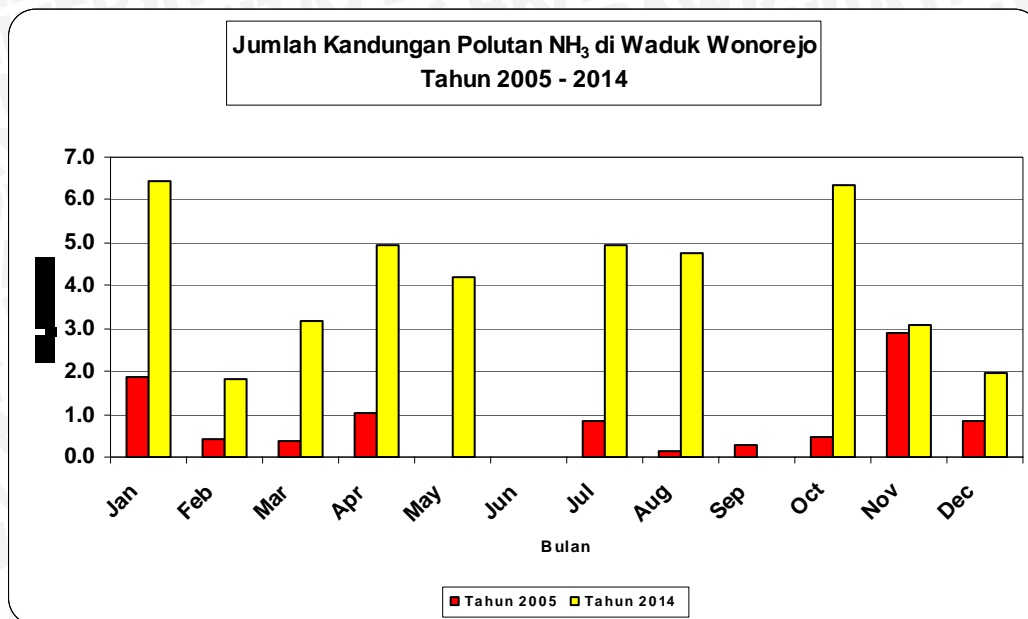
Gambar 4.85 Jumlah Kandungan Polutan NO₂ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Tabel 4.70 Jumlah Kandungan Polutan NH₃ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NH ₃ (Kg N)	NH ₃ (mg/dt)	NH ₃ (mg/l)
21	01-2005	2353.000	11650.000	4349.612	1.849
21	02-2005	3215.000	3385.000	1399.223	0.435
21	03-2005	3379.000	3543.000	1322.805	0.391
21	04-2005	4389.000	11480.000	4429.012	1.009
21	05-2005	175.700	0.414	0.155	0.001
21	06-2005	179.000	0.517	0.199	0.001
21	07-2005	452.000	1026.560	383.274	0.848
21	08-2005	33.360	10.863	4.056	0.122
21	09-2005	13.000	9.867	3.807	0.293
21	10-2005	216.000	1909.000	105.363	0.488
21	11-2005	280.000	2104.000	811.728	2.899
21	12-2005	5672.000	12820.000	4786.440	0.844
21	01-2014	3686.000	63440.000	23685.783	6.426
21	02-2014	2558.000	11390.000	4708.168	1.841
21	03-2014	3997.000	33970.000	12682.945	3.173
21	04-2014	3092.000	39480.000	15231.481	4.926
21	05-2014	2014.000	22540.000	8415.472	4.178
21	06-2014	53.070	0.290	0.112	0.002
21	07-2014	311.500	4128.000	1541.219	4.948
21	08-2014	52.580	669.000	249.776	4.750
21	09-2014	0.050	0.000	0.000	0.000
21	10-2014	320.000	5434.000	2028.823	6.340
21	11-2014	1637.000	13110.000	5057.870	3.090
21	12-2014	5426.000	28250.000	10547.342	1.944

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



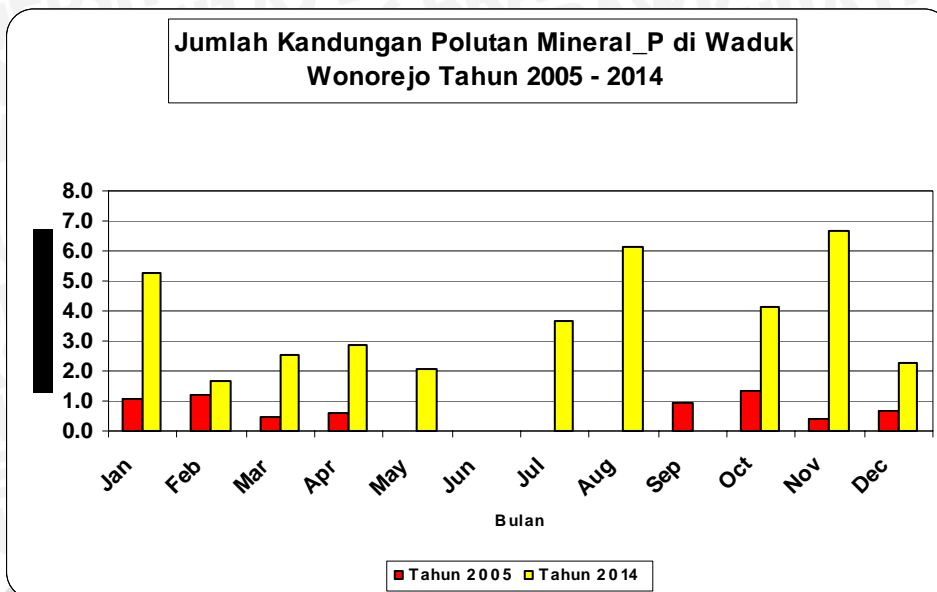


Gambar 4.86 Jumlah Kandungan Polutan NH₃ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

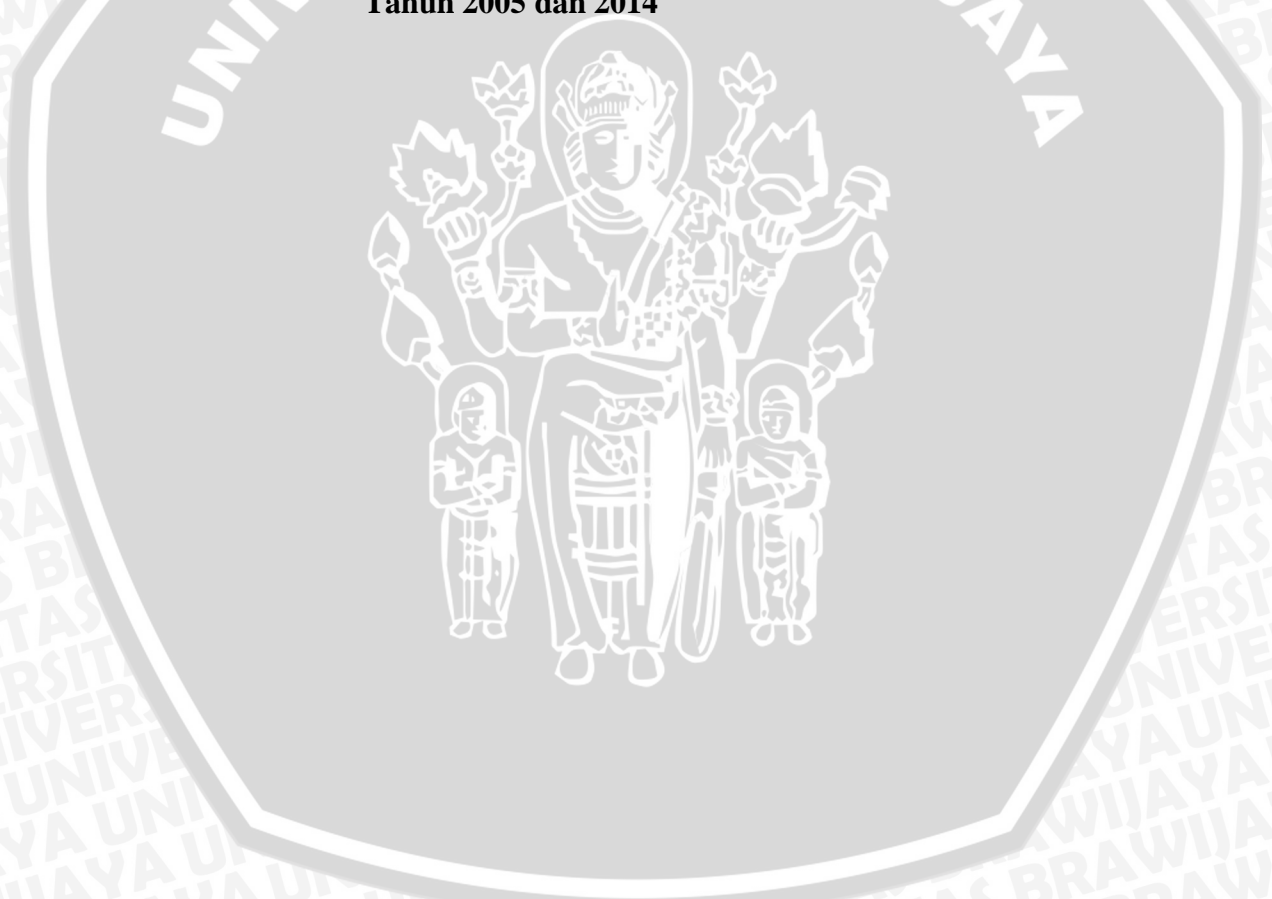
Tabel 4.71 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	Mineral_P (Kg P)	Mineral_P (mg/dt)	Mineral_P (mg/l)
21	01-2005	2353.000	6812.00	2543.309	1.081
21	02-2005	3215.000	9424.00	3895.503	1.212
21	03-2005	3379.000	4340.00	1620.370	0.480
21	04-2005	4389.000	7150.00	2758.488	0.629
21	05-2005	175.700	0.44	0.165	0.001
21	06-2005	179.000	0.94	0.362	0.002
21	07-2005	452.000	0.99	0.368	0.001
21	08-2005	33.360	0.56	0.211	0.006
21	09-2005	13.000	30.57	11.793	0.907
21	10-2005	216.000	770.00	287.485	1.331
21	11-2005	280.000	2470.00	106.250	0.379
21	12-2005	5672.000	9718.00	3628.286	0.640
21	01-2014	3686.000	51980.00	19407.109	5.265
21	02-2014	2558.000	10180.00	4208.003	1.645
21	03-2014	3997.000	26940.00	10058.244	2.516
21	04-2014	3092.000	22820.00	8804.012	2.847
21	05-2014	2014.000	11160.00	4166.667	2.069
21	06-2014	53.070	0.46	0.179	0.003
21	07-2014	311.500	3051.00	1139.113	3.657
21	08-2014	52.580	863.10	322.245	6.129
21	09-2014	0.050	0.00	0.000	0.000
21	10-2014	320.000	3540.00	1321.685	4.130
21	11-2014	1637.000	28400.00	10956.790	6.693
21	12-2014	5426.000	33360.00	12455.197	2.295

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000



Gambar 4.87 Jumlah Kandungan Mineral_P di Waduk Wonorejo Tahun 2005 dan 2014

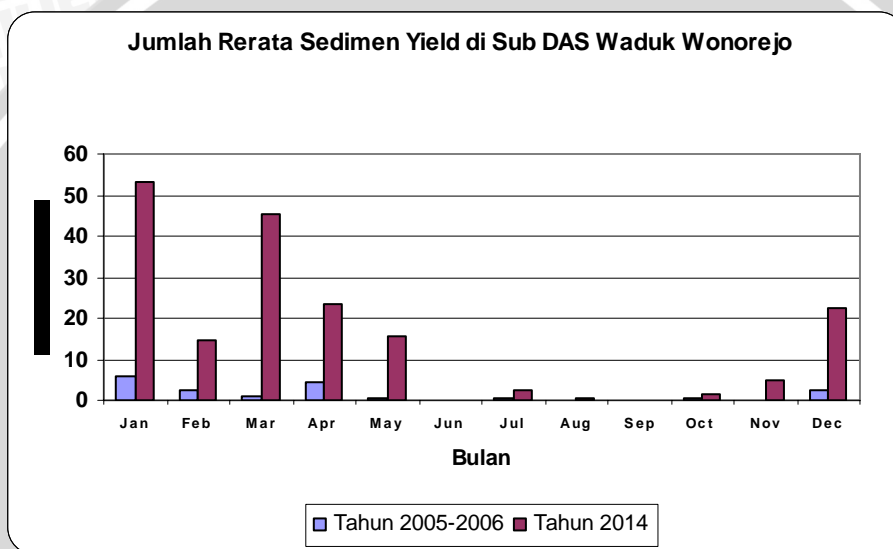




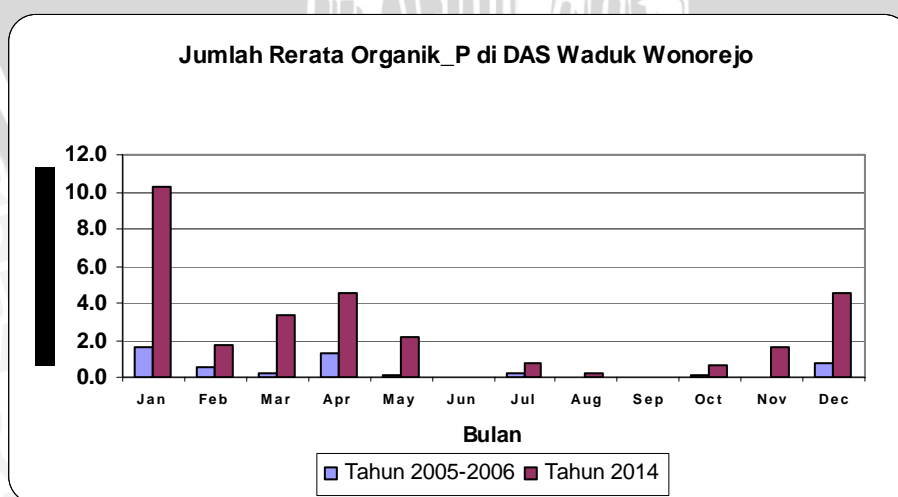
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kajian Sebaran Polutan Fase di Lahan DAS Waduk Wonorejo.

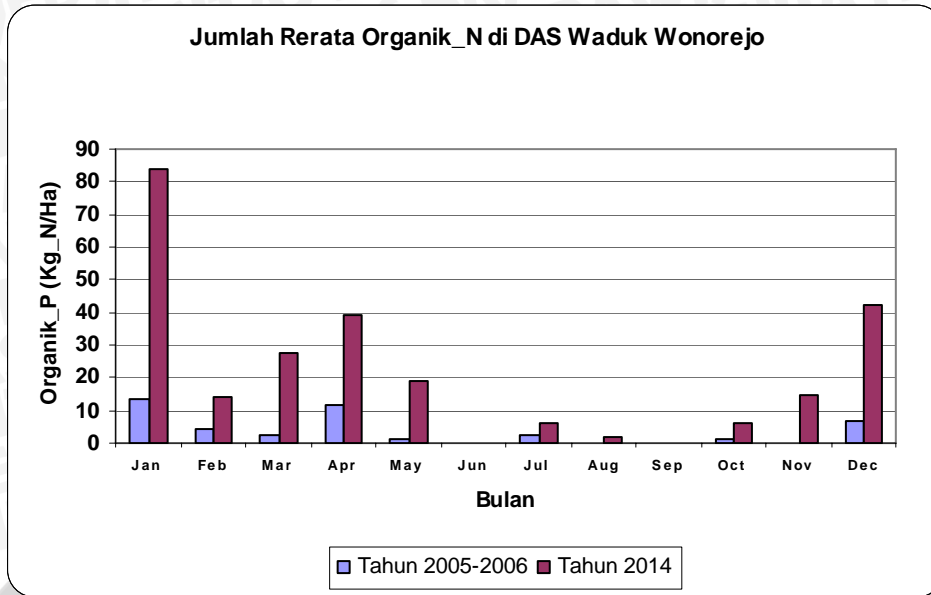
Berdasarkan analisa hasil di dalam Bab IV, bahwa simulasi pemodelan dilakukan dengan perubahan pada tataguna lahan untuk tahun 2014, di dalam perubahan tataguna lahan untuk tahun 2005-2006 terhadap perubahan tataguna lahan tahun 2014 terdapat perbedaan di masing-masing parameter Nitrogen dan Phospor. Perbandingan rerata hasil simulasi pemodelan untuk masing-masing parameter sebagai berikut :



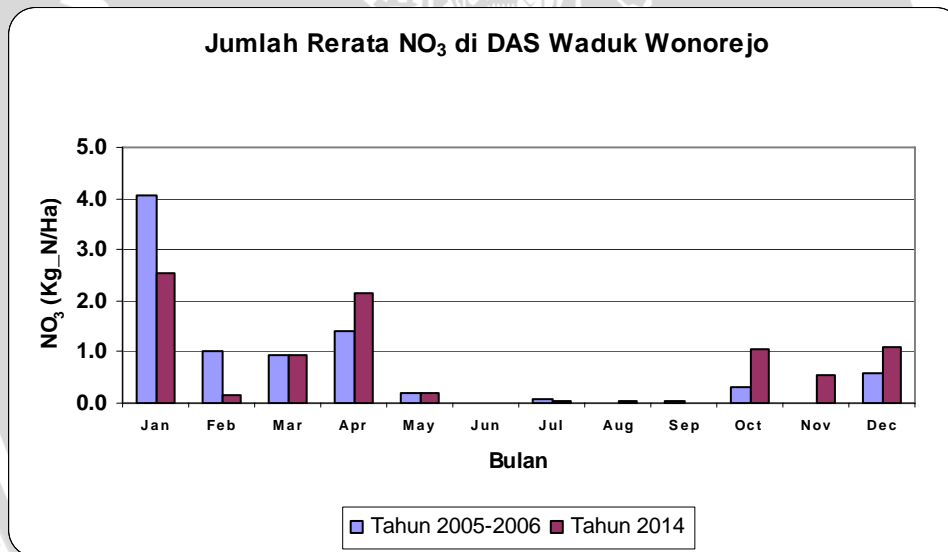
Gambar 5.1 Perbandingan Rerata Kandungan Sedimen Yield di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo



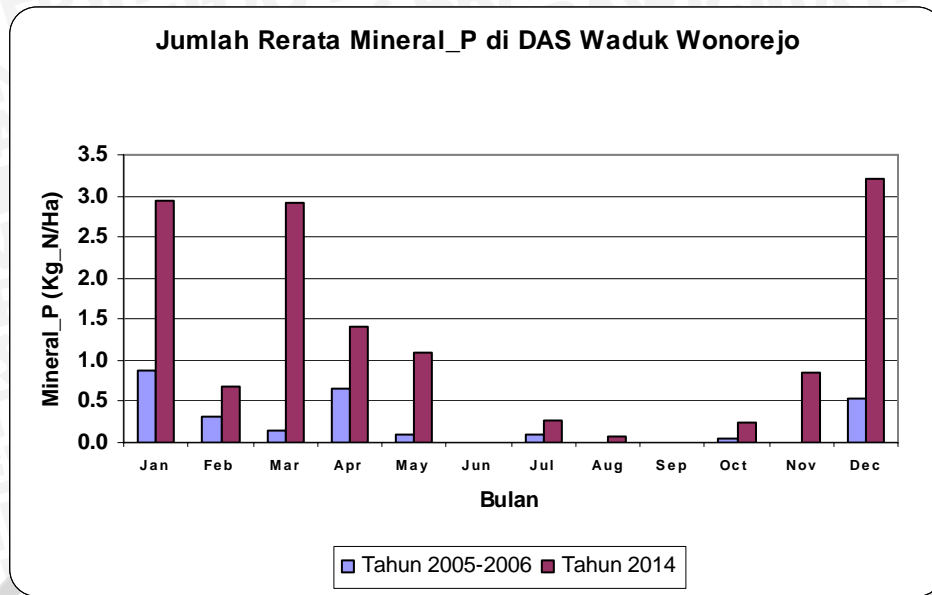
Gambar 5.2 Perbandingan Rerata Kandungan Organik_P di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo



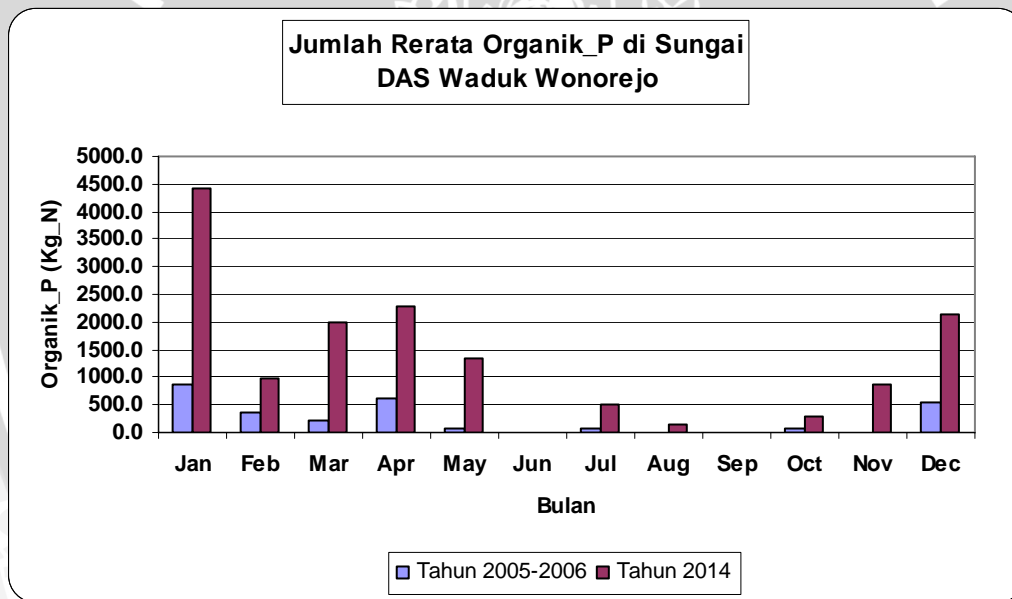
Gambar 5.3 Perbandingan Rerata Kandungan Organik_N di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo



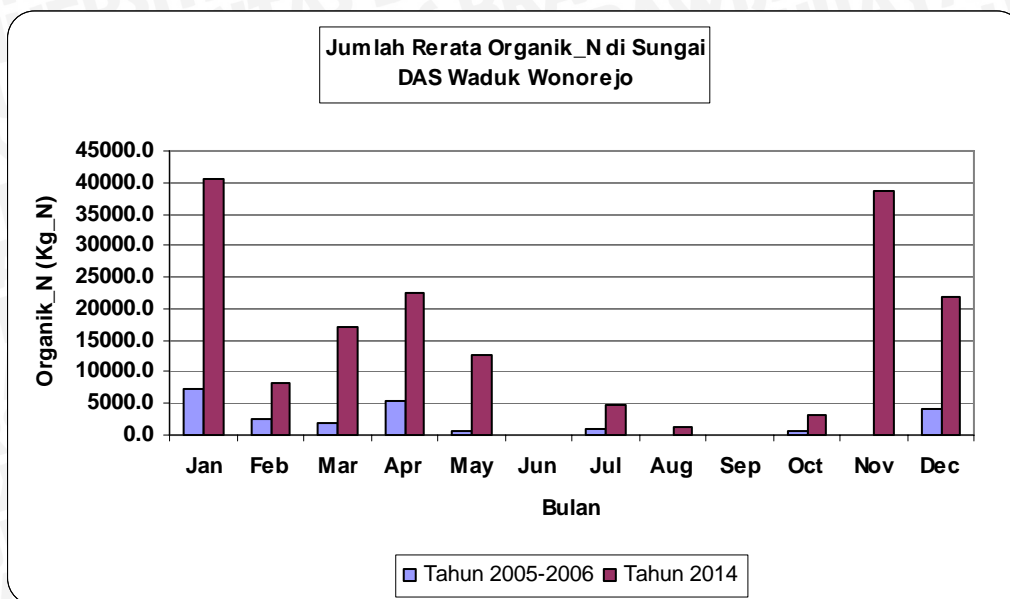
Gambar 5.4 Perbandingan Kandungan Nitrat (NO₃) di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo



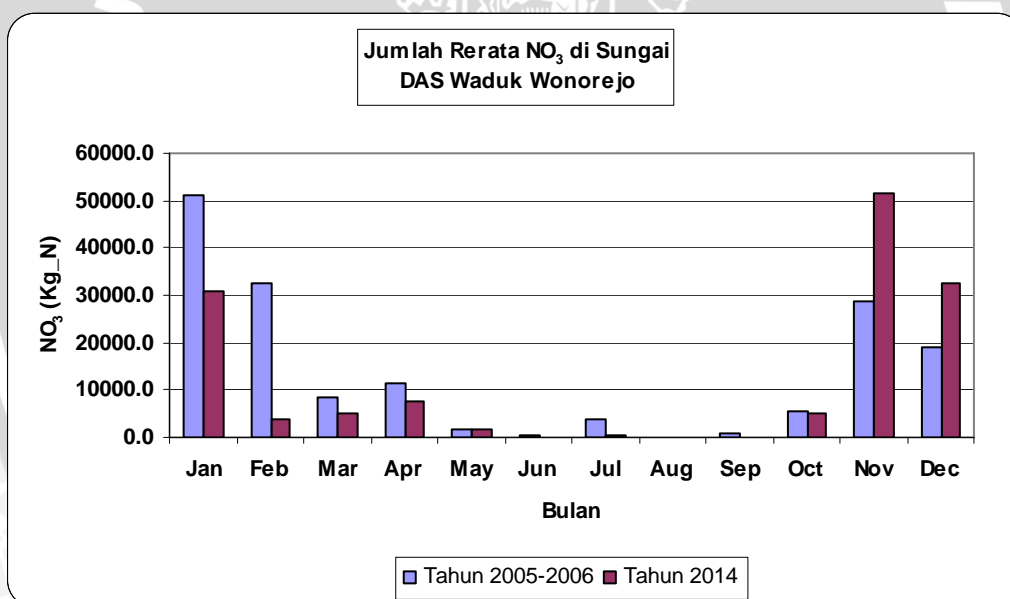
Gambar 5.5 Perbandingan Kandungan Mineral P di Lahan Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 DAS Waduk Wonorejo



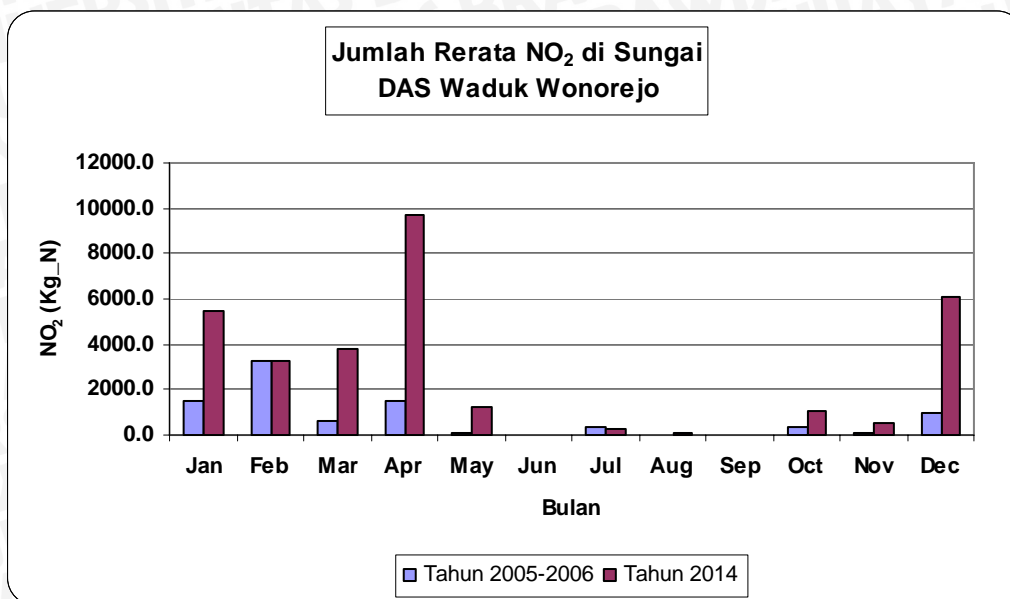
Gambar 5.6 Perbandingan Kandungan Organik P Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo



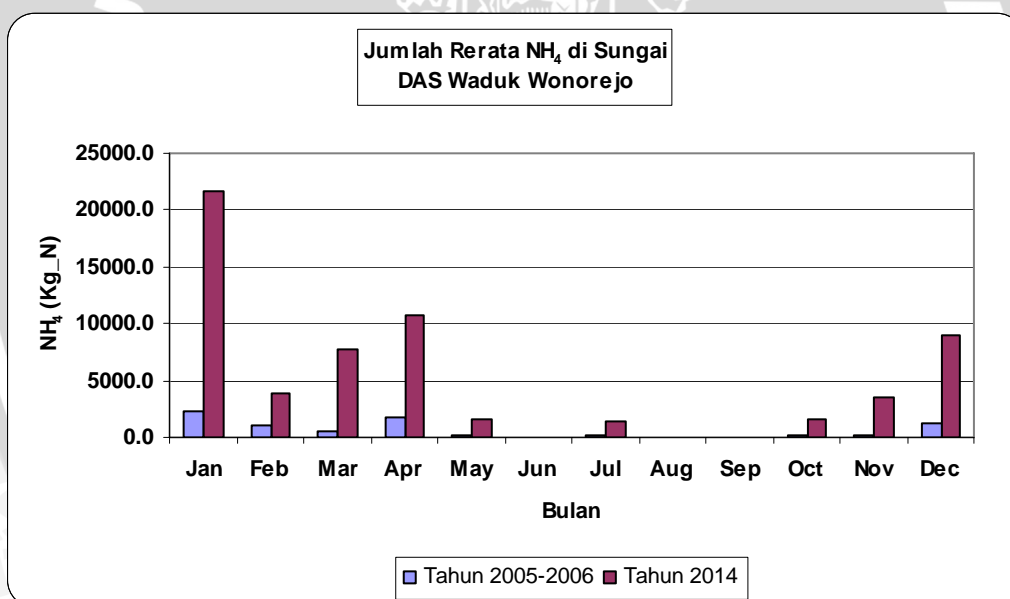
Gambar 5.7 Perbandingan Kandungan Organik N Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo



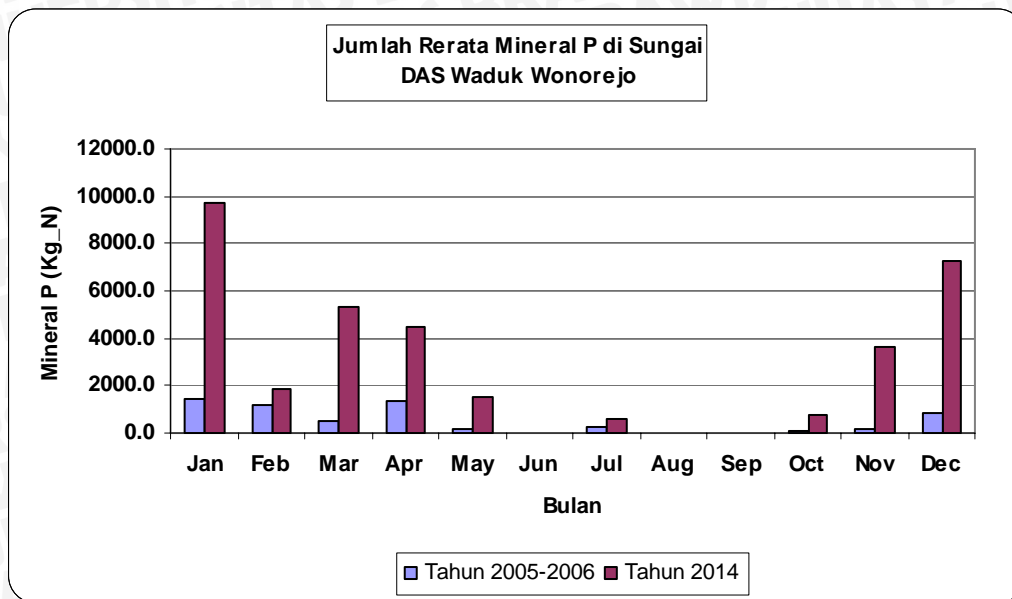
Gambar 5.8 Perbandingan Kandungan Nitrat (NO₃) Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo



Gambar 5.9 Perbandingan Kandungan Nitrit (NO₂) Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo



Gambar 5.10 Perbandingan Kandungan Amonium (NH₃) Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo



Gambar 5.11 Perbandingan Kandungan Mineral P Tahun 2005 – 2006 dan Tahun 2014 di DAS Waduk Wonorejo

5.2 Kajian Sebaran Polutan Fase di Sungai DAS Waduk Wonorejo

Dalam kajian sebaran polutan Fase di Sungai dilakukan proses analisa kandungan N dan P yaitu

1. Analisa Nilai kandungan polutan Sungai DAS Waduk Wonorejo jika di tinjau dari kriteria mutu air PP no.82 tahun 2001

5.2.1 Kriteria Mutu Air Sungai DAS Waduk Wonorejo

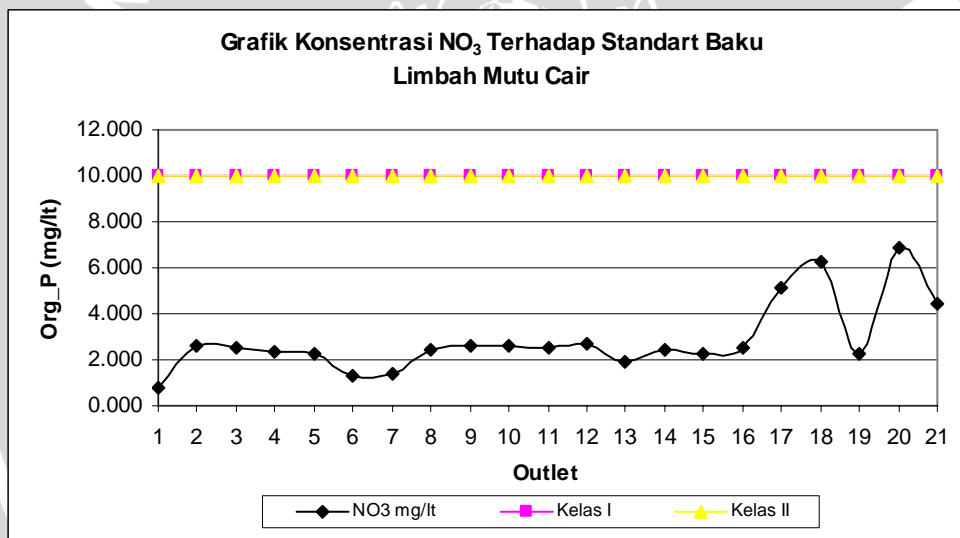
Nilai kandungan polutan Sungai DAS Waduk Wonorejo jika di tinjau dari kriteria mutu air PP no.82 tahun 2001 maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kualitas air di sungai DAS Waduk Wonorejo dominan pada kelas I/II untuk NO_3 , kelas I untuk NO_2 , kelas III untuk BOD dan kelas I untuk DO. Identifikasi sebaran tingkat mutu air di seluruh jaringan sungai DAS Waduk Wonorejo dijelaskan pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.1 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

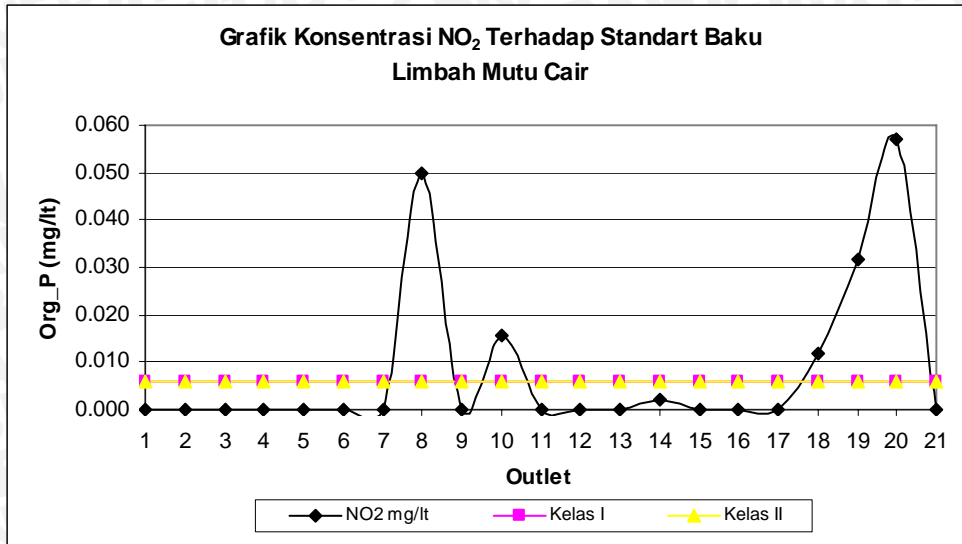
Titik Outlet	NO_3 mg/lt	Kelas	NO_2 mg/lt	Kelas	BOD mg/lt	Kelas	DO mg/lt	Kelas
1	0.793	I/II	0.000	-	2.209	II	1.943	I
2	2.601	I/II	0.000	-	8.104	IV	4.443	I
3	2.496	I/II	0.000	-	4.267	III	5.026	I
4	2.315	I/II	0.000	-	10.978	IV	5.036	I
5	2.238	I/II	0.000	-	1.126	I	6.882	I
6	1.279	I/II	0.000	-	3.596	III	4.215	I
7	1.392	I/II	0.000	-	2.061	III	4.090	I
8	2.412	I/II	0.050	I	10.450	IV	7.875	I

Titik Outlet	NO ₃ mg/lt	Kelas	NO ₂ mg/lt	Kelas	BOD mg/lt	Kelas	DO mg/lt	Kelas
9	2.585	I/II	0.000	-	0.286	I	5.422	I
10	2.605	I/II	0.016	I	0.805	I	3.662	I
11	2.514	I/II	0.000	-	10.935	IV	5.702	I
12	2.681	I/II	0.000	-	6.497	IV	4.584	I
13	1.930	I/II	0.000	-	0.563	I	0.016	I
14	2.456	I/II	0.002	I	3.423	III	5.800	I
15	2.274	I/II	0.000	-	4.203	IV	2.500	I
16	2.539	I/II	0.000	-	9.475	IV	5.670	I
17	5.120	I/II	0.000	-	0.049	I	2.396	I
18	6.233	I/II	0.012	I	2.015	II	4.583	I
19	2.284	I/II	0.032	I	2.031	II	5.408	I
20	6.856	I/II	0.057	I	4.418	III	6.237	I
21	4.401	I/II	0.000	-	5.000	III	2.874	I

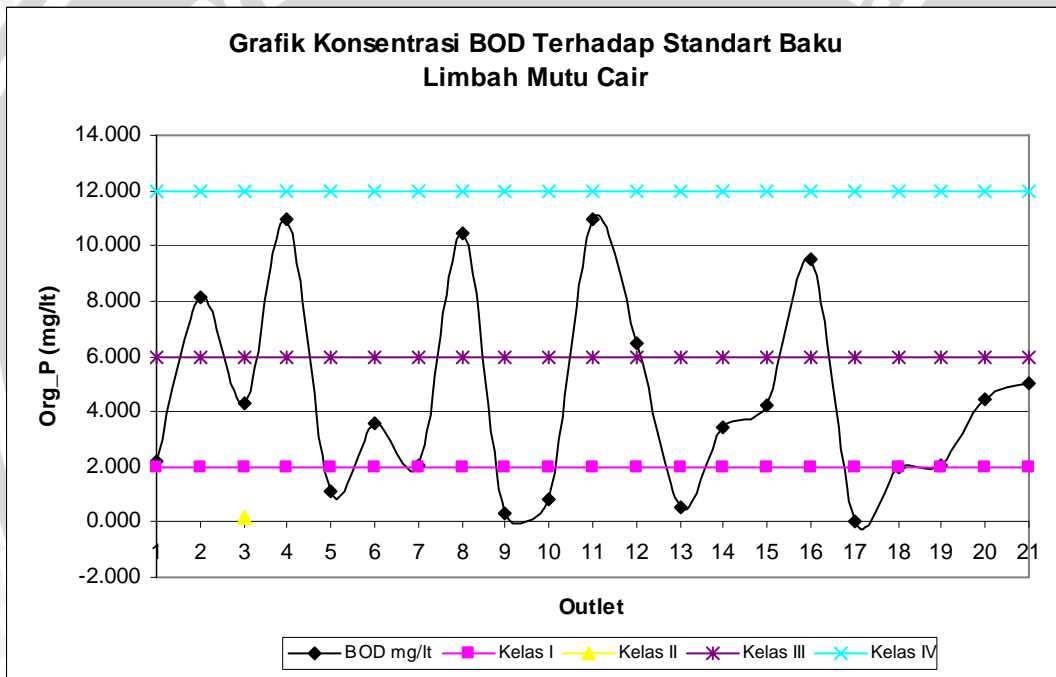
Sumber : Hasil Pemodelan Avswat 2000 dan Pengolahan Data



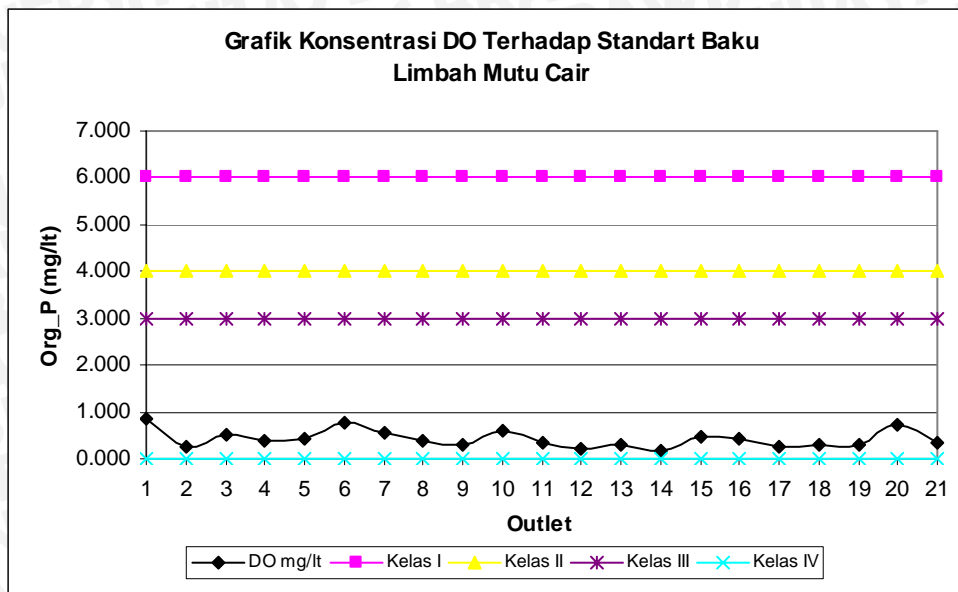
Gambar 5.12 Grafik Konsentrasi NO₃ Terhadap Baku Mutu Limbah Cair



Gambar 5.13 Grafik Konsentrasi NO₂ Terhadap Baku Mutu Limbah Cair



Gambar 5.14 Grafik Konsentrasi BOD Terhadap Baku Mutu Limbah Cair



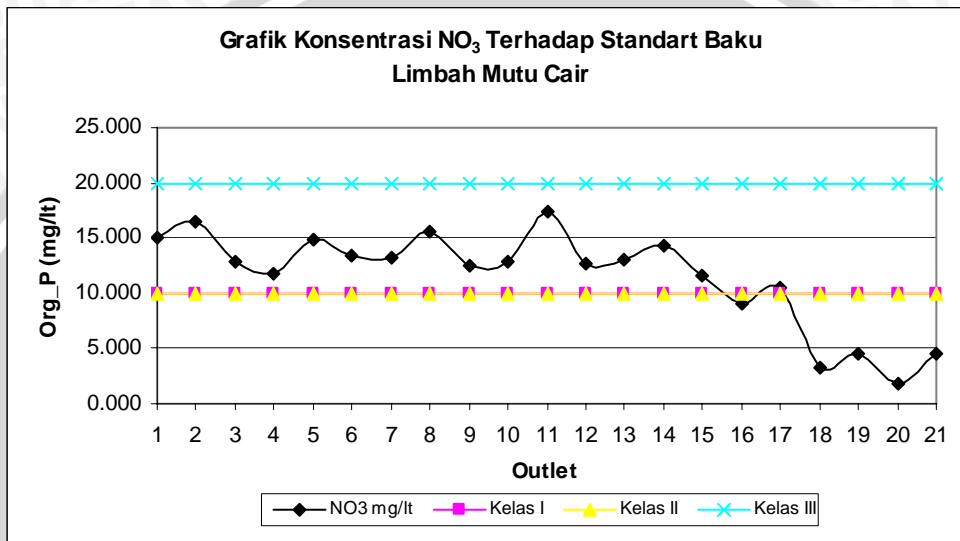
Gambar 5.15 Grafik Konsentrasi DO Terhadap Baku Mutu Limbah Cair

Nilai kandungan polutan Sungai DAS Waduk Wonorejo pada tahun 2014 jika ditinjau dari kriteria mutu air PP no.82 tahun 2001 maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kualitas air di sungai DAS Waduk Wonorejo dominan pada kelas III/IV untuk NO_3 , kelas I untuk NO_2 , kelas IV untuk BOD dan kelas I untuk DO. Identifikasi sebaran tingkat mutu air di seluruh jaringan sungai DAS Waduk Wonorejo dijelaskan pada tabel dibawah ini :

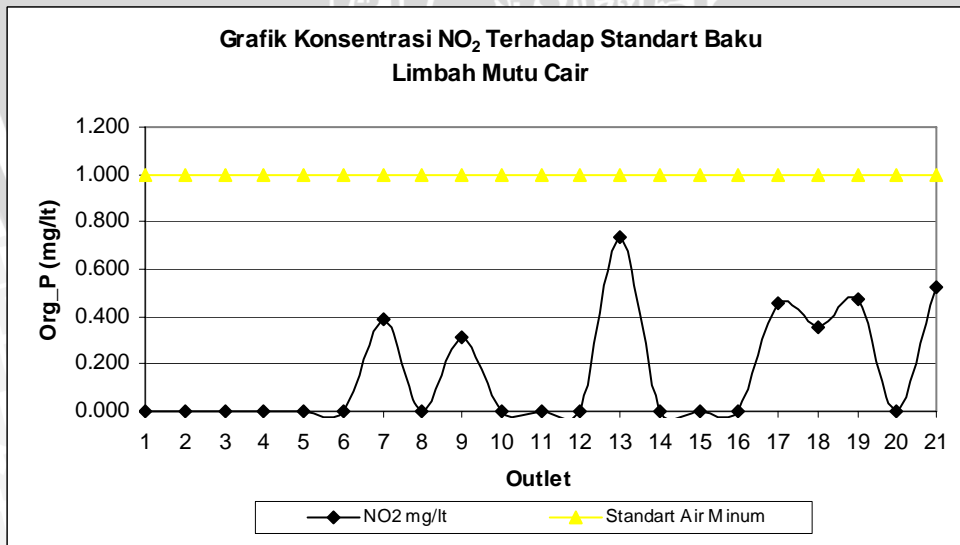
Tabel 5.2 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Pada Tahun 2014

Titik Outlet	NO_3 mg/l	Kelas	NO_2 mg/l	Kelas	BOD mg/l	Kelas	DO mg/l	Kelas
1	15.104	III/IV	0.000	-	6.147	IV	3.091	I
2	16.536	III/IV	0.000	-	10.928	IV	2.956	I
3	12.934	III/IV	0.000	-	7.654	IV	3.079	I
4	11.833	III/IV	0.000	-	10.254	IV	3.053	I
5	14.861	III/IV	0.000	-	3.885	III	3.056	I
6	13.372	III/IV	0.000	-	4.317	III	7.756	I
7	13.232	III/IV	0.389	-	2.792	III	5.956	I
8	15.544	III/IV	0.000	-	6.328	IV	2.580	I
9	12.451	III/IV	0.311	-	2.447	II	9.405	I
10	12.897	III/IV	0.000	-	2.719	II	1.325	I
11	17.436	III/IV	0.000	-	11.067	IV	2.805	I
12	12.615	III/IV	0.000	-	10.611	IV	3.083	I
13	13.005	III/IV	0.735	-	1.151	I	3.419	I
14	14.253	III/IV	0.000	-	5.863	III	1.868	I
15	11.573	III/IV	0.000	-	8.671	IV	4.590	I

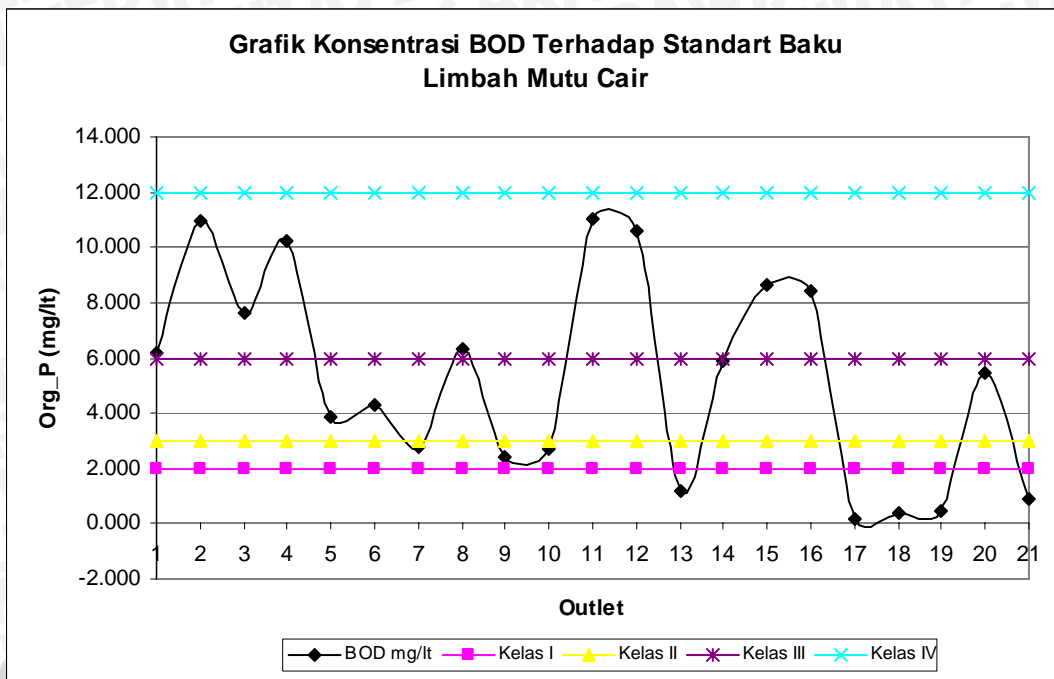
Titik Outlet	NO3 mg/l	Kelas	NO2 mg/l	Kelas	BOD mg/l	Kelas	DO mg/l	Kelas
16	9.076	III/IV	0.000	-	8.428	IV	3.541	I
17	10.567	III/IV	0.457	-	0.151	I	4.176	I
18	3.256	III/IV	0.356	-	0.396	I	4.176	I
19	4.600	III/IV	0.473	-	0.489	I	2.115	I
20	1.728	III/IV	0.000	-	5.426	III	2.373	I
21	4.589	III/IV	0.527	-	0.868	I	4.814	I



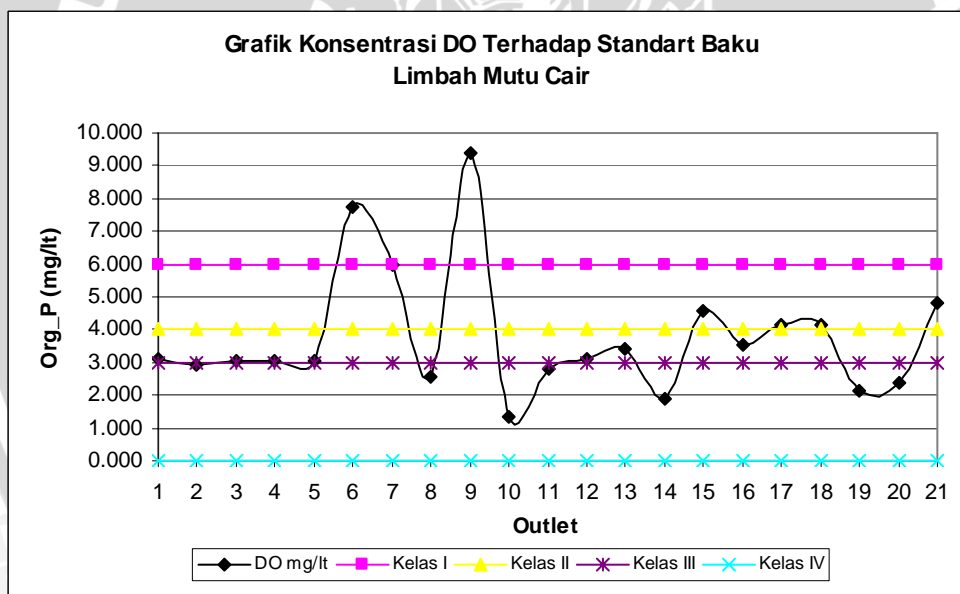
Gambar 5.16 Grafik Konsentrasi NO₃ Terhadap Baku Mutu Limbah Cair



Gambar 5.17 Grafik Konsentrasi NO₂ Terhadap Baku Mutu Limbah Cair



Gambar 5.18 Grafik Konsentrasi BOD Terhadap Baku Mutu Limbah Cair



Gambar 5.19 Grafik Konsentrasi DO Terhadap Baku Mutu Limbah Cair

Berdasarkan perbandingan kandungan Total N di sungai DAS Waduk Wonorejo antara tahun 2005 – 2005 dan tahun 2014 telah ditemukan adanya peningkatan polutan dari tahun ke tahun terhadap perubahan tataguna lahan, yaitu dapat disimpulkan bahwa peningkatan hingga 90% pada besarnya polutan.

5.3 Analisa Besarnya Polutan di Lahan dan di Sungai Pada Das Waduk Wonorejo

Jumlah polutan yang ada di lahan berasal dari penggunaan pupuk untuk tanaman. Polutan yang ada di lahan tentunya akan masuk ke sungai melalui air tanah maupun limpasan yang di akibatkan oleh air hujan. Oleh karena itu banyaknya jumlah polutan yang ada di lahan dan di sungai tentunya akan berbeda. Maka, tabel di bawah ini akan menjelaskan besarnya prosentase polutan yang masuk ke sungai yang berasal dari lahan :

Tabel 5.3 Rerata Prosentase Besarnya Organik_N yang Masuk ke Sungai

Bulan	Lahan		Sungai (Kg_N)	Prosentase (%)
	(Kg_N/Ha)	(Kg_N)		
Jan	13.58	51087.17	7287.03	14.26
Feb	4.48	16850.36	2672.92	15.86
Mar	2.17	8147.77	1799.21	22.08
Apr	11.68	43952.32	5445.11	12.39
May	0.93	3504.29	486.22	13.88
Jun	0.00	0.00	0.01	0.00
Jul	2.22	8352.41	820.81	9.83
Aug	0.00	0.00	0.01	0.00
Sep	0.02	68.42	39.69	58.01
Oct	0.95	3574.14	555.89	15.55
Nov	0.00	8.24	58.15	705.76
Dec	6.83	25708.51	4268.58	16.60

Sumber: Pengolahan data

Tabel 5.4 Rerata Prosentase Besarnya Organik_P yang Masuk ke Sungai

Bulan	Lahan		Sungai (Kg_N)	Prosentase (%)
	(Kg_N/Ha)	(Kg_N)		
Jan	1.57	5919.08	880.47	14.88
Feb	0.53	1990.01	351.06	17.64
Mar	0.26	976.38	225.44	23.09
Apr	1.31	4913.95	617.67	12.57
May	0.11	401.50	62.08	15.46
Jun	0.00	0.00	0.02	0.00
Jul	0.25	924.97	89.04	9.63
Aug	0.00	0.00	0.02	0.00
Sep	0.00	7.34	6.13	83.46
Oct	0.11	396.48	69.41	17.51
Nov	0.00	10.76	10.74	99.78
Dec	0.75	2821.57	529.68	18.77

Sumber: Pengolahan data

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah, antara lain :

1. Berdasarkan dari hasil model AVSWAT 2000 kandungan unsur Nitrogen (N) pada Waduk Wonorejo ditampilkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 6.1 Jumlah Kandungan Polutan NO² di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NO ₂ (Kg N)	NO ₂ (mg/dt)	NO ₂ (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	3489.000	1302.643	0.554
21	02-2005	3215.000	18890.000	7808.366	2.429
21	03-2005	3379.000	751.900	280.727	0.083
21	04-2005	4389.000	5508.000	2125.000	0.484
21	05-2005	175.700	0.220	0.082	0.000
21	06-2005	179.000	2.547	0.983	0.005
21	07-2005	452.000	10.215	3.814	0.008
21	08-2005	33.360	0.156	0.058	0.002
21	09-2005	13.000	55.600	21.451	1.650
21	10-2005	216.000	8946.000	105.363	0.488
21	11-2005	280.000	850.300	328.048	1.172
21	12-2005	5672.000	2740.000	1022.999	0.180
21	01-2006	4579.000	2352.000	878.136	0.192
21	02-2006	3578.000	1535.000	634.507	0.177
21	03-2006	1590.000	11.256	4.203	0.003
21	04-2006	4957.000	1654.000	638.117	0.129
21	05-2006	2249.000	158.400	59.140	0.026
21	06-2006	434.700	0.133	0.051	0.000
21	07-2006	38.030	0.070	0.026	0.001
21	08-2006	13.600	0.074	0.028	0.002
21	09-2006	4.840	0.038	0.015	0.003
21	10-2006	88.560	47.190	17.619	0.199
21	11-2006	65.900	0.020	0.008	0.000
21	12-2006	1781.000	662.200	247.237	0.139

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Tabel 6.2 Jumlah Kandungan Polutan NH₃ di Waduk Wonorejo Tahun 2005 – 2006

Subbasin	Bln/Thn	Debit (lt/dt)	NH ₃ (Kg N)	NH ₃ (mg/dt)	NH ₃ (mg/lt)
21	01-2005	2353.000	11650.000	4349.612	1.849
21	02-2005	3215.000	3385.000	1399.223	0.435
21	03-2005	3379.000	3543.000	1322.805	0.391
21	04-2005	4389.000	11480.000	4429.012	1.009
21	05-2005	175.700	0.414	0.155	0.001
21	06-2005	179.000	0.517	0.199	0.001
21	07-2005	452.000	1026.560	383.274	0.848
21	08-2005	33.360	10.863	4.056	0.122
21	09-2005	13.000	9.867	3.807	0.293
21	10-2005	216.000	1909.000	105.363	0.488
21	11-2005	280.000	2104.000	811.728	2.899
21	12-2005	5672.000	12820.000	4786.440	0.844
21	01-2006	4579.000	9307.000	3474.836	0.759
21	02-2006	3578.000	4470.000	1847.718	0.516
21	03-2006	1590.000	150.264	56.102	0.035
21	04-2006	4957.000	7800.000	3009.259	0.607
21	05-2006	2249.000	1513.000	564.889	0.251
21	06-2006	434.700	58.547	22.588	0.052
21	07-2006	38.030	0.121	0.045	0.001
21	08-2006	13.600	0.097	0.036	0.003
21	09-2006	4.840	0.034	0.013	0.003
21	10-2006	88.560	96.990	36.212	0.409
21	11-2006	65.900	0.478	0.184	0.003
21	12-2006	1781.000	1596.000	595.878	0.335

Sumber : Hasil Pemodelan AVSWAT 2000

Berdasarkan hasil dari permodelan AVSWAT terjadi penyimpangan dengan data lapangan. Besarnya kesalahan relatif hasil permodelan dengan data lapangan berkisar antara 0,96% - 12,6% untuk NO₂, sedangkan untuk NH₃ berkisar antara 1,95% - 9,66%.

- Berdasarkan dari hasil model AVSWAT 2000 besarnya nilai BOD dan DO di Sungai – sungai DAS Waduk Wonorejo ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 6.3 Nilai Kandungan BOD dan DO di Sungai-Sungai DAS Waduk Wonorejo

Titik Outlet	BOD mg/lt	DO mg/lt
1	2.209	1.943
2	8.104	4.443
3	4.267	5.026
4	10.978	5.036
5	1.126	6.882

Titik Outlet	BOD mg/lt	DO mg/lt
6	3.596	4.215
7	2.061	4.090
8	10.450	7.875
9	0.286	5.422
10	0.805	3.662
11	10.935	5.702
12	6.497	4.584
13	0.563	0.016
14	3.423	5.800
15	4.203	2.500
16	9.475	5.670
17	0.049	2.396
18	2.015	4.583
19	2.031	5.408
20	4.418	6.237
21	5.000	2.874

Sumber: hasil permodelan AVSWAT 2000

- Berdasarkan hasil running AVSWAT 2000 simulasi prediksi tahun 2014 dengan adanya perubahan tataguna lahan dari tahun 2005 – 2006 kecenderungannya kandungan polutan Nitrogen dan Phospor mengalami kenaikan yang fluktuatif dibandingkan pada tahun 2005 - 2006.
- Berdasarkan dari hasil model AVSWAT 2000, untuk Sub DAS Waduk Wonorejo daya dukung sungai terhadap beban pencemar yang ada masih mampu ditanggung DAS Waduk Wonorejo. Ditinjau dari kriteria mutu air PP no.82 tahun 2001 maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kualitas air pada DAS Waduk Wonorejo dominan pada kelas II untuk NO_3 , kelas II untuk NO_2 , kelas III untuk BOD dan kelas I untuk DO. Namun dengan adanya perubahan tataguna lahan pada tahun 2014 maka terjadi perubahan kelas pada kriteria mutu air, yaitu kelas III untuk NO_3 , kelas I untuk NO_2 , kelas IV untuk BOD dan kelas I untuk DO.

6.2 Saran

Prediksi kandungan Nitrogen dan Phosphor DAS daerah studi dari tahun ke tahun mulai 2005 hingga 2014 terlihat fluktuatif, hal ini di sebabkan oleh banyak faktor antara lain :

- Pemberian pupuk yang berbeda-beda pada masing-masing sub DAS.

2. Curah hujan yang bervariasi setiap bulannya sehingga mempengaruhi kualitas air pada DAS daerah studi.

Maka mengatasi kondisi tersebut sangat diperlukan penelitian-penelitian yang lain, seperti penentuan jadwal dan porsi jumlah pupuk, penataan kawasan yang tetap memperhatikan lingkungan/konsep Sumber Daya Air. Penelitian tersebut diharapkan dapat menjadi acuan pemerintah dan instansi yang berkaitan dalam melaksanakan pengolahan dan rencana pengembangan manajemen suatu lahan DAS, khususnya DAS Waduk Selorejo, untuk menjaga keberadaan fungsi waduk agar bertahan lebih lama lagi.

Software AVSWAT mempermudah pengguna dalam melakukan pemodelan fenomena-fenomena yang terjadi pada suatu DAS, Namun demikian ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan program AVSWAT agar tidak terjadi masalah dalam aplikasinya. Hal-hal itu adalah :

1. Proses pembuatan peta digital harus diusahakan seteliti mungkin, karena semakin teliti maka akan semakin bagus hasil analisa program.
2. Penyimpanan file-file input data ini sebaiknya diorganisir dengan baik agar tidak membingungkan pada saat diperlukan.
3. Susunan input data dalam suatu file input data dalam format (*.dbf) harus benar sesuai dengan format susunan yang diminta program, apabila tidak maka program tidak akan mengenali data yang dimasukkan dan mengakibatkan program tidak berjalan dengan semestinya.
4. Kesabaran dan ketelitian untuk melakukan kalibrasi permodelan agar hasil permodelan mendekati nilai lapangan sangat diperlukan dalam menjalankan program AVSWAT ini.

Sebagai usaha pengembangan dan mempertajam pengetahuan terhadap pemodelan AVSWAT 2000, di jajaran pihak akademisi khususnya mahasiswa jurusan pengairan/*Water Resources Engineering*, perlu untuk dilakukan studi lapangan langsung tentang pengukuran-pengukuran limbah dan proses sebaran polutan di lahan pertanian, pendataan data pertanian, pengukuran dan pemetaan jenis tanah, evaluasi ketersediaan dan kebenaran data hidrologi/klimatologi dan lain sebagainya. Kegiatan-kegiatan tersebut akan sangat berguna untuk tujuan pengembangan pemakaian model AVSWAT 2000 di iklim Indonesia, bahkan diharapkan muncul modifikasi SWAT untuk wilayah Indonesia yang lebih kompleks dan dapat mewakili kondisi alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chow, Ven Te. 1985. *Open Channel Hydraulics*. Alih Bahasa : Ir. Suyatman. Jakarta : Erlangga.
- Di Luzio M, Srinivasan R, Arnold J.G, Neitsch S.L. 2002. *Arcview Interface for SWAT 2000. User's Guide, Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation version 2000. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. Agricultural Research Service. Temple, Texas. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. USDA Agricultural Research Service. Temple, Texas. Blackland Research and Extension Centre. Texas Agricultural Experiment Station. Temple, Texas. Published 2002 by Texas Water Resources Institute, College Station, Texas.*
- Neitsch S.L., Arnold J.G, Kiniry J.R., Williams J.R., King K.W. 2002. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation version 2000. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. Agricultural Research Service. Temple, Texas.*
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.

